



รายงานฉบับสมบูรณ์

โครงการ การวิจัยและพัฒนาการใช้สารออกฤทธิ์ในการคลายกล้ามเนื้อยึดเปลือกของหอยนางรมมีชีวิตเพื่อ
การบริโภคในรูปแบบสด

โดย

นางสาวกมลวรรณ ศุภวิญญู

นายยุทธนา สว่างอารมณ์

นางสาวณิชชาพล แก้วชฎา

ดร. พรพงษ์ สุทธิรักษ์

กันยายน 2554

รายงานวิจัยฉบับสมบูรณ์

โครงการ การวิจัยและพัฒนาการใช้สารออกฤทธิ์ในการคลายกล้ามเนื้อยึดเปลือกของหอยนางรมมีชีวิตเพื่อ
การบริโภคในรูปแบบสด

คณะผู้วิจัย	สังกัด
1. นางสาวกมลวรรณ ศุภวิญญู	มหาวิทยาลัยแม่โจ้ – ชุมพร
2. นายยุทธนา สว่างอารมณ์	มหาวิทยาลัยแม่โจ้ – ชุมพร
3. นางสาวณิชชาพล แก้วชญา	มหาวิทยาลัยแม่โจ้ – ชุมพร
4. ดร. พรพงษ์ สุทธิรักษ์	มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ วิทยาเขตสุราษฎร์ธานี

สนับสนุนโดย

สำนักงานกองทุนสนับสนุนการวิจัย (สกว.)

(ความเห็นในรายงานฉบับนี้เป็นของผู้วิจัย สกว. ไม่จำเป็นต้องเห็นด้วยเสมอไป)

บทสรุปสำหรับผู้บริหาร (Executive Summary)

การวิจัยและพัฒนาการใช้สารออกฤทธิ์ในการคลายกล้ามเนื้อยึดเปลือกของหอยนางรมมีชีวิตเพื่อการบริโภคในรูปแบบสด จะมีส่วนช่วยแก้ปัญหาและอุปสรรคของการบริโภคหอยนางรมในรูปแบบของหอยสด เนื่องจากสาเหตุของความยากลำบากในการแกะเปลือกหอย โดยอาศัยผลของสารบางชนิดที่ออกฤทธิ์ในการคลายกล้ามเนื้อและการสลบของสัตว์น้ำซึ่งได้แก่ ยูจีนอล ไพลอง เมนทอล ดีเกลือ และน้ำโซดา ในการช่วยให้เกิดการคลายกล้ามเนื้อยึดเปลือกของหอยนางรม นอกจากนี้ยังมีรายงานว่าสารดังกล่าวบางชนิดยังสามารถออกฤทธิ์ในการยับยั้งแบคทีเรียที่เป็นอันตราย บางสายพันธุ์ที่พบในอาหาร ดังนั้นการวิจัยในครั้งนี้ คณะผู้วิจัยได้ทำการศึกษาถึงระดับความเข้มข้นที่เหมาะสมของยูจีนอล ไพลอง เมนทอล ดีเกลือ และน้ำโซดา ในการคลายกล้ามเนื้อยึดเปลือกของหอยนางรมขณะที่หอยนางรมยังมีชีวิตอยู่ รวมถึงศึกษาถึงความพึงพอใจของผู้บริโภค ทั้งในด้านความสะดวกในการเปิดเปลือกหอยนางรม และรสชาติของหอยนางรม ภายหลังจากการแช่ในสารดังกล่าว นอกจากนี้ยังทำการศึกษาถึงผลของสารที่มีประสิทธิภาพในการคลายกล้ามเนื้อยึดเปลือกของหอยนางรมต่อการเปลี่ยนแปลงของแบคทีเรียบางชนิดที่อาจปนเปื้อนมากับตัวอย่างหอยนางรมที่นำมาทำการศึกษา

จากการศึกษา เพื่อประเมินความยากง่ายในการแกะเปลือกหอยนางรม พบว่าหอยนางรมที่แช่ในน้ำโซดา 10 เปอร์เซ็นต์ ร่วมกับ ดีเกลือ 37.98 g/L เป็นเวลานาน 30 นาที สามารถแกะเปลือกได้ง่ายกว่า หอยนางรมที่แช่ในสารละลายของน้ำจืดที่ผสมเกลือแกลงไปให้มีความเค็มของน้ำอยู่ที่ 30 psu. (ชุดควบคุม) เท่ากับ 44 เปอร์เซ็นต์ และสามารถแกะเปลือกหอยได้สำเร็จสูงที่สุดถึง 48 เปอร์เซ็นต์ โดยมีต้นทุนในการผลิตสารละลายสำหรับใช้ในการแช่หอยนางรมเฉลี่ยประมาณ 5 บาท / น้ำ 1 ลิตร

ระดับความพึงพอใจของผู้บริโภคต่อคุณลักษณะทางประสาทสัมผัสของหอยนางรมสด ภายหลังจากการแช่ในสารออกฤทธิ์เพื่อคลายกล้ามเนื้อยึดเปลือกของหอยนางรมมีชีวิต ในเรื่องกลิ่นคาว พบว่าชุดที่หอยนางรมแช่น้ำโซดา 10 เปอร์เซ็นต์ ร่วมกับ ยูจีนอล 0.24 ml/L และน้ำโซดา 10 เปอร์เซ็นต์ ได้รับคะแนนความพึงพอใจสูงที่สุด เท่ากับ 3.5 คะแนน ($P>0.05$) เรื่องความนุ่มของหอยนางรม พบว่าหอยนางรมที่แช่น้ำโซดา 10 เปอร์เซ็นต์ ร่วมกับ เมนทอล 0.1 g/L และน้ำโซดา 10 เปอร์เซ็นต์ ร่วมกับ ดีเกลือ 37.98 g/L ได้รับคะแนนความพึงพอใจสูงที่สุด เท่ากับ 3.6 คะแนน ($P>0.05$) เรื่องรสชาติ พบว่าหอยนางรมที่แช่น้ำโซดา 10 เปอร์เซ็นต์ ร่วมกับ เมนทอล 0.1 g/L ได้รับคะแนนความพึงพอใจมากที่สุด เท่ากับ 3.7 คะแนน เรื่องความพึงพอใจโดยรวม พบว่าหอยนางรมที่แช่น้ำโซดา 10 เปอร์เซ็นต์ ร่วมกับ เมนทอล 0.1 g/L และน้ำโซดา 10 เปอร์เซ็นต์ ได้รับคะแนนความพึงพอใจมากที่สุด เท่ากับ 3.9 คะแนน ($P>0.05$)

การใช้สารออกฤทธิ์คล้ายกลูตามีนออกไซด์เปลือกหอยนางรมมีชีวิต ได้แก่ น้ำโซดา 10 เปอร์เซ็นต์ ร่วมกับ ยูจินอล 0.24 ml/L, น้ำโซดา 10 เปอร์เซ็นต์ ร่วมกับ เมนทอล 0.1 g/L, น้ำโซดา 10 เปอร์เซ็นต์ ร่วมกับ ดีเกลือ 37.98 g/L และน้ำโซดา 10 เปอร์เซ็นต์ ไม่สามารถช่วยลดปริมาณของแบคทีเรียรวม Coliform Bacteria และ *E. coli* ที่ปนเปื้อนในหอยนางรม เมื่อเปรียบเทียบกับ การทดลองชุดควบคุม ($P > 0.05$)

ซึ่งจากการทดลอง ถ้าเราต้องการแกะเปลือกหอยนางรมให้ง่ายขึ้น โดยไม่จำเป็นต้องมีความชำนาญในการแกะเปลือก และไม่ทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงในเรื่องรสชาติของหอยนางรมสด เราสามารถใช้ น้ำโซดา 10 เปอร์เซ็นต์ ร่วมกับ ดีเกลือ 37.98 g/L แช่หอยนางรมนาน 30 นาที จะช่วยในการแกะเปลือกให้ง่ายขึ้นได้

ผลจากงานวิจัยที่ได้ น่าจะมีส่วนช่วยให้การจำหน่ายหอยนางรมสดตามร้านอาหาร รวมถึงการบริโภคภายในครัวเรือนมีความสะดวกและปลอดภัยมากยิ่งขึ้น ซึ่งจะส่งผลให้เกิดการขายตัวของกลุ่มผู้บริโภค และสร้างความมั่นคงในอาชีพให้กับเกษตรกรผู้เพาะเลี้ยงหอยนางรมอีกทางหนึ่ง

บทคัดย่อ

การวิจัยและพัฒนาการใช้สารออกฤทธิ์คล้ายกลูตามีนอียิดเปลือกอหอยนางรมมีชีวิตเพื่อการบริโภคในรูปแบบสด แบ่งการศึกษาออกเป็น 4 การทดลอง ดังนี้ การทดลองที่ 1 การศึกษาหาชนิด และระดับความเข้มข้นที่เหมาะสมของสารออกฤทธิ์คล้ายกลูตามีนอียิดเปลือกอหอยนางรมมีชีวิตเพื่อให้ง่ายต่อการแกะเปลือกหอย พบว่าน้ำโซดา 10 เปอร์เซ็นต์ ทำให้สามารถแกะเปลือกหอยนางรมได้สำเร็จสูงถึง 73.3 เปอร์เซ็นต์

การทดลองที่ 2 ศึกษาความพึงพอใจของผู้ที่ทดลองเปิดเปลือกหอยนางรมภายหลังการแช่ในสารออกฤทธิ์คล้ายกลูตามีนอียิดเปลือกอหอยนางรมมีชีวิต พบว่าการใช้น้ำโซดา 10 เปอร์เซ็นต์ ร่วมกับ ดีเกลือ 37.98 g/L ทำให้แกะเปลือกหอยได้ง่ายกว่าชุดควบคุม (แช่ด้วยน้ำเกลือความเข้มข้น 30psu) คิดเป็น 44 เปอร์เซ็นต์ และผลการยอมรับในวิธีการใช้สารออกฤทธิ์คล้ายกลูตามีนอียิดเปลือกทั้ง 4 ชนิด สูงถึง 86 เปอร์เซ็นต์

การทดลองที่ 3 ศึกษาความพึงพอใจของผู้บริโภคต่อคุณลักษณะทางประสาทสัมผัสของหอยนางรมสดภายหลังการแช่ในสารออกฤทธิ์คล้ายกลูตามีนอียิดเปลือกอหอยนางรมมีชีวิต พบว่าความพึงพอใจของผู้บริโภคในเรื่องกลิ่นขาว เมื่อใช้น้ำโซดา 10 เปอร์เซ็นต์ ร่วมกับ ยูจีนอล 0.24 ml/L และน้ำโซดา 10 เปอร์เซ็นต์ แช่หอยนางรมให้คะแนนสูงที่สุด เท่ากับ 3.5 คะแนน ($P > 0.05$) ความนุ่มของหอยนางรม พบว่าน้ำโซดา 10 เปอร์เซ็นต์ ร่วมกับ เมนทอล 0.1 g/L และน้ำโซดา 10 เปอร์เซ็นต์ ร่วมกับ ดีเกลือ 37.98 g/L หอยนางรมมีความนุ่มมากที่สุด เท่ากับ 3.6 คะแนน ($P > 0.05$) รสชาติของหอยนางรม พบว่าน้ำโซดา 10 เปอร์เซ็นต์ ร่วมกับ เมนทอล 0.1 g/L หอยนางรมมีรสชาติดีที่สุด เท่ากับ 3.7 คะแนน ($P > 0.05$) ความพึงพอใจโดยรวม พบว่าน้ำโซดา 10 เปอร์เซ็นต์ ร่วมกับ เมนทอล 0.1 g/L และน้ำโซดา 10 เปอร์เซ็นต์ มีความพึงพอใจมากที่สุด เท่ากับ 3.9 คะแนน ($P > 0.05$)

การทดลองที่ 4 การใช้สารออกฤทธิ์คล้ายกลูตามีนอียิดเปลือกอหอยนางรมมีชีวิต ได้แก่ น้ำโซดา 10 เปอร์เซ็นต์ ร่วมกับ ยูจีนอล 0.24 ml/L, น้ำโซดา 10 เปอร์เซ็นต์ ร่วมกับ เมนทอล 0.1 g/L, น้ำโซดา 10 เปอร์เซ็นต์ ร่วมกับ ดีเกลือ 37.98 g/L และน้ำโซดา 10 เปอร์เซ็นต์ ไม่ช่วยให้ปริมาณของแบคทีเรียรวม Coliform Bacteria *E. coli* และ *V. parahaemolyticus* ลดลงเมื่อเปรียบเทียบกับชุดควบคุม ($P > 0.05$)

Abstract

The purpose of this research was to study a using of active substances to relax an oyster's adductor muscle for a fresh consumption. There were 4 experiments. The first experiment worked toward types and optimum levels of active substances to relax the adductor muscle of living oyster in order to shuck it easily. The result found that 10 % soda water resulted in shucking oyster successfully at 73.3 %.

The second experiment was a study of the testers' satisfactions of oyster shucking after they were immersed in the active substances for the adductor muscle relaxing. The result indicated 10 % soda water with 37.98 g/L Magnesium Sulphate added made an oyster easier to shuck, which is accounted for 44 %, than a control treatment group. (Oyster immersed in concentrated 30 psu. Salt water) Beside, the accepted result of using 4 types of active substances to relax the adductor muscle were at 86%.

The third experiment was a study of consumer's satisfaction of fresh oyster's sensory characteristics after they were immersed in the active substances to relax their adductor muscle. The result was as follows : consumer were satisfied with oyster's fishy smell that using 10 % soda water with 0.24 ml/L Eugenol added and the oysters immersed in 10 % soda water got the highest point of fishy smell at 3.5 points ($P > 0.05$). Regarding the softness of oyster, it was found that 10 % soda water combined with 0.1 g/L Menthol and 10 % Soda water with 37.98 g/L Magnesium Sulphate added made the softest oyster meat (3.6 points) ($P > 0.05$). In addition, the result concerning the taste of oyster, It was found that 10 % Soda water with 0.1 g/L Menthol added made the best taste at 3.7 points ($P > 0.05$). Total satisfaction was that of 10 % Soda water combined with 0.1 g/L Menthol added and 10 % Soda water resulted in the highest satisfaction at 3.9 points ($P > 0.05$).

The fourth experiment was to study a using of active substances to relax the adductor muscle of living oyster with 10 % Soda water combined with 0.24 ml/L Eugenol, 10 % Soda water combined with 0.1 g/L mentol, 10 % Soda water combined with 37.98 g/L Magnesium Sulfate and 10 % Soda water did not reduce of total amounts, Coliform bacteria, *E. coli* and *Vibrio parahaemolyticus* than a control treatment group ($P > 0.05$).

กิตติกรรมประกาศ

โครงการวิจัย การวิจัยและพัฒนาการใช้สารออกฤทธิ์คล้ายกล้ามเนื้อยึดเปลือกหอยนางรมมีชีวิต เพื่อการบริโภคในรูปแบบสด ได้สำเร็จลงด้วยดี และเป็นที่น่าพอใจ คณะผู้วิจัย ขอขอบคุณ สำนักงานกองทุนสนับสนุนงานวิจัย (สกว.) ที่ให้การสนับสนุนงานวิจัยชิ้นนี้ ขอขอบคุณ รศ. มยุรี จัยวัฒน์ และผศ.ดร. พงษ์เทพ วิไลพันธ์ สำนักประสานงานวิจัยและพัฒนา “สัตว์น้ำ และการพัฒนาพื้นที่จังหวัดสุราษฎร์ธานี” ผู้เห็นความสำคัญในเรื่อง “การวิจัยและพัฒนาการใช้สารออกฤทธิ์คล้ายกล้ามเนื้อยึดเปลือกหอยนางรมมีชีวิต เพื่อการบริโภคในรูปแบบสด” ขอขอบคุณผู้บริหารทุกระดับของมหาวิทยาลัยแม่โจ้ – ชุมพร และมหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ วิทยาเขตสุราษฎร์ธานี ที่ให้ความร่วมมือ และเปิดโอกาสให้นักวิจัยได้ทำงานร่วมกัน

คณะผู้วิจัย

ตุลาคม 2554

สารบัญ

เรื่อง	หน้า
ความเป็นมาและความสำคัญของเรื่อง	1
แนวทาง/ขั้นตอนการดำเนินงาน	10
ผลและวิจารณ์ผลการทดลอง	19
สรุปผลการทดลอง	90
เอกสารอ้างอิง	91
ภาคผนวก	99

สารบัญตาราง

ตารางที่	หน้า	
1.1.1	จำนวนหอยนางรมที่แกะเปลือกได้สำเร็จ (เปอร์เซ็นต์) หลังจากแช่ด้วยยูจินอล ที่ความเข้มข้น 0.01 ถึง 100 ml/L	20
1.1.2	จำนวนหอยนางรมที่แกะเปลือกได้สำเร็จ (เปอร์เซ็นต์) หลังจากแช่ด้วยยูจินอล ที่ความเข้มข้น 0.1 ถึง 1 ml/L	22
1.1.3	จำนวนหอยนางรมที่แกะเปลือกได้สำเร็จ (เปอร์เซ็นต์) หลังจากแช่ด้วยยูจินอล ที่ความเข้มข้น 0.1 ถึง 0.5 ml/L	24
1.1.4	จำนวนหอยนางรมที่แกะเปลือกได้สำเร็จ (เปอร์เซ็นต์) หลังจากแช่ด้วยยูจินอล ที่ความเข้มข้น 0.20 ถึง 0.28 ml/L	26
1.1.5	จำนวนหอยนางรมที่แกะเปลือกได้สำเร็จ (เปอร์เซ็นต์) หลังจากแช่ด้วยยูจินอล ที่ความเข้มข้น 0.22 ถึง 0.26 ml/L	27
1.2.1	จำนวนหอยนางรมที่แกะเปลือกได้สำเร็จ (เปอร์เซ็นต์) หลังจากแช่ด้วยเมนทอล ที่ความเข้มข้น 0.01 ถึง 100 g/L	31
1.2.2	จำนวนหอยนางรมที่แกะเปลือกได้สำเร็จ (เปอร์เซ็นต์) หลังจากแช่ด้วยเมนทอล ที่ความเข้มข้น 0.01 ถึง 0.1 g/L	32
1.2.3	จำนวนหอยนางรมที่แกะเปลือกได้สำเร็จ (เปอร์เซ็นต์) หลังจากแช่ด้วยเมนทอล ที่ความเข้มข้น 0.1 ถึง 1 g/L	34
1.2.4	จำนวนหอยนางรมที่แกะเปลือกได้สำเร็จ (เปอร์เซ็นต์) หลังจากแช่ด้วยเมนทอล ที่ความเข้มข้น 0.10 ถึง 0.26 g/L	36
1.2.5	จำนวนหอยนางรมที่แกะเปลือกได้สำเร็จ (เปอร์เซ็นต์) หลังจากแช่ด้วยเมนทอล ที่ความเข้มข้น 0.1 ถึง 0.14 g/L	37
1.3.1	จำนวนหอยนางรมที่แกะเปลือกได้สำเร็จ (เปอร์เซ็นต์) หลังจากแช่ด้วยคิเกลื้อ ที่ความเข้มข้น 0.01 ถึง 100 g/L	39
1.3.2	จำนวนหอยนางรมที่แกะเปลือกได้สำเร็จ (เปอร์เซ็นต์) หลังจากแช่ด้วยคิเกลื้อ ที่ความเข้มข้น 10 ถึง 100 g/L	41
1.3.3	จำนวนหอยนางรมที่แกะเปลือกได้สำเร็จ (เปอร์เซ็นต์) หลังจากแช่ด้วยคิเกลื้อ ที่ความเข้มข้น 32.5 ถึง 76.5 g/L	43
1.3.4	จำนวนหอยนางรมที่แกะเปลือกได้สำเร็จ (เปอร์เซ็นต์) หลังจากแช่ด้วยคิเกลื้อ ที่ความเข้มข้น 32.5 ถึง 54.5 g/L	45

สารบัญตาราง (ต่อ)

ตารางที่	หน้า
1.3.5 จำนวนหอยนางรมที่แกะเปลือกได้สำเร็จ (เปอร์เซ็นต์) หลังจากแช่ด้วยดิลเกลือ ที่ความเข้มข้น 32.5 ถึง 37.98 g/L	47
1.4.1 จำนวนหอยนางรมที่แกะเปลือกได้สำเร็จ (เปอร์เซ็นต์) หลังจากแช่ด้วยไพลผงสำเร็จรูป ที่ความเข้มข้น 0.01 ถึง 100 g/L	50
1.4.2 จำนวนหอยนางรมที่แกะเปลือกได้สำเร็จ (เปอร์เซ็นต์) หลังจากแช่ด้วยไพลผงสำเร็จรูป ที่ความเข้มข้น 0.01 ถึง 0.1 g/L	52
1.4.3 จำนวนหอยนางรมที่แกะเปลือกได้สำเร็จ (เปอร์เซ็นต์) หลังจากแช่ด้วยไพลผงสำเร็จรูป ที่ความเข้มข้น 0.075 ถึง 0.095 g/L	53
1.4.4 จำนวนหอยนางรมที่แกะเปลือกได้สำเร็จ (เปอร์เซ็นต์) หลังจากแช่ด้วยไพลผงสำเร็จรูป ที่ความเข้มข้น 0.090 ถึง 0.094 g/L	54
1.4.5 จำนวนหอยนางรมที่แกะเปลือกได้สำเร็จ (เปอร์เซ็นต์) หลังจากแช่ด้วยไพลผงสำเร็จรูป ที่ความเข้มข้น 0.092 ถึง 0.093 g/L	55
1.5.1 จำนวนหอยนางรมที่แกะเปลือกได้สำเร็จ (เปอร์เซ็นต์) หลังแช่ในน้ำโซดา ความเข้มข้น 0.01 ถึง 100 เปอร์เซ็นต์	58
1.5.2 จำนวนหอยนางรมที่แกะเปลือกได้สำเร็จ (เปอร์เซ็นต์) หลังแช่ในน้ำโซดา ความเข้มข้น 10 ถึง 100 เปอร์เซ็นต์	60
1.5.3 จำนวนหอยนางรมที่แกะเปลือกได้สำเร็จ (เปอร์เซ็นต์) หลังแช่ด้วยน้ำโซดา ความเข้มข้น 10 ถึง 50 เปอร์เซ็นต์	62
1.5.4 จำนวนหอยนางรมที่แกะเปลือกได้สำเร็จ (เปอร์เซ็นต์) หลังแช่ด้วยน้ำโซดา ความเข้มข้น 20 ถึง 40 เปอร์เซ็นต์	63
1.5.5 จำนวนหอยนางรมที่แกะเปลือกได้สำเร็จ (เปอร์เซ็นต์) หลังแช่ด้วยน้ำโซดา ความเข้มข้น 10 ถึง 20 เปอร์เซ็นต์	64
2.1 ผลการประเมินความยากง่ายในการแกะเปลือกหอยนางรมของผู้ที่ทดลองเปิด เปลือกหอยนางรม ภายหลังจากการแช่ในสารออกฤทธิ์ในการคลายกล้ามเนื้อ ยัดเปลือกเปรียบเทียบกับชุดที่ 1 (เปอร์เซ็นต์)	68
2.2 ผลสำเร็จในการแกะเปลือกหอยนางรมของผู้ทดลองเมื่อแช่ด้วยสารออกฤทธิ์ คลายกล้ามเนื้อยัดเปลือก (เปอร์เซ็นต์)	70

สารบัญตาราง (ต่อ)

ตารางที่		หน้า
3	ความพึงพอใจของผู้บริโภคต่อคุณลักษณะทางประสาทสัมผัสของหอยนางรมสด ภายหลังการแช่ในสารออกฤทธิ์ในการคลายกล้ามเนื้อยึดเปลือกของหอยนางรมมีชีวิต (คะแนน)	74
4.1	ปริมาณแบคทีเรียรวม (log CFU/g) ที่พบในหอยนางรม เมื่อใช้สารที่ออกฤทธิ์ ในการคลายกล้ามเนื้อยึดเปลือกของหอยนางรมมีชีวิต	78
4.2	ปริมาณ Coliforms Bacteria (MPN/g) ที่พบในหอยนางรม เมื่อใช้สารที่ออกฤทธิ์ ในการคลายกล้ามเนื้อยึดเปลือกของหอยนางรมมีชีวิต	80
4.3	ปริมาณ <i>E. coli</i> (MPN/g) ที่พบในหอยนางรม เมื่อใช้สารที่ออกฤทธิ์ ในการคลายกล้ามเนื้อยึดเปลือกของหอยนางรมมีชีวิต	82
4.4	ปริมาณ <i>V. parahaemolyticus</i> (MPN/g) ที่พบในหอยนางรม เมื่อใช้สารที่ออกฤทธิ์ ในการคลายกล้ามเนื้อยึดเปลือกของหอยนางรมมีชีวิต	84
4.5	<i>V. cholerae</i> ที่พบในหอยนางรม เมื่อใช้สารที่ออกฤทธิ์ในการคลายกล้ามเนื้อ ยึดเปลือกของหอยนางรมมีชีวิต	86
4.6	<i>Salmonella</i> spp. ที่พบในหอยนางรม เมื่อใช้สารที่ออกฤทธิ์ในการคลายกล้ามเนื้อ ยึดเปลือกของหอยนางรมมีชีวิต	88

สารบัญภาพ

ภาพที่		หน้า
1	สูตร โครงสร้างของสาร D, D – acetate และ D – palmitate	2
2	สูตร โครงสร้างทางเคมีของเมนทอล	4
3	สูตร โครงสร้างทางเคมีของยูจินอล	5
4	ผลการประเมินความยากง่ายในการแกะเปลือกหอยนางรมของผู้ที่ทดลองเปิดเปลือกหอยนางรม ภายหลังจากการแช่ในสารออกฤทธิ์ในการคลายกล้ามเนื้อยึดเปลือกเปรียบเทียบกับชุดที่ 1 (เปอร์เซ็นต์)	69
5	ผลสำเร็จในการแกะเปลือกหอยนางรมของผู้ทดลองเมื่อแช่ด้วยสารออกฤทธิ์คลายกล้ามเนื้อยึดเปลือก (เปอร์เซ็นต์)	71
6	ความพึงพอใจของผู้บริโภคต่อคุณลักษณะทางประสาทสัมผัสของหอยนางรมสดภายหลังการแช่ในสารออกฤทธิ์ในการคลายกล้ามเนื้อยึดเปลือก (คะแนน)	75
7	ขั้นตอนที่อาจเกิดการปนเปื้อนเชื้อจุลินทรีย์ในอาหาร และน้ำดื่ม	81

สารบัญตารางผนวก

ตารางผนวกที่		หน้า
1	ปริมาณแบคทีเรียรวม (CFU/g) ที่พบในหอยนางรม เมื่อใช้สารที่ออกฤทธิ์ในการคลายกล้ามเนื้อยึดเปลือกของหอยนางรมมีชีวิต	106
2	ปริมาณ Coliforms Bacteria (MPN/g) ที่พบในหอยนางรม เมื่อใช้สารที่ออกฤทธิ์ในการคลายกล้ามเนื้อยึดเปลือกของหอยนางรมมีชีวิต	107
3	ปริมาณ <i>E. coli</i> (MPN/g) ที่พบในหอยนางรม เมื่อใช้สารที่ออกฤทธิ์ในการคลายกล้ามเนื้อยึดเปลือกของหอยนางรมมีชีวิต	108
4	ปริมาณ <i>V. parahaemolyticus</i> (MPN/g) ที่พบในหอยนางรม เมื่อใช้สารที่ออกฤทธิ์ในการคลายกล้ามเนื้อยึดเปลือกของหอยนางรมมีชีวิต	109
5	<i>V. cholerae</i> ที่พบในหอยนางรม เมื่อใช้สารที่ออกฤทธิ์ในการคลายกล้ามเนื้อยึดเปลือกของหอยนางรมมีชีวิต	110
6	<i>Salmonella</i> spp. ที่พบในหอยนางรม เมื่อใช้สารที่ออกฤทธิ์ในการคลายกล้ามเนื้อยึดเปลือกของหอยนางรมมีชีวิต	111
7	แผนกิจกรรมหลักที่สอดคล้องกับวัตถุประสงค์	112
8	แสดงการเปรียบเทียบ Output ที่เสนอในข้อเสนอโครงการ และที่ได้จริง	116

สารบัญภาพผนวก

ภาพผนวกที่	หน้า	
1	ผู้กระจัดที่ใช้ในการทดลอง	100
2	สารยูจีนอล	100
3	สารเมนทอล	100
4	สารดีเกลิอ	100
5	สารไพลองสำเร็จรูป	100
6	น้ำโซดา	100
7	การละลายสารที่ใช้ในการทดลอง	101
8	การขัดหอยนางรม	101
9	การพักหอยนางรมหลังขัด	101
10	การสูมตัวอย่างหอยนางรม	101
11	การกระตุ้นหอยนางรมด้วยเครื่องกระตุ้นไฟฟ้า	101
12	ลักษณะหอยนางรมที่มีการเปิดฝาเปลือก	102
13	การใช้กิมถ่างแกะเปลือกหอยนางรม	102
14	ลักษณะหอยนางรมที่แกะเปลือกเรียบร้อยแล้ว	103
15	การจัดเผยแพร่ผลงานวิจัย “การวิจัยและพัฒนาการใช้สารออกฤทธิ์ในการ คลายกล้ามเนื้อยึดเปลือกหอยนางรมมีชีวิตเพื่อการบริโภคในรูปแบบสด”	118
16	การติดตั้งโปรสเตอร์เผยแพร่ผลงานวิจัย	119
17	อธิบายวิธีการใช้สารออกฤทธิ์ในการคลายกล้ามเนื้อยึดเปลือกหอยนางรมมีชีวิต เพื่อการบริโภคในรูปแบบสด และแจกเอกสารแก่ผู้สนใจ	119
18	ผู้เข้าร่วมงานทดลองแกะเปลือกหอยนางรม และชิมหอยนางรม	120
19	นักเรียนที่สนใจเข้าศึกษา และดูงานวิจัย	120

ความเป็นมาและความสำคัญของเรื่อง

หอยนางรมเป็นอาหารทะเลที่ขึ้นชื่อของจังหวัดสุราษฎร์ธานี โดยมีรูปแบบในการบริโภคทั้งแบบสด และแบบปรุงสำเร็จ แต่เนื่องจากหอยนางรมสดมีรสชาติอร่อย จึงมีผู้ชื่นชอบรสชาติ และนิยมบริโภคในแบบสดมากกว่ารูปแบบอื่น โดยพบว่าขั้นตอนในการบริโภคหอยนางรมสดไม่ซับซ้อน เพียงแกะเปลือกหอยนางรมมีชีวิตออก และนำมารับประทานคู่กับเครื่องเคียง เช่น พริก หอมเจียว ใบกระถิน และน้ำจิ้มรสจัด แต่ปัญหาของการบริโภคหอยนางรมแบบสดจะอยู่ในขั้นตอนของการแกะเปลือก เนื่องจากหอยนางรมมีลักษณะเปลือกแข็ง และหนา บริเวณผิวเปลือกมีลักษณะขรุขระ และมีความคม จึงทำให้ผู้ที่ต้องการบริโภคทำการแกะเปลือกหอยออกได้ยาก รวมทั้งยังอาจได้รับบาดเจ็บจากความคมของเปลือกอีกด้วย ส่งผลให้รูปแบบการบริโภคหอยนางรมแบบสด ไม่ได้รับความนิยมในหมู่ของผู้ที่ไม่มีความชำนาญในการแกะเปลือกหอย ถึงแม้ว่ารสชาติของหอยนางรมสดจะมีความหวาน และอร่อยกว่าหอยนางรมที่ตายแล้วก็ตาม ดังนั้น การบริโภคหอยนางรมในรูปแบบสดจึงจำกัดอยู่เฉพาะในครัวเรือน หรือร้านอาหารซึ่งมีผู้ที่ชำนาญในการแกะเปลือกให้เท่านั้น

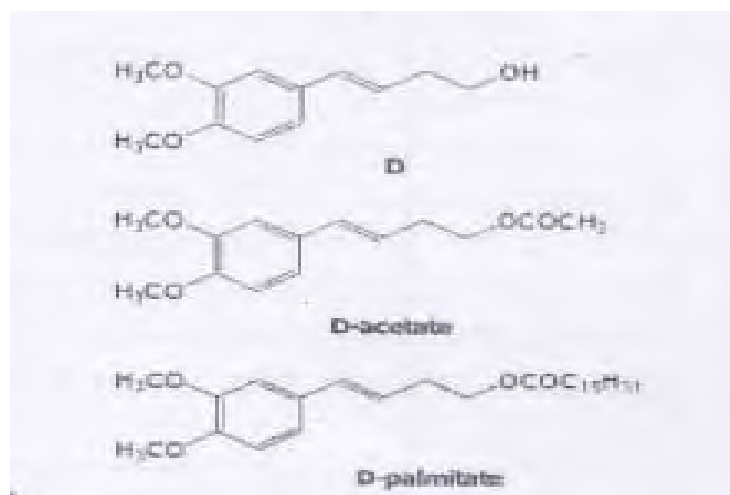
จากปัญหาดังกล่าว ทางคณะผู้วิจัยจึงมีแนวความคิดที่จะหาวิธีการซึ่งง่าย สะดวก และมีความเหมาะสมในการแกะเปลือกหอยนางรมสำหรับการบริโภคตามร้านอาหาร และภายในครัวเรือน ซึ่งวิธีการที่ได้นี้ น่าจะช่วยให้ผู้ที่ชื่นชอบรสชาติของหอยนางรม รู้สึกว่าการรับประทานหอยนางรมสดเป็นเรื่องง่าย ไม่จำเป็นต้องอาศัยผู้ที่มีความชำนาญในการแกะเปลือกอีกต่อไป โดยผู้บริโภคยังคงได้รับความหวานอร่อย และความสดของหอยเช่นเดิม

ซึ่งแนวความคิดหนึ่งที่เป็นไปได้ คือ การนำสารที่มีคุณสมบัติ หรือออกฤทธิ์ในการคลายกล้ามเนื้อของสัตว์น้ำมาทดลองใช้ เพื่อให้เกิดการคลายกล้ามเนื้อยึดเปลือกของหอยนางรมขณะมีชีวิต ซึ่งสารที่ออกฤทธิ์ดังกล่าว ได้แก่

ไพล

ไพล เป็นไม้ล้มลุกอายุหลายปี มีลำต้นใต้ดินชนิดเหง้า เนื้อในมีสีเหลืองแกมเขียว หรือเรียกอีกอย่างว่าสีไพล มีกลิ่นเฉพาะตัว รสเผ็ดร้อน พบปลูกเป็นพืชสมุนไพรในทุกภาคของประเทศไทย มีชื่อพฤกษศาสตร์ว่า *Zingiber montanum* (J. Koenig) Link ex Dietr วงศ์ Zingiberaceae ในเหง้า มีน้ำมันหอมระเหย สารออกฤทธิ์ที่สำคัญเป็นสารกลุ่ม phenylbutanoids ได้แก่ สาร D (สมภพ และพร้อมจิต, 2552) ไพลเป็นพืชสมุนไพรอีกชนิดหนึ่งที่ออกฤทธิ์คลายกล้ามเนื้อได้ ซึ่งจากการศึกษาทางด้านเภสัชวิทยาพบว่า ไพลมีฤทธิ์ต่างๆ ได้แก่ แก้ปวด (Analgesic) ด้านการอักเสบ (Anti-inflammatory) ด้านอนุมูลอิสระ (Anti-

oxidative) คลายกล้ามเนื้อเรียบ (Smooth muscle relaxant) รวมถึงต้านสารฮิสตามีน (Anti-histaminic) (กลุ่มงานพัฒนาวิชาการแพทย์แผนไทยและสมุนไพร, 2552) สารสำคัญในไพล คือ น้ำมันไพล จะอยู่ในกลุ่มของน้ำมันหอมระเหย มีลักษณะเป็นน้ำมันที่มีกลิ่น และระเหยง่ายที่อุณหภูมิห้อง ไม่มีสี แต่เมื่อตั้งทิ้งไว้นาน ๆ อาจถูกออกซิไดส์ (oxidized) ทำให้สีเข้มขึ้น จึงต้องเก็บไว้ในขวดสีชาที่ปิดสนิท แต่มีสารจำพวกไฮโดรคาร์บอนเป็นองค์ประกอบหลัก (hydrocarbon volatile oils) ซึ่งแตกต่างจากยูจีนอล และ เมนทอล (รัตนา, 2547) เชษฐ (2548) ได้รวบรวม และรายงานเรื่องโครงสร้างของสารประกอบที่เคยค้นพบในไพล เรณู และกะ (2533) จากการศึกษาทางด้านเภสัชจลนศาสตร์ของสาร D, D – acetate และ D – palmitate (ภาพที่ 1) ด้วยวิธี Intestinal loop technique ของหนูขาว พบว่า สาร D และ D – acetate ถูกดูดซึมผ่านผนังลำไส้ได้เร็วกว่าสาร D – palmitate มาก และได้มีการศึกษาการเปลี่ยนแปลงของสาร D – acetate ในพลาสมา และ s – 9 fraction ของหนูขาว พบว่า สาร D – acetate และปริมาณโปรตีน โดยอัตราเร็วการเปลี่ยนแปลงที่พบใน s – 9 fraction นั้นสูงกว่าในพลาสมาถึง 10 เท่า นอกจากสาร D จะถูกดูดซึมได้เร็ว และขจัดออกจากร่างกายได้เร็วแล้ว ค่าครึ่งชีวิตของการขจัดออกจากร่างกาย เมื่อศึกษาในหนูขาว และในลิง ไม่แตกต่างกัน แต่เมื่อป้อนยาในลิงติดต่อกันนาน 28 วัน พบว่า ค่าครึ่งชีวิตของการขจัดยาออกจากร่างกายนานขึ้น



ภาพที่ 1 สูตรโครงสร้างของสาร D, D – acetate และ D – palmitate

ที่มา : เชษฐ (2548)

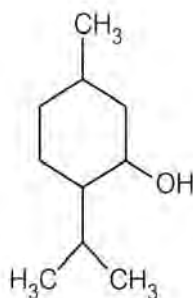
จากการศึกษาคุณสมบัติ และกิจกรรมด้านจุลินทรีย์ ของสาร Caryophyllene ที่พบในน้ำมันจากหัวไพล พบว่าน้ำมันจากหัวไพลสามารถยับยั้งจุลินทรีย์ที่ก่อให้เกิดโรคในคน และพืชได้ เช่น *Candida*

glabrata, *C. albicans*, *Aspergillus niger*, *Bacillus subtilis* และ *Pseudomonas aeruginosa* แต่ไม่สามารถยับยั้ง *Fusarium oxysporum* (Baby et al., 2006)

เชษฐ (2548) ได้ทำการรวบรวมฤทธิ์การต้านจุลินทรีย์ของสารสกัดจากพืชในวงศ์ *Zingiberaceae* วนิกา (2542) ศึกษาฤทธิ์ต้านจุลินทรีย์ของน้ำมันหอมระเหย และสารเคอร์คูมินอยด์จากขมิ้นชัน เมื่อทดสอบฤทธิ์ต้านจุลินทรีย์ต่อราที่มีลักษณะเป็นเส้นใย 29 สายพันธุ์ และยีสต์ 27 สายพันธุ์ รวมทั้งแบคทีเรีย 21 สายพันธุ์ พบว่า น้ำมันหอมระเหย สามารถมีฤทธิ์ยับยั้งราที่มีลักษณะเป็นเส้นใยได้ดีที่สุด และยับยั้งยีสต์จำพวก *Cryptococcus* ได้ดีกว่า *Candida* แต่ยับยั้งเชื้อแบคทีเรียได้ไม่ดี จึงนำมาทดสอบหาความเข้มข้นต่ำสุดที่ยับยั้งเชื้อ (MIC) โดยวิธี Broth dilution และพบว่า ฤทธิ์ในการยับยั้งเชื้อราของน้ำมันหอมระเหยนั้นทำได้ดี (ค่า MIC 7.8 มิลลิกรัม/มิลลิลิตร) และดีกว่าสารสกัดขมิ้น *Habsah et al.* (2000) ได้สกัดสารจากพืชในวงศ์ *Zingiberaceae* 13 ชนิด โดยใช้ไดคลอโรมีเทน และเมทานอล เพื่อนำมาทดสอบฤทธิ์ในการยับยั้งจุลินทรีย์และคุณสมบัติในการเป็นสาร Antioxidant พบว่า สารสกัดในชั้นของเมทานอลมีฤทธิ์ในการยับยั้งแบคทีเรียได้ และยับยั้งเชื้อราได้เพียงอย่างเดียว คือ *Aspergillus ochraceous* (โดยมีค่า MID 15.6 ไมโครกรัมต่อแผ่นดิสก์) สารสกัดทั้งหมด มีคุณสมบัติเป็น Antioxidant เท่ากับ หรือมากกว่า α - tocopherol Martins et al. (2001) ได้สกัดสารจากพืชวงศ์ *Zingiberaceae* 3 ชนิด โดยวิธีกลั่นด้วยไอน้ำ โดยขิง (*Zingiber officinale* Rose.) ซึ่งเป็นพืชชนิดหนึ่งในวงศ์นี้ และเมื่อทำการศึกษา และสกัดน้ำมันหอมระเหยออกมาทดสอบด้วยวิธี Agar diffusion แล้วพบว่า น้ำมันหอมระเหยที่สกัดได้มีฤทธิ์ในการต่อต้าน ทั้งแบคทีเรียแกรมบวก และแกรมลบที่นำมาใช้ในการทดสอบ รวมทั้งเชื้อยีสต์ และเชื้อราที่มีลักษณะเป็นเส้นใยได้ดี และดีกว่า กระจวานกับ ขมิ้นชัน

เมนทอล

เมนทอลเป็นสารสำคัญในพืชสมุนไพร เช่นกัน โดยจัดอยู่ในกลุ่ม น้ำมันหอมระเหย (essential oils) เช่นเดียวกับน้ำมันไพล แต่จัดอยู่ในกลุ่มของน้ำมันหอมระเหยที่มีสารจำพวกแอลกอฮอล์ เป็นองค์ประกอบหลัก (alcohol volatile oils) โดยมีสูตร โครงสร้างทางเคมีดังภาพที่ 2



ภาพที่ 2 สูตร โครงสร้างทางเคมีของเมนทอล

ที่มา : รัตนา (2547)

จากการศึกษาเบื้องต้นของ John *et al.* (1996) พบว่า การใช้เมนทอลแบบเกล็ด ที่ระดับความเข้มข้น 0.25 และ 1.0 g/L รวมถึงการใช้เมนทอลแบบน้ำ ที่ความเข้มข้น 0.25 และ 0.4 ml/L ทำให้กล้ามเนื้อของ pearl oyster *Pinctada albino* (L) เกิดการคลายตัว โดยแซ่หอย *P. albino* (L) อยู่ในสารละลายดังกล่าว นาน 1 ชั่วโมง ที่อุณหภูมิ 25 °C pH ในน้ำ เท่ากับ 8

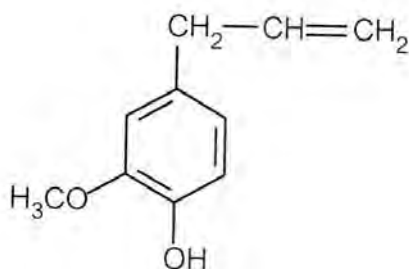
นอกจากนี้ยังพบอีกว่า เมนทอลสามารถออกฤทธิ์ในการยับยั้งแบคทีเรียบางชนิดได้ โดยจากการศึกษาของ Bin *et al.* (2007) พบว่าสารสกัดจากใบ และก้านของมินท์สามารถยับยั้งการเจริญของ *Staphylococcus aureus*, *Bacillus cereus*, *E. coli*, *Salmonella anatum* และ *Listeria monocytogenes*

ในการศึกษาครั้งนี้ เราได้นำสารที่มีคุณสมบัติ หรือออกฤทธิ์ในการสลบสัตว์น้ำ มาใช้ในการทดลองสลบหอยนางรม ภูิลก และซีระพงส์ (2550) รายงานว่า การวางยาสลบปลา นิยมใช้วิธีการจุ่มลงในภาชนะใส่น้ำที่มียาสลบละลายอยู่ (Stoskopf, 1993; Ross and Ross, 1999) เนื่องจากทำให้ปลาสลบ และพื้นจากการสลบได้อย่างรวดเร็ว ควบคุมการสลบง่าย แต่อาจเสียค่าใช้จ่ายค่อนข้างสูง และถ้าปลาได้รับยาสลบเกินขนาด จะทำให้ปลาตายได้ รวมทั้ง อาจพบสารตกค้างในเนื้อเยื่อ และสิ่งแวดล้อมด้วย ปัจจุบันมียาสลบที่นิยมใช้ในปลา ได้แก่ ไตรเคน มีเทน ซัลโฟเนต (tricaine methane sulfonate หรือ MS – 222) 2 – ฟีนอกซี – เอทานอล (2 – phenoxy – ethanol) ควินาลดีน (Quinaldine) น้ำมันดอกกานพลู (clove oil) เป็นต้น (Stoskopf, 1993; Ross and Ross, 1999; Treves – Brown, 2000; Saint – Erme, 2001) ซึ่งล้วนแล้วแต่จะมีผลกระทบต่อระยะเวลาการสลบ และการฟื้นสลบที่แตกต่างกันในปลาแต่ละชนิด โดยลักษณะของยาสลบที่ดี ควรมีความสามารถลดความเจ็บปวด หยุดการเคลื่อนไหว กล้ามเนื้อคลายตัวได้ ทำให้สัตว์ซึม ไม่รู้สึกตัวหรือสลบ (โดยขึ้นอยู่กับปริมาณยา) วิธีการใช้ง่าย สะดวก เหนียวน้ำให้เกิดการสลบ และฟื้นสลบได้อย่างรวดเร็ว ไม่เกิดภาวะแทรกซ้อน ใช้ปริมาณน้อย ปลอดภัยสูง ละลายน้ำได้ดี ราคาถูก ถูกทำลาย หรือกำจัดออกภายนอก

ร่างกายได้อย่างรวดเร็ว และไม่พบสารตกค้างในเนื้อเยื่อ และสิ่งแวดล้อม เป็นต้น (Stoskopf, 1993; Ross and Ross, 1999) ในการศึกษาครั้งนี้เราได้ใช้

ยูจีนอล

ยูจีนอล เป็นสารสำคัญในพืชสมุนไพร (Active Constituents of Medicinal Plants) เป็นน้ำมันหอมระเหยที่มีสารจำพวก ฟีนอลเป็นองค์ประกอบหลัก (phenol volatile oil) มีโครงสร้างทางเคมีดัง ภาพที่ 3



ภาพที่ 3 สูตร โครงสร้างทางเคมีของยูจีนอล

ที่มา : รัตนา (2547)

การนำสารยูจีนอลมาใช้ในการสลบสัตว์น้ำ เช่น การศึกษาของนาวิน และคณะ (2549) พบว่า น้ำมันกานพลูซึ่งมีสารยูจีนอลเป็นส่วนประกอบ สามารถใช้เป็นยาสลบในปลาน้ำจืดได้โดยไม่ทำให้เกิดการตายของปลา รวมถึงการทดลองที่ใช้สารยูจีนอลสังเคราะห์ในการสลบลูกปลานิล (*Oreochromis niloticus* Linn.) ซึ่งพบว่าที่ระดับความเข้มข้น 20 ppm. ทำให้ลูกปลานิลสลบภายในระยะเวลา 3.40 ± 0.14 นาที (อุทร และคณะ, 2552) นอกจากนี้ในการศึกษาเบื้องต้นของ John *et al.* (1996) ยังพบว่าการใช้น้ำมันกานพลู ที่ความเข้มข้น 1.5 ml/L สามารถทำให้กล้ามเนื้อของ pearl oyster *Pinctada albino* (L) เกิดการคลายตัว และที่ความเข้มข้น 0.5 ml/L มีทั้งเกิดการคลายตัวของกล้ามเนื้อ และไม่เห็นผลการตอบสนอง การศึกษาของ ภูิลก และธีระพงศ์ (2550) มีการนำน้ำมันดอกกานพลูมาใช้ในการสลบปลาเช่นกัน โดยทำการศึกษาเรื่อง ระยะเวลาการสลบ และฟื้นสลบของน้ำมันดอกกานพลูในปลาทอง พบว่า การใช้น้ำมันดอกกานพลูเข้มข้น 100 ppm. ทำให้ระยะเวลาการเข้าสู่ระดับการสลบขั้นที่ 3 ระดับที่ 2 เร็วกว่าขนาด 50 และ 25 ppm. ตามลำดับ อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P < 0.05$) ในทางตรงกันข้าม การใช้น้ำมันดอกกานพลูเข้มข้น 100 ppm. ทำให้ระยะเวลาการเข้าสู่ระดับการฟื้นขั้นที่ 5 นานกว่าที่ความเข้มข้น 50 และ 25 ppm. พบว่า ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P > 0.05$) ในทุกกลุ่มการทดลอง

นอกจากนี้ยูจีนอลยังเป็นสารที่สามารถออกฤทธิ์ยับยั้งการเจริญของจุลินทรีย์ และฆ่าเชื้อแบคทีเรียในระบบทางเดินอาหารได้หลายชนิด (กรมวิทยาศาสตร์การแพทย์, 2551; ชานนท์ และปรัชญา, 2552) โดยพบว่า ยูจีนอลเป็นสารประกอบหลักในน้ำมันจากกานพลู ซึ่งสามารถใช้เป็นยาแก้ปวด ใช้เป็นยาสลบยับยั้งการอักเสบ และยับยั้งการเจริญของแบคทีเรีย (Hemaiswarya and Doble, 2009) โดยจากการศึกษาผลของสมุนไพรชนิดต่างๆ เช่น โหระพา กานพลู กระเทียม horseradish marjoram oregano rosemary และ thyme ในการยับยั้งเชื้อ *Vibrio parahaemolyticus* พบว่าสมุนไพรที่นำมาใช้ในการทดลองดังกล่าวสามารถป้องกันอันตรายที่เกิดจากการปนเปื้อนของ *V. parahaemolyticus* ในอาหารทะเล และสามารถนำมาใช้ในการควบคุมเชื้อจุลินทรีย์ที่อุณหภูมิต่ำได้ (Yutaka *et al.*, 2006)

ดีเกลือ (MgSO₄)

ดีเกลือ คือ เกลือชนิดหนึ่ง เม็ดละเอียดสีขาว มีรสเค็มจัดจนขม เกิดอยู่ดีเกลือในนาเกลือ ใช้เป็นยาระบายหรือยาถ่าย (ราชบัณฑิตยสถาน, 2546)

ดีเกลือฝรั่ง คือ เกลือปกติชนิดหนึ่ง มีชื่อวิทยาศาสตร์ว่า แมกนีเซียมซัลเฟต มีสูตรทางเคมีว่า MgSO₄·7H₂O ลักษณะโดยทั่วไปจะเป็นผลึกสีขาว ละลายน้ำได้ มีสมบัติเป็นยาระบาย (ราชบัณฑิตยสถาน, 2546) ดีเกลือฝรั่ง มีชื่อสามัญว่า Epsom salt หรือ bitter salt บ้านเราได้จากการทำนาเกลือด้วย โดยมักตกผลึกปนกับดีเกลือ (ดีเกลือไทย) ตำราสรรพคุณยาโบราณ ว่า ดีเกลือฝรั่งมีรสเค็มขม และเย็น ใช้เป็นยาถ่าย โดยต้องดื่มน้ำตามมากๆ ขนาดที่ใช้ คือ 15 กรัม เป็นยาขับน้ำดีด้วย นอกจากนั้น ยังใช้เป็นยาแก้พิษสารตะกั่ว และกรดคาร์บอลิก (carbolic acid) อีกด้วย ในบัญชีรายการยาสามัญประจำบ้านแผนโบราณที่รัฐมนตรีประกาศ มียาขนานหนึ่ง คือ “ยาถ่าย” ยาขนานนี้เข้าดีเกลือฝรั่งเป็นตัวยาลึก (ชยันต์ และวิเชียร, 2546)

จากการศึกษาที่ผ่านมาพบว่าการใช้ แมกนีเซียมคลอไรด์ที่ระดับความเข้มข้น 30 g/L สามารถช่วยคลายกล้ามเนื้อของหอยได้ (Héctor and Megan, 2007) นอกจากนี้ดีเกลือยังเป็นสารที่มีราคาถูกและสามารถหาซื้อได้ง่ายตามร้านขายยาทั่วไป

การศึกษาของ Daniel *et al.* (2008) ซึ่งใช้แมกนีเซียมคลอไรด์ในการคลายกล้ามเนื้อของหอยนางรม (*Saccostrea glomerata*) พบว่าการใช้แมกนีเซียมคลอไรด์ทำให้กล้ามเนื้อของหอยนางรมคลายตัวได้ โดยเมื่อหอยสัมผัสกับแมกนีเซียมคลอไรด์ และทำการตรวจสอบด้านภูมิคุ้มกันพบว่า Total haemocyte frequencies, Acid phosphatase activity และ Superoxide activity จะเพิ่มสูงขึ้นจนถึงระยะเวลา 48 ชั่วโมง หลังจากนั้นค่าดังกล่าวจะเริ่มลดลง โดยพบว่าค่า Phenoloxidase activity จะเพิ่มสูงขึ้นหลังจากเกิดการคลาย

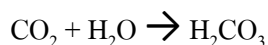
กล้ามเนื้อของหอย และจะลดลงเมื่อหอยสัมผัสกับแมกนีเซียมคลอไรด์เป็นเวลา 48 ชั่วโมง และประสิทธิภาพของแมกนีเซียมคลอไรด์ในการคลายกล้ามเนื้อของหอยจะหมดไปเมื่อเวลาผ่านไป 96 ชั่วโมง

การใส่ยาสลบที่เป็นสารเคมีสังเคราะห์เพื่อการสลบสัตว์น้ำ อาจส่งผลในการตกค้างของสารในเนื้อสัตว์น้ำ ซึ่งอีกวิธีหนึ่งในการช่วยสลบสัตว์น้ำ ได้แก่ การใช้ก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ แต่วิธีนี้ ต้องมีการควบคุมระดับ pH ในน้ำด้วย ในการศึกษาครั้งนี้ เพื่อให้ง่าย และสะดวกในการใช้สารเคมี จึงเลือกใช้ น้ำโซดา เนื่องจากหาซื้อได้ง่ายตามร้านค้าทั่วไป และคนทางภาคใต้มีความเชื่อว่า ถ้าล้างเนื้อหอยนางรมสดด้วยน้ำโซดา จะทำให้ท้องไม่เสีย

น้ำโซดา

น้ำโซดา เป็นสารละลายของคาร์บอนไดออกไซด์ในน้ำ คาร์บอนไดออกไซด์ เป็นก๊าซที่ละลายน้ำได้ดี และมีความเข้มข้นในน้ำที่แตกต่างกันตามระดับอุณหภูมิต่าง ๆ น้ำที่มีคาร์บอนไดออกไซด์ จะมีสถานะเป็นกรด เรียกว่า กรดคาร์บอนิก (มันซิน และไพพรรณ, 2544) น้ำโซดามี กรดคาร์บอนิก (H_2CO_3) อยู่เล็กน้อย กรดคาร์บอนิก เป็นกรดชนิดหนึ่ง ที่มีอะตอมของคาร์บอนเป็นส่วนประกอบ มีสูตรโมเลกุล H_2CO_3 เกือบของกรดคาร์บอนิก เรียกว่า ไบคาร์บอเนต (หรือ ไฮโดรเจนคาร์บอเนต) และ คาร์บอเนต

คาร์บอนไดออกไซด์ที่ละลายน้ำเกิดสมดุลเคมีกับกรดคาร์บอนิก ดังสมการต่อไปนี้



มีการทดลองใช้น้ำโซดาในการสลบสัตว์น้ำ (สถาบันวิทยาศาสตร์ทางทะเล, 2543) โดยพบว่าน้ำโซดาเป็นตัวแทนของการใช้ก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ในการสลบสัตว์น้ำ โดยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์จะมีผลในการระงับความรู้สึก (anaesthetic effect) ของสัตว์น้ำ เนื่องจากสัตว์น้ำจำเป็นต้องมีการรับก๊าซออกซิเจนที่มีอยู่ในน้ำโดยการหายใจผ่านทางเหงือก พบว่า การใช้กรดคาร์บอนิกที่ระดับความเข้มข้น 500 ppm. (ใช้ก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ละลายในน้ำ) หรือการใช้โซเดียมไบคาร์บอเนตที่ระดับเข้มข้น 150 – 650 ppm. สามารถทำให้ปลาสลบได้ในเวลา 5 นาที (สุทรวัดน์, 2548) แต่ผลการทดลองของ John *et al.* (1996) พบว่าการใช้ก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ที่ระดับความเข้มข้น 600 ml/L ไม่มีผลที่เด่นชัดในการทำให้เกิดการคลายกล้ามเนื้อของหอย *Pinctada albino* (L) การศึกษาของ Hiromasa *et al.* (1988) ในเรื่อง การเปลี่ยนแปลงในสภาวะสลบของปลา carp ด้วย การใช้คาร์บอนไดออกไซด์ที่ระดับคงที่ พบว่า ปลา carp ทั้งหมดสลบ ที่ความดัน $P_{CO_2} = 125, 150$ และ 175 มม.ปรอท แต่ที่ความดันเหล่านี้ ทำให้ปลา carp ตายบางส่วน เท่ากับ 10, 20 และ 70 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ แต่ที่ $P_{CO_2} = 100$ มม.ปรอท จะทำให้ปลา carp มีอัตราการรอด 100 เปอร์เซ็นต์ แต่ทำให้ปลา carp สลบ 50 เปอร์เซ็นต์ จากการทดลอง ปลาสามารถฟื้นใน

ช่วงเวลา 13-130 นาที ค่าเฉลี่ยของระยะเวลาในการฟื้น 40 นาที ความเข้มข้นของยาสลบที่เหมาะสมคือ P CO₂ ระหว่าง 100 – 125 มม.ปรอท

เนื่องจากน้ำโซดาที่มีสภาพเป็นกรด ซึ่งสภาพดังกล่าวจะมีส่วนช่วยในการยับยั้งการเจริญของแบคทีเรียได้ โดยจากผลการศึกษาของ Sun-Young and Dong-Hyun (2009) พบว่า ผลของการใช้อุณหภูมิกรดอะซิติก และความเค็ม ร่วมกันในการยับยั้งเชื้อ *Escherichia coli* O157:H7 ในห้องปฏิบัติการ พบว่าการใช้กรดอะซิติกที่ระดับความเข้มข้น 0.25 เปอร์เซ็นต์ ร่วมกับอุณหภูมิที่ 55°C จะสามารถลดเชื้อ *E. coli* O157:H7 ลงได้จำนวนมาก ซึ่งจัดเป็นผลของการยับยั้งแบบ synergistic effect แต่เมื่อใช้ความเค็มที่ระดับ 3 เปอร์เซ็นต์ ร่วมกับกรดอะซิติกที่ระดับความเข้มข้น 0.25 เปอร์เซ็นต์ กลับพบว่าสามารถลดเชื้อ *E. coli* O157:H7 ได้น้อยกว่าการใช้กรดอะซิติกเพียงอย่างเดียว ซึ่งจัดเป็นผลของการยับยั้งแบบ antagonistic effect แสดงว่าการใช้สภาวะที่เป็นกรดจะช่วยในการยับยั้งการเจริญของแบคทีเรียบางชนิดได้

การใช้ยาสลบในสัตว์น้ำเป็นการลดความเครียดในการจับปลา การอยู่กันอย่างหนาแน่นในระหว่างการขนส่ง (Ross and Ross, 1999) รวมทั้งยังมีการนำยาสลบมาใช้ในการใส่ถุงเทียมเข้าไปในตัวหอยมุก เพื่อลดความเครียด และลดอัตราการตายของหอยระหว่างการใช้ถุงเทียมด้วย (John *et al.*, 1996; Héctor *et al.* 2005; Héctor and Magen, 2007)

จากการศึกษาข้อมูลเบื้องต้นของคณะผู้วิจัยเกี่ยวกับกลิ่นและรสของหอยนางรมที่ผ่านการแช่ด้วยสารละลายของน้ำมันกานพลู เมนทอล ฟ้าล ดิเกลิโอ และน้ำโซดา พบว่าถึงแม้สารบางชนิดที่ใช้จะมีกลิ่นเฉพาะตัว แต่ผลการทดสอบกลับไม่พบความแตกต่างกันของกลิ่นคาว กลิ่นแปลกปลอม รสแปลกปลอม และการยอมรับรวมของผู้ที่รับประทานหอยนางรมสดดังกล่าวพร้อมกับเครื่องเคียง ($P > 0.05$) เมื่อเปรียบเทียบกับการทดลองในชุดควบคุม ดังนั้นการทดลองใช้สารดังกล่าวในการทดลองนี้ คาดว่าจะทำให้ผู้ที่ชื่นชอบรับประทานหอยนางรมสด ได้รับความสะดวกสบายในการบริโภคเพิ่มมากขึ้น และลดอคติที่ว่าบริโภคหอยนางรมสดเป็นเรื่องที่ยู่ยากอีกต่อไป

วัตถุประสงค์ของการวิจัย

- 1 ศึกษาแนวทางการใช้ประโยชน์จากสารที่ออกฤทธิ์คล้ายกล้ามเนื้อของสัตว์น้ำ ในการคลายกล้ามเนื้อยึดเปลือกของหอยนางรมมีชีวิต
 - 1.1 ศึกษาหาชนิด และระดับความเข้มข้นที่เหมาะสมของสารออกฤทธิ์ในการคลายกล้ามเนื้อยึดเปลือกของหอยนางรมมีชีวิต เพื่อให้ง่ายต่อการแกะเปลือกหอย
 - 1.2 ศึกษาความพึงพอใจของผู้ที่ทดลองเปิดเปลือกหอยนางรม ภายหลังจากการแช่ในสารออกฤทธิ์ในการคลายกล้ามเนื้อยึดเปลือกของหอยนางรมมีชีวิต
 - 1.3 ศึกษาความพึงพอใจของผู้บริโภคต่อคุณลักษณะทางประสาทสัมผัสของหอยนางรมสด ภายหลังจากแช่ในสารออกฤทธิ์ในการคลายกล้ามเนื้อยึดเปลือกของหอยนางรมมีชีวิต
- 2 ศึกษาผลของสารที่ออกฤทธิ์ในการคลายกล้ามเนื้อยึดเปลือกของหอยนางรมมีชีวิต ต่อการลดการปนเปื้อนของแบคทีเรียที่พบในตัวอย่างหอยนางรม

แนวทาง/ขั้นตอนการดำเนินงาน

อุปกรณ์

1. สัตว์ทดลอง หอยนางรม (หอยตะโกรมกรมขาว) ขนาดน้ำหนัก 200 - 400 กรัม
2. ยูจีนอล
3. เมนทอล
4. ไพลผงสำเร็จรูป
5. น้ำโซดา
6. ดิเกลีอ (แมกนีเซียมซัลเฟต, $MgSO_4$)
7. คีมถ่าง
8. ตู้กระจกขนาด 90 x 45 x 45 เซนติเมตร
9. เครื่องแก้ว
10. เครื่องให้อากาศ
11. เครื่องกระตุ้นด้วยไฟฟ้า
12. น้ำทะเลความเค็ม 28-33 psu.
13. เกลีโอ
14. น้ำมันพืช
15. เรซติน
16. เครื่องวัดออกซิเจนละลายในน้ำ ยี่ห้อ YSI รุ่น 550A
17. โหลแก้ว
18. อุปกรณ์ให้อากาศ
19. ถังพลาสติก สำหรับพักหอยนางรม
20. อุปกรณ์เครื่องแก้วในการเลี้ยงเชื้อแบคทีเรีย
21. ตู้บ่มเชื้อ ยี่ห้อ Thermo Forma
22. อาหารเลี้ยงเชื้อ เช่น TCBS, XLD medium, Lauryl Tryptose Broth, Urea agar Base, Plate count agar, Brilliant green bile lactose broth, Brilliant green agar, EC broth, TSA, Trypticasein Soy Broth
23. หม้อนึ่งความดัน ยี่ห้อ TOMY รุ่น ES - 315
24. ตู้อบฆ่าเชื้อ ยี่ห้อ memmert รุ่น BE 500
25. กล้องจุลทรรศน์ ยี่ห้อ Kruss

วิธีการทดลอง

การทดลองที่ 1 ศึกษาหาชนิดและระดับความเข้มข้นที่เหมาะสมของสารออกฤทธิ์ในการคลายกล้ามเนื้อยึดเปลือกของหอยนางรมมีชีวิต เพื่อให้ง่ายต่อการแกะเปลือกหอย

วางแผนการทดลองแบบสุ่มตลอด CRD โดยแบ่งการทดลองออกเป็น 6 ชุดการทดลอง และทำการทดลองชุดละ 5 ซ้ำ ดังนี้

ชุดที่ 1 หอยนางรมที่แช่ในสารละลายของน้ำจืดที่ผสมเกลือแกงลงไปให้มีความเค็มของน้ำอยู่ที่ 30 psu. (ชุดควบคุม)

ชุดที่ 2 หอยนางรมที่แช่ด้วยยูจินอล

ชุดที่ 3 หอยนางรมที่แช่ด้วยไพลผง

ชุดที่ 4 หอยนางรมที่แช่ด้วยเมนทอล

ชุดที่ 5 หอยนางรมที่แช่ด้วยคิเกลีอ

ชุดที่ 6 หอยนางรมที่แช่ด้วยน้ำโซดา

1. นำหอยนางรมขนาดน้ำหนักประมาณ 200 - 400 กรัม จากเกษตรกรผู้เลี้ยงหอยนางรมในเขตจังหวัดสุราษฎร์ธานี โดยมีระยะเวลาในการขนส่งประมาณ 1-2 ชั่วโมง หลังจากนั้นนำมาผ่านการล้าง และทำความสะอาดเบื้องต้น แล้วจึงนำมาพักไว้ในตู้กระจกที่มีการฆ่าเชื้อโรคในน้ำทะเล และให้ออกซิเจนอย่างเพียงพอประมาณ 24 ชั่วโมง เพื่อปรับสภาพหอยนางรม และลดการปนเปื้อนหอยนางรมจากเชื้อแบคทีเรียก่อให้เกิดโรค

2. วิธีการเตรียมสารละลายของสารออกฤทธิ์ในการคลายกล้ามเนื้อยึดเปลือกของหอยนางรมมีชีวิตที่ใช้ในการทดลอง

2.1 สารละลายยูจินอล

นำยูจินอลมาผสมกับเรซิน เพื่อให้ยูจินอลสามารถละลายน้ำได้ ในสัดส่วน

ยูจินอล : เรซิน : น้ำ เท่ากับ 1.5 ml : 1,200 mg. : 1.5 ml จากนั้นเตรียมสารละลายยูจินอลตามความเข้มข้นที่ต้องการ โดยใช้สัดส่วนการเตรียมสารละลายยูจินอลข้างต้น นำสารละลายยูจินอลแต่ละความเข้มข้นละลายกับน้ำทะเลเพื่อใช้ในการทดลองต่อไป

2.2 สารละลายเมนทอล

นำเมนทอลมาละลายกับน้ำมันพืช หลังจากนั้นนำสารละลายดังกล่าวผสมกับเรซิดิน เพื่อให้สามารถละลายในน้ำได้ ในสัดส่วน เมนทอล : น้ำมันพืช : เรซิดิน : น้ำ เท่ากับ 0.3 g : 3 ml : 1,200 mg : 3 ml จากนั้นเตรียมสารละลายเมนทอลตามความเข้มข้นที่ต้องการ โดยใช้สัดส่วนการเตรียมสารละลายเมนทอลข้างต้น นำสารละลายเมนทอลแต่ละความเข้มข้นละลายกับน้ำทะเลเพื่อใช้ในการทดลองต่อไป

2.3 สารละลายไพลหงสำเร็จรูป ดีเกลือ และน้ำโซดา

นำไพลหงสำเร็จรูป ดีเกลือ และน้ำโซดา มาทำละลายกับน้ำได้โดยตรง

3. การเตรียมความเข้มข้นในระดับต่างๆ ของสารออกฤทธิ์ในการคลายกล้ามเนื้อเยื่อเปลือกของหอยนางรมมีชีวิตที่นำมาทำการทดลอง

นำสารละลายของสารออกฤทธิ์ในการคลายกล้ามเนื้อเยื่อเปลือกของหอยนางรมมีชีวิตทั้ง 5 ชนิด คือ ยูจินอล ไพลหง เมนทอล ดีเกลือ และน้ำโซดา มาละลายในน้ำจืดที่ผสมเกลือแกลงไปให้มีความเค็มของน้ำอยู่ที่ 30 psu. (เพื่อเป็นวิธีที่ง่ายในการเตรียมน้ำให้มีความเค็มใกล้เคียงกับน้ำทะเล) โดยเลือกใช้ความเข้มข้นของสารละลายเริ่มต้นตามแผนการทดลองดังนี้

$$\text{สูตรหาความเข้มข้น} \quad C_1V_1 = C_2V_2$$

การหาความเข้มข้นของน้ำโซดานอกจากการใช้สูตรข้างต้นแล้ว ให้ทำการวัดค่าปริมาณออกซิเจนที่ละลายในน้ำเปรียบเทียบกับยว เนื่องจากการใช้น้ำโซดาเป็นการลดปริมาณออกซิเจนที่ละลายอยู่ในน้ำ จึงทำให้สัตว์น้ำขาดออกซิเจน ส่งผลให้เกิดการสลบ

การหาความเข้มข้นในช่วงกว้างของสารละลายที่ออกฤทธิ์ในการคลายกล้ามเนื้อเยื่อเปลือกของ หอยนางรมมีชีวิต ที่ส่งผลต่อความสำเร็จในการแกะเปลือกหอยนางรม (โดยเพิ่มหรือลดความเข้มข้นครั้งละ 10 เท่า)

ความเข้มข้น	0	-X100	-X10	X1	X10	X100
เมนทอล, ไพลหงสำเร็จรูป และดีเกลือ (g/L)						
ยูจินอล (ml/L)						
น้ำโซดา (เปอร์เซ็นต์)						

4. นำหอยนางรมมีชีวิต แช่ในสารละลายทุกชุดการทดลอง ซ้ำละ 6 ตัว แช่นาน 5 นาที หลังจากนั้นนำหอยนางรมออกจากสารละลาย ใช้คีมถ่างแกะเปลือกหอยนางรม และบันทึกผลการแกะเปลือกหอยนางรมได้สำเร็จ โดยที่หอยนางรมไม่เกิดการตาย (ตรวจสอบได้จากการตอบสนองต่อการกระตุ้นด้วยไฟฟ้า)

ความเข้มข้นของสารละลาย	0	-X100	-X10	X1	X10	X100
แกะเปลือกได้สำเร็จ (ตัว)						
การตอบสนองต่อการกระตุ้น (ตัว)						

5. เลือกช่วงความเข้มข้นของสารละลายแต่ละชนิด ที่ครอบคลุมช่วง หอยนางรมปิดเปลือกสนิท หอยนางรมมีเปลือกอ้าค้าง และหอยนางรมเปิดและปิดเปลือกเป็นปกติ และทำการทดลองหาความเข้มข้นในช่วงแคบของสารละลายแต่ละชนิดต่อไป เพื่อหาความเข้มข้นที่เหมาะสมที่ทำให้แกะเปลือกหอยนางรมได้สำเร็จ โดยทำการทดลองดังนี้

ครั้งที่ 1 หาความเข้มข้นของสารละลายในช่วงกว้าง

ครั้งที่ 2 หาความเข้มข้นของสารละลายในช่วงแคบต่อเนื่องจากครั้งที่ 1

ครั้งที่ 3 หาความเข้มข้นของสารละลายในช่วงที่แคบลงโดยอาศัยผลที่ได้จากการทดลองในครั้งที่ 2

ครั้งที่ 4 หาความเข้มข้นของสารละลายในช่วงแคบลงโดยอาศัยผลที่ได้จากการทดลองในครั้งที่ 3

ครั้งที่ 5 หาความเข้มข้นของสารละลายในช่วงแคบลงโดยอาศัยผลที่ได้จากการทดลองในครั้งที่ 4

โดยทำการแบ่งความเข้มข้นของสารละลายแต่ละชนิดออกเป็น 5 ช่วงเท่า ๆ กัน ในแต่ละครั้งที่ทำการทดลอง เพื่อให้ได้ระดับความเข้มข้นที่เหมาะสมของสารละลายที่ทำให้เกิดการคลายกล้ามเนื้อเปลือกหอยนางรม โดยทดสอบการตอบสนองต่อการกระตุ้นด้วยไฟฟ้าด้วยเครื่องกระตุ้นไฟฟ้า ถ้าหอยเกิดการตอบสนองต่อการกระตุ้นด้วยไฟฟ้า แสดงว่าหอยนางรมยังมีชีวิตอยู่ ดังนั้นความเข้มข้นของสารที่ใช้จึงอยู่ในระดับที่ไม่ทำให้หอยนางรมตาย ซึ่งถ้าหอยนางรมตายจะส่งผลต่อสภาพ และรสชาติของเนื้อหอยนางรม เนื่องจากเมื่อเกิดการตาย จะทำให้เยื่อหุ้มเซลล์เสื่อมสภาพลง ทำให้สารต่าง ๆ สามารถเข้า – ออก จากเซลล์ได้ เพราะเยื่อหุ้มเซลล์จะมีลักษณะเป็นเยื่อเลือกผ่าน (ส่งศรี, 2533) และมีการทดสอบเปิดเปลือกหอยนางรมด้วยคีมถ่าง โดยใช้ผู้ปฏิบัติงานที่มีความชำนาญในการเปิดเปลือกหอยนางรม

การทดลองที่ 2 ศึกษาความพึงพอใจของผู้ที่ทดลองเปิดเปลือกหอยนางรม ภายหลังจากการแช่ในสารออกฤทธิ์ในการคลายกล้ามเนื้อยึดเปลือกของหอยนางรมมีชีวิต

การศึกษาความพึงพอใจของผู้ทดลองเปิดเปลือกหอยนางรม เมื่อแช่หอยนางรมในสารละลายชนิดต่างๆ โดยนำหอยนางรมมีชีวิตมาแช่ในสารละลายแต่ละชนิด ในระดับความเข้มข้นที่เหมาะสม (ที่ได้จากการทดลองที่ 1) นาน 30 นาที จากนั้นให้ผู้ทดลอง จำนวน 50 คน ใช้คีมถ่างในการแกะเปลือกหอยนางรม และกรอกแบบสอบถามประเมินความพึงพอใจของความสำเร็จในการแกะเปลือก ความยากง่ายในการแกะเปลือก และการยอมรับในวิธีการใช้สารละลายแต่ละชนิดที่ทำการศึกษา โดยกำหนดขั้นตอนของการแกะเปลือก ดังนี้

1. ให้ผู้ทดลองสวมถุงมือผ้า
2. ใช้คีมถ่างในการแกะเปลือกหอยนางรมที่แช่ด้วยสารละลายที่ออกฤทธิ์ในการคลายกล้ามเนื้อยึดเปลือกของหอยนางรมมีชีวิต โดยการสูมของผู้ทดลอง
3. ดำเนินการตามข้อ 1-2 ซ้ำ เพื่อแกะเปลือกหอยนางรมจนครบทุกชุดการทดลอง
4. กรอกข้อมูลที่ได้ในแบบบันทึกผลที่กำหนด (ดังแสดงในภาคผนวก)

ซึ่งจากการทดลองที่ 1 เราได้ระดับความเข้มข้น และชนิดของสารออกฤทธิ์ที่เหมาะสมต่อการคลายกล้ามเนื้อยึดเปลือกหอยนางรมมีชีวิต ดังต่อไปนี้

วางแผนการทดลองแบบสุ่มตลอด CRD โดยแบ่งการทดลองออกเป็น 5 ชุดการทดลอง ๆ ละ 50 ซ้ำ ดังนี้

ชุดที่ 1 หอยนางรมที่แช่ในสารละลายของน้ำจืดที่ผสมเกลือแกงลงไปให้มีความเค็มของน้ำอยู่ที่ 30 psu. (ชุดควบคุม)

ชุดที่ 2 หอยนางรมที่แช่ในสารละลายน้ำโซดา 10 เปอร์เซ็นต์ ร่วมกับ ยูจินอล 0.24 ml/L

ชุดที่ 3 หอยนางรมที่แช่ในสารละลายน้ำโซดา 10 เปอร์เซ็นต์ ร่วมกับ เมนทอล 0.1 g/L

ชุดที่ 4 หอยนางรมที่แช่ในสารละลายน้ำโซดา 10 เปอร์เซ็นต์ ร่วมกับ ดีเกลือ 37.98 g/L

ชุดที่ 5 หอยนางรมที่แช่ในสารละลายน้ำโซดา 10 เปอร์เซ็นต์

สาเหตุที่เราเลือกใช้สารผสมสองชนิด คือ น้ำโซดา 10 เปอร์เซ็นต์ ร่วมกับ ยูจินอล 0.24 ml/L เมนทอล 0.1 g/L และ ดีเกลือ 37.98 g/L เนื่องจากน้ำโซดาทำให้หอยนางรมอ้าเปลือกกว้าง แต่ไม่ส่งผลทำให้คลายกล้ามเนื้อยึดเปลือก จึงคิดว่าถ้าใช้น้ำโซดาพร้อมกับสารอีก 3 ชนิดข้างต้น น่าจะช่วยให้มีเปอร์เซ็นต์ของหอยนางรมที่คลายกล้ามเนื้อยึดเปลือกเพิ่มมากขึ้น ซึ่งจะส่งผลต่อการแกะเปลือกหอยนางรมเพิ่มสูงขึ้นตามไปด้วย

การทดลองที่ 3 ศึกษาความพึงพอใจของผู้บริโภคต่อคุณลักษณะทางประสาทสัมผัสของหอยนางรมสด ภายหลังจากแช่ในสารออกฤทธิ์ในการคลายกล้ามเนื้อยึดเปลือกของหอยนางรมมีชีวิต

การศึกษารยอมรับผลิตภัณฑ์ของผู้บริโภคต่อคุณลักษณะทางประสาทสัมผัสของหอยนางรมสด ภายหลังจากแช่ในสารออกฤทธิ์ในการคลายกล้ามเนื้อยึดเปลือกของหอยนางรมมีชีวิตตัดแปลงมาจากวิธีการของ ทศนีย์ (2546) โดยนำหอยนางรมมีชีวิตมาแช่ในสารละลาย (ตามการทดลองที่ 2) นาน 30 นาที หลังจากนั้นเปิดเปลือกหอยทิ้งระยะเวลาไว้ 10 นาที เพื่อให้กลิ่นของสารที่ออกฤทธิ์ในการคลายกล้ามเนื้อยึดเปลือกของหอยนางรมมีชีวิตจางลง จากนั้นให้ผู้ทดลอง จำนวน 50 คน ทดสอบชิมหอยนางรมสด พร้อมเครื่องเคียง และกรอกแบบสอบถาม โดยกำหนดขั้นตอนในการตรวจชิมตัวอย่าง ดังนี้

1. ทานมันเทศต้มสุก 1 ชิ้น แล้วบ้วนปากด้วยน้ำสะอาด
2. ใส่มื้อตัวอย่างในตารางแบบบันทึกผล
3. ชิมตัวอย่างหอยนางรมสด เคี้ยวช้าๆ กรอกข้อมูล คายตัวอย่างทิ้ง แล้วดื่มน้ำสะอาดตาม
4. ดำเนินการตามข้อ 1-3 ซ้ำ เพื่อชิมตัวอย่างใหม่ต่อไปจนครบทุกตัวอย่าง
5. กรอกข้อมูลที่ได้ในแบบบันทึกผลที่กำหนด (ดังแสดงในภาคผนวก)

ซึ่งจากการทดลองที่ 2 เราได้ระดับความเข้มข้น และชนิดของสารออกฤทธิ์ที่เหมาะสมต่อการคลายกล้ามเนื้อยึดเปลือกหอยนางรมมีชีวิตดังต่อไปนี้

วางแผนการทดลองแบบสุ่มตลอด CRD โดยแบ่งการทดลองออกเป็น 5 ชุดการทดลอง ๆ ละ 50 ซ้ำ ดังนี้

ชุดที่ 1 หอยนางรมที่แช่ในสารละลายของน้ำจืดที่ผสมเกลือแกงลงไปให้มีความเค็มของน้ำอยู่ที่ 30 psu. (ชุดควบคุม)

ชุดที่ 2 หอยนางรมที่แช่ในสารละลายน้ำโซดา 10 เปอร์เซ็นต์ ร่วมกับ ยูจินอล 0.24 ml/L

ชุดที่ 3 หอยนางรมที่แช่ในสารละลายน้ำโซดา 10 เปอร์เซ็นต์ ร่วมกับ เมนทอล 0.1 g/L

ชุดที่ 4 หอยนางรมที่แช่ในสารละลายน้ำโซดา 10 เปอร์เซ็นต์ ร่วมกับ ดีเกลือ 37.98 g/L

ชุดที่ 5 หอยนางรมที่แช่ในสารละลายน้ำโซดา 10 เปอร์เซ็นต์

ประเมินผลการทดลองที่ผ่านมาทั้ง 3 การทดลอง คัดเลือกชนิดและความเข้มข้นที่เหมาะสมของสารที่ออกฤทธิ์ในการคลายกล้ามเนื้อยึดเปลือกของหอยนางรมมีชีวิต ซึ่งมีประสิทธิภาพในการทำให้การแกะเปลือกของหอยนางรมง่ายขึ้น รวมถึงกำหนดแนวทางในการใช้ประโยชน์จากสารดังกล่าว

การทดลองที่ 4 ศึกษาผลของสารที่ออกฤทธิ์ในการคลายกล้ามเนื้อยึดเปลือกของหอยนางรมมีชีวิตที่คัดเลือกได้ต่อการลดการปนเปื้อนของแบคทีเรียที่บ่งชี้สัญลักษณ์ และแบคทีเรียก่อโรควางชนิดที่พบในตัวอย่างหอยนางรม

1. นำหอยนางรม ขนาด 200 – 400 กรัม จากเกษตรกรผู้เลี้ยงหอยนางรมในเขตจังหวัดสุราษฎร์ธานี มาพักไว้ในตู้กระจกที่มีการฆ่าเชื้อโรคน้ำทะเล และให้ออกซิเจนอย่างเพียงพอ ประมาณ 24 ชั่วโมง

2. เตรียมสารละลายที่ออกฤทธิ์ในการคลายกล้ามเนื้อยึดเปลือกของหอยนางรมมีชีวิต ตามชนิดและระดับความเข้มข้นที่เหมาะสมซึ่งคัดเลือกได้จากผลการทดลองที่ผ่านมาข้างต้น

3. นำหอยนางรมที่ได้จากขั้นตอนที่ 1 แช่ลงในสารละลายที่เตรียมขึ้นในขั้นตอนที่ 2 เป็นเวลา 30 นาที โดยทำการทดลองเป็น 2 ซ้ำ และในแต่ละซ้ำใช้ตัวอย่างหอยนางรมจำนวนไม่น้อยกว่า 10 ตัว ทำการทดลอง ในชุดควบคุมนำหอยนางรมแช่ในสารละลายของน้ำจืดที่ผสมเกลือแกงลงไปให้มีความเค็มของน้ำอยู่ที่ 30 psu. แทนการแช่ในสารละลายที่ออกฤทธิ์ในการคลายกล้ามเนื้อยึดเปลือกของหอยนางรมมีชีวิต

4. ตรวจวิเคราะห์จำนวนแบคทีเรียทั้งหมด โคลิฟอร์มแบคทีเรีย *E. coli* *Vibrio parahaemolyticus* รวมถึงการปนเปื้อนของ *V. cholerae* และ *Salmonella* spp. ในตัวอย่างหอยนางรมที่นำมาทำการทดลอง ตามวิธีการที่ระบุใน Bacteriological Analytical Manual (Larry and James, 2011 ; Peter *et al*, 2002 ; Wallace and Thomas, 2004 ; Charles and Angelo, 2004)

5. ทำการทดลองดังกล่าวซ้ำอีก 4 ครั้ง โดยใช้ตัวอย่างหอยนางรมที่เก็บจากพื้นที่การเลี้ยงในเขตจังหวัดสุราษฎร์ธานี ที่ระยะเวลาการเก็บตัวอย่างที่แตกต่างกัน เพื่อให้เกิดความถูกต้องและเป็นตัวแทนที่แท้จริงของการปนเปื้อนที่เกิดขึ้น

6. วิเคราะห์ข้อมูล นำข้อมูลที่ได้มาวิเคราะห์ผลทางสถิติ โดยวิเคราะห์ค่าความแปรปรวน (Analysis of Variance) และเปรียบเทียบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยด้วยวิธี Duncan' s new multiple range test

ผลและวิจารณ์ผลการทดลอง

การทดลองที่ 1 ศึกษาแนวทางการใช้ประโยชน์จากสารที่ออกฤทธิ์คล้ายกล้ามเนื้อยึดเปลือกของหอยนางรมมีชีวิต

1.1 ศึกษาชนิดและระดับความเข้มข้นที่เหมาะสมของสารออกฤทธิ์ในการคล้ายกล้ามเนื้อยึดเปลือกของหอยนางรมมีชีวิตเพื่อให้ง่ายต่อการแกะเปลือกหอย

ศึกษาหาระดับความเข้มข้นที่เหมาะสมของยูจินอลในการคล้ายกล้ามเนื้อยึดเปลือกของหอยนางรมมีชีวิตเพื่อให้ง่ายต่อการแกะเปลือกหอย

จากการทดลองหาระดับความเข้มข้นที่เหมาะสมของสารออกฤทธิ์ในการคล้ายกล้ามเนื้อยึดเปลือกของหอยนางรมมีชีวิตเพื่อให้ง่ายต่อการแกะเปลือกหอย ครั้งที่ 1 ศึกษาความเข้มข้นของการใช้สารยูจินอลในช่วงกว้าง ตั้งแต่ 0 ถึง 100 ml/L พบว่าที่เวลา 5 นาที ในทุกชุดการทดลอง หอยนางรมไม่มีการเปิดฝาเปลือกเลยแม้แต่ชุดควบคุม จึงทำการขยายเวลาเป็น 30 นาที พบว่าที่ระดับความเข้มข้นของยูจินอล 0 ถึง 1 ml/L ไม่สามารถช่วยให้แกะเปลือกหอยนางรมได้สำเร็จ (ตารางที่ 1.1.1) แต่ที่ระดับความเข้มข้น 10 และ 100 ml/L สามารถช่วยให้แกะเปลือกหอยนางรมได้สำเร็จ 3.3 เปอร์เซ็นต์ แต่เมื่อนำหอยมากระตุ้นด้วยไฟฟ้า กลับพบว่าหอยนางรมไม่ตอบสนองต่อการกระตุ้น (หอยตาย) (ตารางที่ 1.1.1) ซึ่งเมื่อเปรียบเทียบกับชุดควบคุม พบว่าหอยนางรมยังคงตอบสนองต่อการกระตุ้นด้วยไฟฟ้า แสดงให้เห็นว่าความเข้มข้นของยูจินอลที่ระดับความเข้มข้น 10 ถึง 100 ml/L นั้นอาจเป็นพิษ จนส่งผลให้เกิดการตายในหอยนางรม ดังนั้นที่ระดับความเข้มข้นดังกล่าวไม่เหมาะสมที่จะใช้ในการทดลองครั้งที่ 2 และเมื่อเกิดการตายของหอยนางรมขึ้น จะส่งผลให้การทำงานของเยื่อหุ้มเซลล์เสื่อมประสิทธิภาพลง และหยุดการทำงานในที่สุดซึ่งจะทำให้เยื่อหุ้มเซลล์ไม่สามารถทำหน้าที่เป็นเยื่อเลือกผ่านได้อีก ทำให้สารละลายภายนอกเซลล์ สามารถเข้าสู่ภายในเซลล์ได้ ซึ่งในการทดลองครั้งนี้ สารละลายภายนอก คือ ยูจินอล เมื่อยูจินอลสามารถเข้าสู่ภายในเซลล์ได้ จะส่งผลต่อกลิ้น และคุณภาพของเนื้อหอยนางรมได้ ดังนั้นที่ระดับความเข้มข้น 10 ถึง 100 ml/L ของยูจินอลไม่เหมาะสมในการนำมาศึกษาในการทดลองครั้งที่ 2 ต่อไป เมื่อสังเกตพฤติกรรมของหอยนางรมที่ความเข้มข้น 0 ถึง 0.1 ml/L หอยมีพฤติกรรม การเปิดและปิดเปลือกเป็นจังหวะ แต่เมื่อครบเวลา 30 นาที นำคีมถ่างไปแกะบริเวณเปลือกที่อ้าออก กลับพบว่าไม่สามารถใช้คีมถ่างแกะเปลือกออกได้ เนื่องจากหอยนางรมจะมีพฤติกรรมรีบปิดฝาเปลือกทันที เมื่อถูกกระตุ้นโดยสิ่งแปลกปลอม เนื่องจากระบบประสาทของหอยสองฝาจะเหมือนกันทั้งซ้าย และขวา และมักไม่ซับซ้อน กล่าวคือ มีปมประสาท (ganglion) อยู่สามคู่ และมีเส้นประสาท (nerve cord) อีกสองคู่ ปมประสาท ได้แก่ ปมประสาทเซรีโบรพลูรัล (cerebro – pleural

ganglion) ปมประสาทพีคัล (pedal ganglion) และปมประสาทวิสเซอร์ลัล (visceral ganglion) ปมประสาทเซรีโบรพลูร์ลัล จะอยู่ข้างหลอดอาหาร และเชื่อมกันด้วยเส้นประสาทสั้น ๆ จากปมประสาทเซรีโบรพลูร์ลัล ทั้งสองด้านจะมีเส้นประสาทสองคู่ไปยังด้านหลังของตัวหอย โดยเส้นประสาทคู่แรกจะไปยังอวัยวะภายใน และไปสิ้นสุดที่บริเวณด้านล่างของกล้ามเนื้อแอดคักเตอร์ส่วนหลัง ส่วนเส้นประสาทคู่ที่สองจะออกมาจากปมประสาทเซรีโบรพลูร์ลัลไปทางด้านหลังเข้าไปในแผ่นเท้า และจะเชื่อมต่อกับปมประสาทพีคัล ดังนั้นการเคลื่อนที่ของแผ่นเท้า และของกล้ามเนื้อแอดคักเตอร์ส่วนหน้า จะอยู่ภายใต้การควบคุมของปมประสาทพีคัล และเซรีโบรพลูร์ลัล ส่วนปมประสาทวิสเซอร์ลัลจะควบคุมกล้ามเนื้อแอดคักเตอร์ส่วนหลัง และไซฟอน และส่วนใหญ่อวัยวะรับสัมผัสของหอยสองฝา จะอยู่ที่ลอนชั้นกลางของขอบแมนเทิล (สุชาติ และคณะ, 2538) ซึ่งพฤติกรรมปกติของหอยนางรมจะเปิดเปลือกเล็กน้อยค้างไว้สักพักจึงจะเปิดเปลือก และจะแสดงพฤติกรรมดังกล่าวสม่ำเสมอ หรือบางทีจะแสดงพฤติกรรมเปิดเปลือกค้างไว้เพื่อรับน้ำ จากพฤติกรรมดังกล่าวทำให้บางครั้งไม่สามารถทราบได้ว่าจะสามารถแกะเปลือกหอยได้หรือไม่ จนกว่าจะให้คีมถ่างช่วยในการแกะเปลือกของหอยนางรม ในการทดลองครั้งนี้ พบว่าส่วนใหญ่หอยนางรมที่สามารถใช้คีมถ่างแกะเปลือกหอยนางรมได้สำเร็จ หอยนางรมจะแสดงพฤติกรรมเปิดฝาเปลือกแต่ไม่กว้างมาก ดังภาพผนวกที่ 12 ดังนั้นในการทดลองครั้งที่ 2 เพื่อหาความเข้มข้นของยูจินอลในช่วงแคบ จึงเลือกความเข้มข้นของยูจินอลที่ 0.1 ถึง 1 ml/L ในการศึกษาต่อไป

ตารางที่ 1.1.1 จำนวนหอยนางรมที่แกะเปลือกได้สำเร็จ (เปอร์เซ็นต์) หลังจากแช่ด้วยยูจินอลที่ความเข้มข้น 0.01 ถึง 100 ml/L

ความเข้มข้นของยูจินอล (ml/L)	จำนวนหอยนางรมที่ แกะเปลือกได้สำเร็จ (เปอร์เซ็นต์)	พฤติกรรมของหอยนางรม
0	0	มีการเปิดและปิดเปลือกเป็น จังหวะ
0.01	0	มีการเปิดและปิดเปลือกเป็น จังหวะเหมือนชุดควบคุม
0.1*	0	
1*	0	
10	3.3 (ตาย)	เปลือกหอยปิดสนิท
100	3.3 (ตาย)	

หมายเหตุ * หมายถึง ความเข้มข้นของยูจินอลที่นำมาใช้ในการทดลองครั้งต่อไป

การศึกษาหาระดับความเข้มข้นที่เหมาะสมของยูจีนอลในการคลายกล้ามเนื้อยึดเปลือกของหอยนางรมมีชีวิตเพื่อให้ง่ายต่อการแกะเปลือกหอย ครั้งที่ 2 ที่ระดับความเข้มข้น 0.1 ถึง 1 ml/L พบว่าความเข้มข้นของยูจีนอล 0.1 และ 0.25 ml/L แกะเปลือกหอยนางรมได้สำเร็จ 13.3 และ 6.7 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ ซึ่งจากผลการศึกษา สามารถสังเกตเห็นพฤติกรรมของหอยนางรมเมื่อแช่ในยูจีนอลที่ความเข้มข้นดังกล่าว หอยจะมีพฤติกรรมเปิดและปิดเปลือกเป็นจังหวะ และมีการดูดรับน้ำผ่านเหงือกเพื่อแลกเปลี่ยนก๊าซไปใช้ในการหายใจ ระบบหายใจ (respiratory system) ของมอลลัสก์ มีหน้าที่สำคัญเกี่ยวกับเมแทบอลิซึมของร่างกาย โดยการรับออกซิเจนเข้าสู่ร่างกาย และปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์กับน้ำออกมา มอลลัสก์ที่อาศัยอยู่ในน้ำ จะมีอวัยวะสำหรับหายใจ คือ เหงือก บรรจุอยู่ในช่องแมนเทิล ปกติมอลลัสก์มีการหายใจของมอลลัสก์แบ่งออกเป็น สามชนิด ได้แก่ 1 การหายใจทางผิวหนัง (cutaneous respiration) 2 การหายใจโดยใช้เหงือก (branchial respiration) 3 การหายใจโดยใช้ปอด (pulmonary respiration) (สุชาติ และคณะ, 2538) ซึ่งในหอยนางรมจะเป็นการหายใจโดยใช้เหงือก จากข้อมูลดังกล่าว หอยนางรมจึงมีโอกาสรับสารละลายยูจีนอล จากการหายใจ การใช้ยาสลบในช่วงขนส่งปลา สามารถป้องกันการบาดเจ็บ และลดเมแทบอลิซึม (ลดความต้องการก๊าซออกซิเจน และลดการขับถ่าย) โดยทำหน้าที่ในการกั้นการกระตุ้น ของ hypothalamo – pituitary – interregal (HIP) ซึ่งเชื่อมโยงกับการหลั่ง cortisol ซึ่ง cortisol สามารถทำให้เกิดการตอบสนอง ทางสรีรวิทยา เมื่อเกิดการกระตุ้น เช่น การฆ่าเชื้อโรค (Small, 2003) หอยนางรมที่สัมผัสกับยูจีนอลจึงเกิดการอ้าค้างของเปลือกหอยนางรมเนื่องจากการสลบนั่นเอง ส่วนที่ความเข้มข้นของยูจีนอล 0, 0.50, 0.75 และ 1 ml/L ไม่มีการอ้าค้างของเปลือกหอย จึงทำให้ไม่สามารถแกะเปลือกหอยนางรมได้สำเร็จ (ตารางที่ 1.1.2) เมื่อสังเกตพฤติกรรมของหอยนางรม พบว่าที่ความเข้มข้น 0 ถึง 0.25 ml/L หอยนางรมมีการเปิดและปิดเปลือกเป็นจังหวะ เหมือนในชุดควบคุม ส่วนที่ความเข้มข้น 0.5 ถึง 1 ml/L หอยนางรมมีพฤติกรรมปิดฝาเปลือกสนิท เนื่องมาจากหอยนางรมสามารถรับสัมผัสถึงสารยูจีนอลที่ละลายอยู่ในน้ำที่แช่หอยนางรมได้ หอยนางรมจึงพยายามหลีกเลี่ยงการรับสัมผัสกับสารยูจีนอล โดยแสดงพฤติกรรมปิดฝาเปลือกสนิท ดังนั้นในการทดลองครั้งที่ 3 เพื่อหาความเข้มข้นของยูจีนอลที่ทำให้หอยนางรมคลายกล้ามเนื้อยึดเปลือกในช่วงเวลา จึงเลือกใช้ความเข้มข้นของยูจีนอลที่ระดับความเข้มข้น 0.1 ถึง 0.5 ml/L เพราะเป็นช่วงที่ครอบคลุมหอยนางรมที่มีการเปิดและปิดเปลือกเป็นจังหวะเหมือนชุดควบคุม และปิดฝาเปลือกสนิท

ตารางที่ 1.1.2 จำนวนหอยนางรมที่แกะเปลือกได้สำเร็จ (เปอร์เซ็นต์) หลังจากแช่ด้วยยูจินอลที่ความเข้มข้น 0.1 ถึง 1 ml/L

ความเข้มข้นของยูจินอล (ml/L)	จำนวนหอยนางรมที่ แกะเปลือกได้สำเร็จ (เปอร์เซ็นต์)	พฤติกรรมของหอยนางรม
0	0	มีการเปิดและปิดฝาเปลือก เป็นจังหวะ
0.1*	13.3	มีการเปิดและปิดฝาเปลือก เป็นจังหวะเหมือนชุด ควบคุม
0.25	6.7	
0.50*	0	
0.75	0	ฝาเปลือกหอยปิดสนิท
1	0	

หมายเหตุ * หมายถึง ความเข้มข้นของยูจินอลที่นำมาใช้ในการทดลองครั้งต่อไป

การศึกษาหาระดับความเข้มข้นที่เหมาะสมของยูจินอลในการคลายกล้ามเนื้อยึดเปลือกของหอยนางรมมีชีวิต เพื่อให้ง่ายต่อการแกะเปลือกหอย ครั้งที่ 3 ที่ระดับความเข้มข้น 0.1 ถึง 0.5 ml/L พบว่าความเข้มข้นของยูจินอล 0.1, 0.3, 0.4 และ 0.5 ml/L สามารถช่วยให้แกะเปลือกหอยนางรมได้สำเร็จ 3.3 เปอร์เซ็นต์ ส่วนที่ความเข้มข้น 0.2 ml/L สามารถช่วยให้แกะเปลือกหอยนางรมได้สำเร็จ 6.7 เปอร์เซ็นต์ และที่ความเข้มข้น 0 ml/L (ชุดควบคุม) ไม่ช่วยให้สามารถแกะเปลือกหอยนางรมได้เลย (ตารางที่ 1.1.3) เมื่อสังเกตพฤติกรรมของหอยนางรม พบว่าที่ความเข้มข้นของยูจินอล 0.1 ถึง 0.5 ml/L ในซ้าที่หอยนางรมที่มีพฤติกรรมเปิดและปิดเปลือกเป็นจังหวะ จะพบว่าในซ้าดังกล่าวหอยนางรมมีเปลือกอ้าค้างทำให้เราสามารถแกะเปลือกหอยได้ ส่วนในซ้าที่หอยนางรมมีพฤติกรรมปิดฝาเปลือกสนิทในซ้านี้ เราพบว่าไม่สามารถแกะเปลือกหอยนางรมได้สำเร็จ เหตุที่ให้ผลเป็นเช่นนี้ น่าจะเกิดจากโอกาส และระยะเวลาของการสัมผัสสารละลายยูจินอลนั่นเอง เพราะในซ้าที่หอยนางรมมีพฤติกรรมปิดเปลือกสนิท โอกาสที่เหงือกจะได้รับสัมผัสกับสารละลายยูจินอลน้อยกว่าในซ้าที่หอยนางรมมีพฤติกรรมเปิดและปิดฝาเปลือกเป็นจังหวะ พิพัฒนา (2550) ได้รายงานไว้ว่า การประเมินการสัมผัส (exposure Assessment) เป็นกระบวนการประเมินทั้งเชิงปริมาณ และเชิงคุณภาพ เมื่อมนุษย์ได้รับสิ่งที่อันตรายผ่านการสัมผัสทางน้ำ อาหาร หรือ แหล่งอื่นๆ เพื่ออธิบายระดับการสัมผัสสิ่งที่อันตราย (Hazard) ที่มนุษย์ได้รับ วิธีการ หรือทางที่สัมผัส ระยะเวลาการสัมผัส และอิทธิพลของสิ่งแวดล้อมที่เกี่ยวข้องกับการสัมผัสของมนุษย์ในสภาวะต่าง ๆ ที่มีผลกระทบต่อสุขภาพในกลุ่มเป้าหมาย หรือกลุ่มเสี่ยง ซึ่งจากการประเมินการสัมผัส เรื่องของระยะเวลาการสัมผัสนั้นส่งผลต่อการประเมินการสัมผัสเช่นเดียวกัน และจากผลการทดลองในซ้าของหอยนางรมที่มีโอกาสสัมผัสกับสารละลายยูจินอลมากจะส่งผลให้เกิดการอ้าเปลือกค้าง และการสลบของหอยนางรมมากขึ้นตามไปด้วย

ดังนั้นในการทดลองครั้งที่ 4 เพื่อหาความเข้มข้นของยูจินอล ที่ทำให้หอยนางรมคลายกล้ามเนื้อยึดเปลือก ในช่วงแคบ จึงเลือกใช้ความเข้มข้นของยูจินอล ที่ระดับความเข้มข้น 0.2 ถึง 0.3 ml/L เพราะที่ความเข้มข้น 0.2 ml/L เป็นช่วงที่สามารถช่วยให้แกะเปลือกหอยนางรมได้สำเร็จมากที่สุด และที่ความเข้มข้น 0.3 ml/L ส่วนใหญ่หอยนางรมจะมีพฤติกรรมปิดเปลือกสนิท แต่ในการทดลองครั้งที่ 4 เลือกเพิ่มระดับความเข้มข้นของยูจินอลระดับละ 0.02 ml/L เนื่องจากข้อจำกัดของเครื่องมือในการตรวจวัดปริมาณของสารยูจินอล

ตารางที่ 1.1.3 จำนวนหอยนางรมที่แกะเปลือกได้สำเร็จ (เปอร์เซ็นต์) หลังจากแช่ด้วยยูจินอลที่ความเข้มข้น 0.1 ถึง 0.5 ml/L

ความเข้มข้นของยูจินอล (ml/L)	จำนวนหอยนางรมที่ แกะเปลือกได้สำเร็จ (เปอร์เซ็นต์)	พฤติกรรมของหอยนางรม
0	0	มีการเปิดและปิดฝาเปลือกเป็น จังหวะ
0.1	3.3	ซ้ำของชุดทดลองที่แกะเปลือก
0.2*	6.7	ได้สำเร็จ หอยแสดงพฤติกรรม
0.3*	3.3	การเปิดและปิดเปลือกเป็น
0.4	3.3	จังหวะ
0.5	3.3	ซ้ำของชุดทดลองที่แกะเปลือก ไม่ได้หอยแสดงพฤติกรรมปิด เปลือกสนิท

หมายเหตุ * หมายถึง ความเข้มข้นของยูจินอลที่นำมาใช้ในการทดลองครั้งต่อไป

การศึกษาหาระดับความเข้มข้นที่เหมาะสมของยูจินอลในการคลายกล้ามเนื้อยึดเปลือกของหอยนางรมมีชีวิตเพื่อให้ง่ายต่อการแกะเปลือก ครั้งที่ 4 ที่ระดับความเข้มข้น 0.2 ถึง 0.28 ml/L พบว่าความเข้มข้นของยูจินอล 0, 0.20, 0.22, 0.24, 0.26 และ 0.28 ml/L สามารถช่วยให้แกะเปลือกหอยนางรมได้สำเร็จ 0, 13.3, 20.0, 23.3, 20.0 และ 6.7 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ (ตารางที่ 1.1.4) เมื่อสังเกตพฤติกรรมของหอยนางรม พบว่าที่ความเข้มข้นของยูจินอล 0, 0.20, 0.22 และ 0.26 ml/L หอยนางรมมีพฤติกรรมการเปิดและปิดเปลือกเป็นจังหวะเหมือนชุดควบคุม ส่วนที่ความเข้มข้นของยูจินอล 0.24 และ 0.28 ml/L ในซ้ำการทดลองที่หอยนางรมมีพฤติกรรมการเปิดและปิดเปลือกเป็นจังหวะจะช่วยให้สามารถแกะเปลือกหอยนางรมได้สำเร็จ เพราะหอยนางรมมีเปลือกอ้าค้าง ส่วนในซ้ำการทดลองที่หอยนางรมมีพฤติกรรมปิดฝาเปลือกสนิท จะไม่ช่วยให้สามารถแกะเปลือกหอยนางรมได้สำเร็จ

ดังนั้นในการทดลองครั้งที่ 5 เพื่อหาความเข้มข้นของยูจินอลที่ทำให้หอยนางรมคลายกล้ามเนื้อยึดเปลือกในช่วงแคบครั้งสุดท้าย จึงเลือกใช้ความเข้มข้นของยูจินอลที่ระดับความเข้มข้น 0.22 ถึง 0.26 ml/L เพราะที่ความเข้มข้น 0.22 และ 0.26 ml/L เป็นช่วงที่ช่วยให้สามารถแกะเปลือกหอยนางรมได้สำเร็จ และหอยนางรมแสดงพฤติกรรมการเปิดและปิดเปลือกเป็นจังหวะ แต่ที่ความเข้มข้น 0.28 ml/L มีจำนวนหอยนางรมที่สามารถแกะเปลือกได้สำเร็จน้อยกว่าที่ความเข้มข้น 0.26 ml/L จึงไม่เลือกความเข้มข้นดังกล่าวมาศึกษาทดลองในครั้งที่ 5 เพราะต้องใช้ปริมาณของยูจินอลที่มากกว่าโดยให้ผลสำเร็จการแกะเปลือกหอยนางรมต่ำกว่า (ตารางที่ 1.1.4)

ตารางที่ 1.1.4 จำนวนหอยนางรมที่แกะเปลือกได้สำเร็จ (เปอร์เซ็นต์) หลังจากแช่ด้วยยูจินอลที่ความเข้มข้น 0.20 ถึง 0.28 ml/L

ความเข้มข้นของ ยูจินอล (ml/L)	จำนวนหอยนางรมที่ แกะเปลือกได้สำเร็จ (เปอร์เซ็นต์)	พฤติกรรมของหอยนางรม
0	0	
0.20	13.3	มีการเปิดและปิดเปลือกเป็นจังหวะ
0.22*	20.0	
0.24	23.3	ซ้าของชุดทดลองที่แกะเปลือกได้สำเร็จ หอยแสดงพฤติกรรมการเปิดและปิด เปลือกเป็นจังหวะ ซ้าของชุดทดลองที่แกะเปลือกไม่ได้ หอยแสดงพฤติกรรมการปิดเปลือกสนิท
0.26*	20.0	มีการเปิดและปิดเปลือกเป็นจังหวะ
0.28	6.7	ซ้าของชุดทดลองที่แกะเปลือกได้สำเร็จ หอยแสดงพฤติกรรมการเปิดและปิด เปลือกเป็นจังหวะ ซ้าของชุดทดลองที่แกะเปลือกไม่ได้ หอยแสดงพฤติกรรมการปิดเปลือกสนิท

หมายเหตุ * หมายถึง ความเข้มข้นของยูจินอลที่นำมาใช้ในการทดลองครั้งต่อไป

การศึกษาหาระดับความเข้มข้นที่เหมาะสมของยูจินอลในการคลายกล้ามเนื้อยึดเปลือกของหอยนางรมมีชีวิต เพื่อให้่ายต่อการแกะเปลือกหอย ครั้งที่ 5 ที่ระดับความเข้มข้น 0.22 ถึง 0.26 ml/L พบว่าความเข้มข้นของยูจินอล 0, 0.22, 0.23, 0.24, 0.25 และ 0.26 ml/L สามารถช่วยให้แกะเปลือกหอยนางรมได้สำเร็จ 0, 6.7, 3.3, 0, 6.7 และ 3.3 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ (ตารางที่ 1.1.5)

เมื่อเปรียบเทียบข้อมูลระหว่างการทดลองครั้งที่ 4 กับ 5 พบว่าจำนวนหอยนางรมที่แกะเปลือกได้สำเร็จในครั้งที่ 5 มีจำนวนต่ำกว่าครั้งที่ 4 ถึงแม้ว่าจะใช้ระดับความเข้มข้นของยูจินอลในช่วงใกล้เคียงกัน อาจเป็นเพราะว่าเมื่อสังเกตพฤติกรรมของหอยนางรมในการทดลองครั้งที่ 5 หอยนางรมส่วนใหญ่จะมีพฤติกรรมการปิดฝาเปลือกสนิทจึงไม่ได้รับสารละลายยูจินอลทำให้จำนวนหอยนางรมที่แกะเปลือกได้สำเร็จน้อยลง

ตารางที่ 1.1.5 จำนวนหอยนางรมที่แกะเปลือกได้สำเร็จ (เปอร์เซ็นต์) หลังจากแช่ด้วยยูจินอลที่ความเข้มข้น 0.22 ถึง 0.26 ml/L

ความเข้มข้นของ ยูจินอล (ml/L)	จำนวนหอยนางรมที่ แกะเปลือกได้สำเร็จ (เปอร์เซ็นต์)	พฤติกรรมของหอยนางรม
0	0	มีการเปิดและปิดฝาเปลือกเป็นจังหวะ
0.22	6.7	หอยปิดเปลือกสนิท ซ้ำของชุดทดลองที่แกะเปลือกได้สำเร็จ หอยแสดงพฤติกรรมเปิดและปิดฝา
0.23	3.3	เปลือก เป็นจังหวะ ซ้ำของชุดทดลองที่แกะเปลือกไม่ได้ หอยแสดงพฤติกรรมปิดเปลือกสนิท
0.24	0	หอยปิดเปลือกสนิท ซ้ำของชุดทดลองที่แกะเปลือกได้สำเร็จ หอยแสดงพฤติกรรมเปิดและปิดฝา
0.25	6.7	เปลือก เป็นจังหวะ ซ้ำของชุดทดลองที่แกะเปลือกไม่ได้ หอยแสดงพฤติกรรมปิดเปลือกสนิท
0.26	3.3	หอยปิดเปลือกสนิท

จากผลการทดลองทั้ง 5 ครั้ง ผู้วิจัยใช้หอยนางรมสดใหม่ทุกครั้งที่ทำกรทดลอง ดังนั้นจึงไม่เกิดความผิดพลาดในเรื่อง การตายและความอ่อนแอของหอยนางรม จากระยะเวลาในการพักก่อนทำการทดลอง โดยเราสามารถตรวจสอบได้จาก ค่าการตอบสนองต่อการกระตุ้นด้วยไฟฟ้าของหอยนางรม และพบว่าในชุดควบคุม หอยนางรมมีการตอบสนองต่อการกระตุ้นด้วยไฟฟ้า 100 เปอร์เซ็นต์ สรุปได้ว่าการใช้สารละลายยูจีนอลช่วยในการแกะเปลือกหอยนางรมให้ผลได้ไม่ดีกว่าที่ควร โดยสามารถช่วยให้แกะเปลือกหอยนางรมได้สำเร็จสูงที่สุดเพียง 23.3 เปอร์เซ็นต์ ที่ระดับความเข้มข้นของยูจีนอล 0.24 ml/L และเมื่อเพิ่มความเข้มข้นของสารละลายยูจีนอลให้สูงขึ้น หอยนางรมจะแสดงพฤติกรรมปิดเปลือกสนิทไม่รับน้ำที่ผสมสารละลาย ยูจีนอลเลย ซึ่งอาจเนื่องมาจากอวัยวะรับความรู้สึกของหอยนางรม โดยเฉพาะอวัยวะรับความรู้สึกของหอยสองฝาเกือบทั้งหมดจะอยู่ที่บริเวณแมนเทิล ซึ่งได้แก่ เทนเทคิล (tentacle) ซึ่งอยู่ตามขอบของแมนเทิล เทนเทคิล มีเซลล์รับความรู้สึกทางสัมผัส (tactile cell) และทางเคมี (chemoreceptor cell) เช่น หอย *Pecten* และ *Spondylus* ที่มีการว่ายน้ำอย่างรวดเร็วกว่าหอยสองฝ้อื่น ๆ จะมีเทนเทคิลเป็นจำนวนมากปกคลุมขอบของแมนเทิลเกือบทั้งหมด เทนเทคิลนี้จะทำหน้าที่รับสัมผัส หรือป้องกันตะกอนต่าง ๆ ที่จะเข้าไปในแมนเทิล ขณะเดียวกันก็ยังมีเซลล์ที่รับสัมผัสทางเคมี ซึ่งทำให้หอยสามารถหลบหนีศัตรูระยะไกล ๆ ได้ อวัยวะอีกชนิดหนึ่งที่พบในหอยสองฝา คือ สตาโทซิสต์ มักจะมีหนึ่งคู่ฝังอยู่ใกล้ ๆ กับปมประสาท พิคัลในแผ่นเท้า ในหอยสองฝาชันดำ ส่วนในหอยนางรม สตาโทซิสต์มีขนาดเล็ก ซึ่งสตาโทซิสต์มีหน้าที่ ตอบสนองต่อแรงโน้มถ่วงของโลก ตาเดี่ยว (ocellus) เป็นอวัยวะรับความรู้สึกอีกชนิดหนึ่ง อาจอยู่ที่บริเวณแมนเทิล หรือ ไชฟอนในหอยสองฝาบางชนิด ส่วนใหญ่แล้วจะเป็นบริเวณที่มีเซลล์รงควัตถุ (pigment cell) เท่านั้น แต่ในหอยสองฝาชันสูงที่มีการว่ายน้ำอย่างรวดเร็ว เช่น *Pecten* และ *Spondylus* ตาเดี่ยว มีสีฟ้าสด อยู่ตามขอบของแมนเทิล ประกอบด้วย คอร์เนีย (cornea) เลนส์ (lens) และเรตินา (retina) ซึ่งมีเซลล์รับแสง (photoreceptor cell) ตาของหอย *Pecten* นี้ อาจจะไม่สามารถมองเห็นเป็นภาพได้ แต่มีความสำคัญต่อการว่ายน้ำที่รวดเร็วของหอยชนิดนี้ เพราะจะไวต่อการเปลี่ยนแปลงความเข้มของแสงมาก บริเวณใต้กล้ามเนื้อแอดดักเตอร์ส่วนหลังในช่องน้ำออก (exhalant chamber) จะมีกลุ่มของเซลล์เนื้อเยื่อบุผิวทำหน้าที่เป็นอวัยวะรับความรู้สึกทางเคมี เรียกออสเฟรเดียม ตัวอย่างเช่น การตรวจคุณภาพของน้ำที่ผ่านเข้ามาในช่องแมนเทิล (mantle cavity) หรืออาจมีหน้าที่เกี่ยวกับการตรวจสอบสารต่าง ๆ ที่ปะปนมากับน้ำก็ได้ (สุชาติ และคณะ, 2538) ดังนั้น หอยนางรมจึงสามารถปรับตัวหลังแช่ในสารละลายยูจีนอล เพราะรับรู้ได้ถึงสิ่งแปลกปลอมที่ปะปนมากับน้ำ หลังจากนั้น หอยนางรมมีพฤติกรรมปิดฝาเปลือกสนิท ไม่ยอมรับน้ำเข้าสู่ร่างกาย ซึ่งการทำงานของกล้ามเนื้อยึดเปลือกหอยนางรม (adductor muscle) เป็นการหดตัวแบบช้า ๆ (slow closing - muscle) ดึงฝาทั้งสองเข้าหากัน และสามารถรักษาสภาพการหดตัวได้เป็นชั่วโมง และเป็นวันได้ ซึ่งมักจะอยู่ในสภาวะที่ขาดออกซิเจน และในกลุ่มนี้จะพบ โปรตีน Tropomyosin A ที่สัตว์อื่น ๆ ไม่มี หอยบางชนิด เช่น *Pecten* มีกล้ามเนื้อ 2 ชุด คือ ชุดแรกเป็นใยกล้ามเนื้อลาย (Striated fiber) จะหดตัวได้เร็ว เป็น Fast adductor ใช้ว่ายน้ำ โดยส่วนเท้า (Foot) พัดโบกไปมาช่วยเคลื่อนที่ อีกชุดเป็นใยกล้ามเนื้อเรียบหดตัว

ได้ช้า เป็น slow adductor ใช้ในการปิดเปลือกหอย ปัญหาที่หอยหดตัวได้นานในเปลือก เรายังไม่ทราบกลไกโดยละเอียด เพียงแต่คาดว่ามีการเปลี่ยนแปลงระดับโมเลกุลเพื่อป้องกันการหลุดของ Crossbridge filament หรือ อยู่ในช่วงส่งคลื่นสัญญาณในกล้ามเนื้อ (สงศรี, 2533)

ในการทดลองครั้งนี้ ถ้าหอยนางรมมีพฤติกรรมการเปิดและปิดเปลือกเป็นจังหวะเหมือนชุดควบคุม ในขณะที่หอยนางรมแช่อยู่ในสารละลายยูจีนอล พบว่าสารละลายยูจีนอลสามารถทำให้หอยนางรมสลบได้ ซึ่งมีผู้ศึกษาผลของสารยูจีนอลต่อการสลบสัตว์น้ำ เช่น สารยูจีนอลที่พบในน้ำมันกานพลู สามารถทำให้ปลา น้ำจืดหลายชนิดสลบได้ โดยไม่ทำให้ปลาเกิดอันตราย หรือตาย (นาวิน และคณะ, 2549) ส่วนการศึกษาของ ดนัย และคณะ (2551) ทำการศึกษาความเป็นพิษ และประสิทธิภาพของน้ำมันกานพลูในการสลบปลากัดจีน พบว่าน้ำมันกานพลูความเข้มข้น 21.77 ppm. จะทำให้เกิดการตายของปลากัดจีนครั้งหนึ่งในเวลา 24 ชั่วโมง และที่ความเข้มข้น 15 ppm. เป็นระดับความเข้มข้นที่เหมาะสมในการสลบปลากัดจีนมากที่สุดทำให้ปลากัดจีนสลบในเวลา 10 นาที และนานถึง 24 ชั่วโมง โดยปลาสามารถฟื้นได้ในเวลาไม่เกิน 5 นาที และมีสภาพร่างกายเป็นปกติและสุขภาพดี นอกจากนี้ยูจีนอลสังเคราะห์ยังทำให้ลูกปลานิล (*Oreochromis niloticus* Linn.) สลบที่ระดับความเข้มข้น 20 ppm. ในเวลา 3.40 ± 0.14 นาที (อุทร และคณะ, 2552) และการศึกษาของ John *et al.* (1996) ยังพบว่า การใช้น้ำมันกานพลู ที่ความระดับเข้มข้น 1.5 ml/L สามารถทำให้กล้ามเนื้อของ pearl oyster *Pinctada albino* (L) เกิดการคลายตัว และจากการศึกษาดังกล่าว ทำให้ทราบว่า น้ำมันกานพลู และยูจีนอล นั้นยังมีคุณสมบัติช่วยในการสลบสัตว์น้ำ แต่จากผลการทดลองครั้งนี้ พบว่าการใช้สารละลายยูจีนอล 0.24 ml/L ช่วยทำให้แกะเปลือกหอยนางรมได้สำเร็จแต่ไม่ดีเท่าที่ควร เพราะอาจขึ้นอยู่กับลักษณะทางกายภาพของหอยนางรม ที่เป็นสัตว์ไม่มีกระดูกสันหลัง แต่มีเปลือกแข็ง และหนาหุ้มภายนอกตัวไว้ (วันทนา และคณะ, 2544) จึงส่งผลให้หอยนางรมสามารถหลีกเลี่ยงจากสารที่ไม่ต้องการสัมผัสได้ โดยการปิดเปลือกสนิท ดังนั้นการใช้สารยูจีนอลทำให้หอยนางรมสลบเพื่อให้ง่ายต่อการแกะเปลือกจึงทำได้ยากกว่าปลานั้นเอง

การศึกษาหาระดับความเข้มข้นที่เหมาะสมของเมนทอลในการคลายกล้ามเนื้อยึดเปลือกของหอยนางรมมีชีวิตเพื่อให้ง่ายต่อการแกะเปลือกหอย

จากการทดลอง ครั้งที่ 1 ศึกษาความเข้มข้นของการใช้สารละลายเมนทอล ในช่วงกว้าง ตั้งแต่ 0 ถึง 100 g/L พบว่า ที่เวลา 5 นาที ในทุกชุดการทดลอง หอยนางรมมีพฤติกรรมการปิดเปลือกสนิท แม้แต่ชุดควบคุม จึงทำการขยายเวลาออกเป็น 30 นาที พบว่า ที่ระดับความเข้มข้น 0, 1, 10 และ 100 g/L ไม่สามารถช่วยให้แกะเปลือกหอยนางรมได้สำเร็จ (ตารางที่ 1.2.1) แต่ที่ระดับความเข้มข้น 0.01 และ 0.1 g/L สามารถช่วยให้แกะเปลือกหอยนางรมได้สำเร็จ (หอยนางรมมีเปลือกอ้าค้าง) 3.3 เปอร์เซ็นต์ (ตารางที่ 1.2.1) และพบว่าที่ความเข้มข้นของเมนทอล 0.1 g/L ในบางซ้ำของชุดทดลองหอยนางรมมีทั้งที่แสดงพฤติกรรมปิดเปลือกสนิท และการเปิดและปิดเปลือกเป็นจังหวะเหมือนชุดควบคุม ส่วนที่ระดับความเข้มข้น 1, 10 และ 100 g/L หอยนางรมปิดเปลือกสนิท เนื่องจากหอยนางรมเป็นหอยสองฝา จึงมีระบบประสาทรับสัมผัสอยู่บริเวณแมนเทิล นั่นก็คือ เทนเทคิล (tentacle) ซึ่งเทนเทคิลมีเซลล์รับความรู้สึกทางสัมผัส และทางเคมี นอกจากนี้ยังมีออสเฟรเดียม (osphradium) ซึ่งอยู่บริเวณใต้กล้ามเนื้อแอดคัลเตอร์ส่วนหลังที่อยู่ในไซฟอน นำน้ำออก จะทำหน้าที่ทดสอบสารเคมีที่อยู่ในน้ำที่ผ่านเข้าไปในช่องแมนเทิล (สุชาติ และคณะ, 2538) ทำให้หอยนางรมรับรู้ได้ถึงสิ่งแปลกปลอมที่ละลายอยู่ในน้ำ จึงทำให้เกิดพฤติกรรมการปิดเปลือกสนิท และหอยสามารถรักษาสภาพการหดตัวได้เป็นชั่วโมง และเป็นวัน ซึ่งหอยจะอยู่ในสภาวะขาดออกซิเจน และในกลุ่มนี้จะพบโปรตีน Tropomyosin A ที่สัตว์อื่น ๆ ไม่มี ยกตัวอย่างเช่น การใช้แขนของปลาฉลามในการเปิดฝาหอยดึงเนื้อหอยเป็นอาหาร เป็นการทดสอบการทำงานของกล้ามเนื้อหอยว่าจะอดทนแค่ไหน (สงศรี, 2533) ดังนั้น ในการทดลองครั้งที่ 2 เพื่อหาความเข้มข้นของเมนทอล ในช่วงแคบ จึงเลือกความเข้มข้นของเมนทอลที่ 0.01 ถึง 0.1 g/L ในการศึกษาต่อไป

ตารางที่ 1.2.1 จำนวนหอยนางรมที่แกะเปลือกได้สำเร็จ (เปอร์เซ็นต์) หลังจากแช่ด้วยเมนทอลที่ความเข้มข้น 0.01 ถึง 100 g/L

ความเข้มข้นของ เมนทอล (g/L)	จำนวนหอยนางรมที่ แกะเปลือกได้สำเร็จ (เปอร์เซ็นต์)	พฤติกรรมของหอยนางรม
0	0	มีการเปิดและปิดเปลือกเป็น
0.01*	3.3	จิ้งหะ
0.1*	3.3	บางซ้าของชุดทดลองหอย นางรมมีพฤติกรรมปิด เปลือกสนิท และบางซ้าของ ชุดทดลองหอยนางรมมีการ เปิดและปิดเปลือกเป็น จิ้งหะ
1	0	
10	0	เปลือกหอยปิดสนิท
100	0	

หมายเหตุ * หมายถึง ความเข้มข้นของเมนทอลที่นำมาใช้ในการทดลองครั้งต่อไป

การศึกษาหาระดับความเข้มข้นที่เหมาะสมของเมนทอลในการคลายกล้ามเนื้อยึดเปลือกของหอยนางรมมีชีวิตเพื่อให้ง่ายต่อการแกะเปลือกหอย ครั้งที่ 2 พบว่าที่ระดับความเข้มข้นของสารละลายเมนทอลเท่ากับ 0, 0.01, 0.025, 0.05, 0.075 และ 0.1 g/L ช่วยให้สามารถแกะเปลือกหอยนางรมได้สำเร็จ (เปลือกหอยนางรมมีลักษณะอ้าค้าง) เท่ากับ 6.7, 0.0, 6.7, 16.7, 6.7 และ 3.3 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ (ตารางที่ 1.2.2) เมื่อสังเกตพฤติกรรมของหอยนางรม พบว่าสารละลายเมนทอลในทุกะดับความเข้มข้น หอยนางรมจะมีพฤติกรรมการ เปิดและปิดเปลือกเป็นจังหวะเหมือนชุดควบคุม มีการดูดน้ำเข้าสู่เหงือก และพ่นน้ำออก แต่ในชุดควบคุมกลับพบว่า หอยนางรมมีการอ้าค้างของเปลือก จึงสรุปได้ว่าหอยนางรมที่นำมาทำการทดลองในครั้งนี้อยู่ในสภาพที่อ่อนแอโดยสังเกตจากพฤติกรรมข้างต้น ดังนั้นในการทดลองครั้งที่ 3 เพื่อหาความเข้มข้นของเมนทอล ที่ทำให้หอยนางรมคลายกล้ามเนื้อยึดเปลือกในช่วงแคบ จึงเลือกใช้ความเข้มข้นของสารละลายเมนทอล ที่ระดับความเข้มข้น 0.1 ถึง 1 g/L จากการทดลองในครั้งนี้ พบว่าทุกชุดการทดลอง หอยนางรมมีพฤติกรรมการเปิดและปิดเปลือกเป็นจังหวะเหมือนชุดควบคุม และที่ระดับความเข้มข้นของเมนทอล 0.01 ถึง 0.1 g/L น่าจะมีความเข้มข้นต่ำเกินไป จึงไม่ส่งผลทำให้คลายกล้ามเนื้อยึดเปลือกหอยนางรมมีชีวิตได้ โดยผลการทดลองที่ได้ในการทดลองครั้งนี้ น่าจะคลาดเคลื่อน เนื่องจากในชุดควบคุมก็สามารถแกะเปลือกหอยได้ถึง 6.7 เปอร์เซ็นต์ ซึ่งเป็นค่าใกล้เคียงกับผลการทดลองอื่น ๆ ซึ่งสอดคล้องกับการศึกษาเบื้องต้น ของ John *et al.* (1996) พบว่าการใช้เมนทอลแบบเกลือที่มีความเข้มข้น 2 ระดับ คือ 0.25 และ 1.0 g/L จะส่งผลให้หอย *Pinctada albino* (L) แสดงการคลายกล้ามเนื้อได้ เมื่อแช่หอยไว้นาน 1 ชั่วโมง ที่อุณหภูมิ 25°C pH ของน้ำ เท่ากับ 8

ตารางที่ 1.2.2 จำนวนหอยนางรมที่แกะเปลือกได้สำเร็จ (เปอร์เซ็นต์) หลังจากแช่ด้วยเมนทอลที่ความเข้มข้น 0.01 ถึง 0.1 g/L

ความเข้มข้นของเมนทอล (g/L)	จำนวนหอยนางรมที่แกะ เปลือกได้สำเร็จ (เปอร์เซ็นต์)	พฤติกรรมของหอยนางรม
0	6.7	
0.01	0	
0.025	6.7	มีการเปิดและปิดเปลือกเป็น
0.05	16.7	จังหวะ
0.075	6.7	
0.1	3.3	

การศึกษาหาระดับความเข้มข้นที่เหมาะสมของเมนทอลในการคลายกล้ามเนื้อยึดเปลือกของหอยนางรมมีชีวิตเพื่อให้่ายต่อการแกะเปลือกหอย ครั้งที่ 3 ที่ระดับความเข้มข้น 0.1 ถึง 1 g/L พบว่าความเข้มข้นของสารละลายเมนทอล 0.1 และ 0.25 g/L สามารถช่วยให้แกะเปลือกหอยนางรมได้สำเร็จ (หอยนางรมมีเปลือกอ้าค้าง) เท่ากับ 13.3 และ 3.3 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ ส่วนที่ความเข้มข้น 0, 0.5, 0.75 และ 1 g/L ไม่สามารถช่วยให้แกะเปลือกหอยนางรมได้สำเร็จ (ตารางที่ 1.2.3) เมื่อสังเกตพฤติกรรมของหอยนางรม พบว่าที่ความเข้มข้นของสารละลายเมนทอลเท่ากับ 0 และ 0.1 g/L หอยนางรมมีพฤติกรรมการเปิดและปิดฝาเปลือกเป็นจังหวะ และที่ความเข้มข้นของสารละลายเมนทอล 0.25, 0.5 และ 0.75 g/L หอยนางรมในแต่ละซ้ำที่ทำการทดลอง แสดงพฤติกรรมที่แตกต่างกัน คือพบการแสดงพฤติกรรมเปลือกปิดสนิท และพฤติกรรมการเปิดและปิดเปลือกเป็นจังหวะเหมือนหูดควบคุม ส่วนที่ความเข้มข้นของสารละลายเมนทอลเท่ากับ 1 g/L หอยนางรมมีพฤติกรรมปิดเปลือกสนิทเหมือนในการทดลองครั้งที่ 3 เป็นไปได้ว่าที่ระดับความเข้มข้นของสารละลายเมนทอล 0.1 ถึง 1 mg/L หอยนางรมสามารถรับสัมผัสทางเคมีได้ จึงส่งผลให้เกิดพฤติกรรมการปิดเปลือกสนิท ถ้าเพิ่มระยะเวลาในการแช่หอยนางรมให้นานขึ้น น่าจะทำให้สามารถช่วยแกะเปลือกหอยนางรมได้สำเร็จสูงขึ้น ดังการศึกษาของ John *et al.* (1996) พบว่า การใช้เมนทอลแบบเกลือความเข้มข้น 0.25 และ 1.0 g/L ทำให้หอย *Pinctada albino* (L) คลายกล้ามเนื้อได้ เมื่อแช่หอยไว้นาน 1 ชั่วโมง ที่อุณหภูมิ 25°C pH ของน้ำ เท่ากับ 8 และมีการศึกษาเพื่อปรับปรุงประสิทธิภาพการฝังมุก โดยเลือกใช้ Propylene phenoxetol (1 - phenoxy - propan - 2 - ol) เป็นสารคลายกล้ามเนื้อ โดยเลือกกำหนดผลกระทบ เมื่อเปลี่ยนแปลงความเข้มข้น อุณหภูมิของน้ำ ระยะเวลาในการแช่ และขนาดเปลือกต่อระยะเวลาการคลายกล้ามเนื้อ การฟื้นคืนสภาพ และการรอดตาย หลังจากแช่ไปแล้ว 7 วัน พบว่ามีการตอบสนองของหอยทั้งสองชนิด คือ *P. albino* และ *P. margaritifera* ที่ความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ เมื่อความเข้มข้นเพิ่มขึ้น ส่งผลให้เวลาในการคลายกล้ามเนื้อลดลง ในขณะที่เวลาในการฟื้นคืนสภาพเพิ่มขึ้น ถ้าเพิ่มช่วงเวลากการสัมผัสสารคลายกล้ามเนื้อ จะเป็นการเพิ่มเวลาในการฟื้นคืนสภาพด้วยเช่นเดียวกัน การเพิ่มอุณหภูมิ ตั้งแต่ 21 - 25 °C ทำให้ลดเวลาการคลายกล้ามเนื้อ และลดเวลาการฟื้นคืนสภาพ และไม่มีความสัมพันธ์กันในเรื่องขนาดของเปลือกหอยต่อระยะเวลาการคลายกล้ามเนื้อ และพบว่าหลังจากใช้ propylene phenoxetol จะไม่มีการตายของหอยเมื่อเวลาผ่านไป 7 วัน

ดังนั้น ในการทดลองครั้งที่ 4 เพื่อหาความเข้มข้นของสารละลายเมนทอล ที่ทำให้หอยนางรมคลายกล้ามเนื้อยึดเปลือกในช่วงแคบ จึงเลือกใช้ความเข้มข้นของสารละลายเมนทอลที่ระดับความเข้มข้น 0.1 ถึง 0.25 g/L เพราะที่ความเข้มข้นของสารละลายเมนทอล 0.1 g/L หอยนางรมแสดงพฤติกรรมการเปิดและปิดเปลือกเป็นจังหวะเหมือนหูดควบคุม และที่ความเข้มข้นของสารละลายเมนทอล 0.25 g/L หอยนางรมแสดงพฤติกรรมแตกต่างกันในแต่ละซ้ำของการทดลอง คือ มีทั้งที่แสดงการปิดเปลือกสนิท และแสดงการเปิดและปิดเปลือกเป็นจังหวะเหมือนหูดควบคุม และทั้งสองระดับความเข้มข้นยังเป็นช่วงที่ช่วยให้สามารถแกะ

เปลือกหอยนางรมได้สำเร็จมากที่สุด แต่ในการทดลองครั้งที่ 4 ต้องการระดับความเข้มข้นของสารละลายเมนทอล 5 ระดับ เพื่อให้่ายต่อการแบ่งระดับความเข้มข้น จึงทำการแบ่งระดับความเข้มข้นห่างกัน 0.04 g/L ดังนั้น ในการทดลองครั้งที่ 4 จึงมีความเข้มข้นของเมนทอลในช่วง 0.1 ถึง 0.26 g/L

ตารางที่ 1.2.3 จำนวนหอยนางรมที่แกะเปลือกได้สำเร็จ (เปอร์เซ็นต์) หลังจากแช่ด้วยเมนทอลที่ความเข้มข้น 0.1 ถึง 1 g/L

ความเข้มข้นของเมนทอล (g/L)	จำนวนหอยนางรมที่แกะเปลือกได้สำเร็จ (เปอร์เซ็นต์)	พฤติกรรมของหอยนางรม
0	0	มีการเปิดและปิดเปลือกเป็น
0.1*	13.3	จิ้งหะ
0.25*	3.3	เปลือกปิดสนิท และมีการ
0.5	0	เปิดและปิดเปลือกเป็น
0.75	0	จิ้งหะ
1	0	เปลือกปิดสนิท

หมายเหตุ * หมายถึง ความเข้มข้นของสารละลายเมนทอลที่นำมาใช้ในการทดลองครั้งต่อไป

การศึกษาหาระดับความเข้มข้นที่เหมาะสมของเมนทอลในการคลายกล้ามเนื้อยึดเปลือกของหอยนางรมมีชีวิตเพื่อให้ง่ายต่อการแกะเปลือกหอย ครั้งที่ 4 ที่ระดับความเข้มข้น 0.1 ถึง 0.26 g/L พบว่าความเข้มข้นของสารละลายเมนทอลทุกความเข้มข้น ไม่สามารถช่วยให้แกะเปลือกหอยนางรมได้สำเร็จ (ตารางที่ 12.4) เมื่อสังเกตพฤติกรรม พบว่าที่ความเข้มข้น 0 และ 0.1 g/L หอยนางรมมีพฤติกรรม การเปิดและปิดเปลือกเป็นจังหวะ แต่ที่ระดับความเข้มข้นของสารละลายเมนทอล 0.14, 0.18, 0.22 และ 0.26 g/L หอยนางรมนั้นจะแสดงพฤติกรรม 2 แบบคือ การปิดฝาเปลือกสนิท และเปิดและปิดเปลือกเป็นจังหวะเหมือนชุดควบคุม

จากผลการทดลองนี้ สอดคล้องกับการทดลองของ Héctor และ Megan (2007) เรื่อง การกระตุ้นการคลายกล้ามเนื้อในหอย queen conch *Strombus gigas* (L.) เพื่อการผลิตมุก พบว่าหอย *S. gigas* ที่สัมผัสเมนทอล 0.25 g/L หอยจะแสดงพฤติกรรมการย้ายหนีจากตำแหน่งเดิม ในช่วงเวลา 2 – 7 นาทีที่สัมผัสกับเมนทอล แต่หลังจากนั้น หอยจะหดตัวกลับเข้าไปภายในเปลือก และภายใน 30 นาทีที่สัมผัสเมนทอล หอยจะไม่แสดงการคลายกล้ามเนื้อ โดยจะแสดงพฤติกรรมการหดแมนเทิล การคลายกล้ามเนื้อเท้า และการตอบสนองอย่างช้า ซึ่งเป็นการแสดงออกทางกายภาพของหอย

ดังนั้น ในการทดลองครั้งที่ 5 เพื่อหาความเข้มข้นของเมนทอลที่ทำให้หอยนางรมคลายกล้ามเนื้อยึดเปลือก ในช่วงแคบครั้งสุดท้าย จึงเลือกใช้ความเข้มข้นของเมนทอล ที่ระดับความเข้มข้น 0.1 ถึง 0.14 g/L เพราะที่ความเข้มข้นของสารละลายเมนทอล 0.1 g/L หอยนางรมได้แสดงพฤติกรรมการเปิดและปิดเปลือกเป็นจังหวะเหมือนชุดควบคุม และที่ความเข้มข้นของสารละลายเมนทอล 0.14 g/L เป็นระดับความเข้มข้นต่ำที่สุด ที่หอยนางรมแสดงพฤติกรรม 2 แบบ คือ การปิดเปลือกสนิท และแสดงพฤติกรรม การเปิดและปิดเปลือกเป็นจังหวะเหมือนชุดควบคุม ในช่วงความเข้มข้นดังกล่าวน่าจะเป็นช่วงที่เหมาะสม ที่จะทำให้หอยนางรมมีการคลายกล้ามเนื้อยึดเปลือกได้ดี

ตารางที่ 1.2.4 จำนวนหอยนางรมที่แกะเปลือกได้สำเร็จ (เปอร์เซ็นต์) หลังจากแช่ด้วยเมนทอลที่ความเข้มข้น 0.10 ถึง 0.26 g/L

ความเข้มข้นของเมนทอล (g/L)	จำนวนหอยนางรมที่แกะ เปลือกได้สำเร็จ (เปอร์เซ็นต์)	พฤติกรรมของหอยนางรม
0	0	การเปิดและปิดเปลือกเป็น
0.10*	0	จิ้งหะ
0.14*	0	หอยนางรมแสดงพฤติกรรม
0.18	0	ปิดเปลือกสนิท และมีการเปิด
0.22	0	และปิดเปลือกเป็นจิ้งหะ
0.26	0	

หมายเหตุ * หมายถึง ความเข้มข้นของเมนทอลที่นำมาใช้ในการทดลองครั้งต่อไป

การศึกษาหาระดับความเข้มข้นที่เหมาะสมของเมนทอลในการคลายกล้ามเนื้อยึดเปลือกของหอยนางรมมีชีวิตเพื่อให้ง่ายต่อการแกะเปลือกหอย ครั้งที่ 5 ที่ระดับความเข้มข้น 0.1 ถึง 0.14 g/L พบว่า ทุกความเข้มข้นของสารละลายเมนทอล ไม่สามารถช่วยให้แกะเปลือกหอยนางรมได้สำเร็จ (ตารางที่ 1.2.5) เมื่อสังเกตพฤติกรรม พบว่าที่ความเข้มข้นของสารละลายเมนทอล 0, 0.12 และ 0.14 g/L หอยนางรมแสดงพฤติกรรมการเปิดและปิดเปลือกเป็นจังหวะ และที่ความเข้มข้นของสารละลายเมนทอล 0.10, 0.11 และ 0.13 g/L ในแต่ละซ้ำของชุดการทดลอง หอยนางรมแสดงพฤติกรรมทั้ง 2 แบบ คือ ปิดเปลือกสนิท และการเปิดและปิดเปลือกเป็นจังหวะเหมือนชุดควบคุม

ตารางที่ 1.2.5 จำนวนหอยนางรมที่แกะเปลือกได้สำเร็จ (เปอร์เซ็นต์) หลังจากแช่ด้วยเมนทอลที่ความเข้มข้น 0.1 ถึง 0.14 g/L

ความเข้มข้นของเมนทอล (g/L)	จำนวนหอยนางรมที่แกะเปลือกได้สำเร็จ (เปอร์เซ็นต์)	พฤติกรรมของหอยนางรม
0	0	การเปิดและปิดเปลือกเป็นจังหวะ
0.10	0	มีทั้งที่เปลือกปิดสนิท และมีการเปิด
0.11	0	และปิดเปลือกเป็นจังหวะ
0.12	0	การเปิดและปิดเปลือกเป็นจังหวะ
0.13	0	มีทั้งที่เปลือกปิดสนิท และมีการเปิด
0.14	0	และปิดเปลือกเป็นจังหวะ
0.14	0	การเปิดและปิดเปลือกเป็นจังหวะ

จากการทดลองทั้ง 5 ครั้ง สรุปได้ว่า สารละลายเมนทอล ช่วยทำให้สามารถแกะเปลือกหอยนางรมได้สำเร็จ โดยมีช่วงระดับความเข้มข้นตั้งแต่ 0.01 ถึง 0.25 g/L แช่หอยนางรมนาน 30 นาที โดยสามารถช่วยให้แกะเปลือกหอยนางรมได้สำเร็จสูงสุดเพียง 16.7 เปอร์เซ็นต์ ซึ่งเมนทอลเป็นสารอีกชนิดหนึ่งที่มีฤทธิ์ในการช่วยคลายกล้ามเนื้อเปลือกหอย ดังการทดลองของ John *et al.* (1996) ที่พบว่าการใช้เมนทอลแบบเกล็ดที่ระดับความเข้มข้น 0.25 และ 1.0 g/L และเมนทอลแบบน้ำที่ระดับความเข้มข้น 0.25 ถึง 0.4 ml/L โดยแช่หอยนางรม 1 ชั่วโมง ซึ่งแตกต่างจากการทดลองในครั้งนี้นี้ ที่แช่หอยนางรม 30 นาที โดยระยะเวลาในการแช่ที่นานขึ้น อาจจะส่งผลโดยตรงต่อโอกาสในการสัมผัสสาร และจากผลการทดลองในครั้งนี้นี้ ให้ผลการแกะเปลือกได้สำเร็จไม่ดีเท่าที่ควร

ศึกษาหาระดับความเข้มข้นที่เหมาะสมของดีเกลือ (แมกนีเซียมซัลเฟต, $MgSO_4$) ในการคลายกล้ามเนื้อยึดเปลือกของหอยนางรมมีชีวิตเพื่อให้ง่ายต่อการแกะเปลือกหอย

จากการทดลองหาระดับความเข้มข้นที่เหมาะสมของสารออกฤทธิ์ในการคลายกล้ามเนื้อยึดเปลือกของหอยนางรมมีชีวิตเพื่อให้ง่ายต่อการแกะเปลือกหอย ครั้งที่ 1 ศึกษาความเข้มข้นของการใช้สารละลายดีเกลือ ในช่วงกว้าง ตั้งแต่ 0 ถึง 100 g/L พบว่าที่เวลา 5 นาที ในทุกชุดการทดลอง หอยนางรมไม่แสดงพฤติกรรมการเปิดเปลือกเลย แม้แต่ชุดควบคุม จึงได้ทำการขยายเวลาเป็น 30 นาที และพบว่าที่ระดับความเข้มข้นของสารละลายดีเกลือ 0 ถึง 10 g/L ไม่สามารถช่วยให้แกะเปลือกหอยนางรมได้สำเร็จ (ตารางที่ 1.3.1) แต่ที่ระดับความเข้มข้นของสารละลายดีเกลือ 100 g/L สามารถช่วยให้แกะเปลือกหอยนางรมได้สำเร็จ (เปลือกหอยมีลักษณะอ้าค้าง) เท่ากับ 33.3 เปอร์เซ็นต์ (ตารางที่ 1.3.1) เมื่อสังเกตพฤติกรรมของหอยนางรม ที่ความเข้มข้นของสารละลายดีเกลือเท่ากับ 0 ถึง 10 g/L หอยนางรมมีพฤติกรรมการเปิดและปิดเปลือกเป็นจังหวะ แต่เมื่อครบเวลา 30 นาที นำคีมถ่างไปแกะบริเวณเปลือกที่อ้าออก กลับพบว่าหอยนางรมมีพฤติกรรมรีบปิดเปลือกทันที ทำให้ไม่สามารถแกะเปลือกออกได้ ส่วนที่ความเข้มข้นของสารละลายดีเกลือ 100 g/L จะพบว่าถ้าในเช้าของชุดการทดลองใด ที่เราสามารถแกะเปลือกหอยได้ หอยนางรมจะแสดงพฤติกรรมการเปิดและปิดเปลือกเป็นจังหวะเหมือนชุดควบคุม แต่ในเช้าของชุดการทดลองใดที่ไม่สามารถแกะเปลือกหอยนางรมได้สำเร็จ หอยนางรมจะแสดงพฤติกรรมการปิดฝาเปลือกสนิท เป็นไปได้ว่าที่ระดับความเข้มข้นของสารละลายดีเกลือ 100 g/L หอยนางรมสามารถรับรู้ได้ถึงสิ่งแปลกปลอมที่ละลายปนมากับน้ำ โดยหอยสองฝาจะมีอวัยวะรับสัมผัสส่วนใหญ่อยู่ที่ลอนชั้นกลางของขอบแมนเทิล ในหอยสองฝาชนิดที่ขอบแมนเทิล มีเทนเทคิล ซึ่งประกอบด้วยเซลล์รับสัมผัส เซลล์รับสารเคมี และบริเวณใต้กล้ามเนื้อแอดดักเตอร์ส่วนหลังที่อยู่ในไซฟอนนำน้ำออกนั้นจะมีอวัยวะรับสัมผัส เรียกว่า ออสเฟรเดียม ซึ่งทำหน้าที่ทดสอบสารเคมีที่อยู่ในน้ำที่ผ่านเข้าไปในช่องแมนเทิล (สุชาติ และคณะ, 2538) จึงทำให้หอยนางรมปิดฝาเปลือกสนิท เพื่อกันไม่ให้สารแปลกปลอมเข้าสู่ร่างกาย

ดังนั้น ในการทดลองครั้งที่ 2 เพื่อหาความเข้มข้นของสารละลายดีเกลือ ในช่วงแคบจึงเลือกความเข้มข้นของสารละลายดีเกลือที่ 10 ถึง 100 g/L เพราะในช่วงระดับความเข้มข้นดังกล่าวนี้ สามารถช่วยให้แกะเปลือกหอยได้สำเร็จสูงสุด และหอยนางรมแสดงพฤติกรรม 2 แบบ คือ อ้าเปลือกค้าง และการเปิดและปิดเปลือกเป็นจังหวะเหมือนชุดควบคุม

ตารางที่ 1.3.1 จำนวนหอยนางรมที่แกะเปลือกได้สำเร็จ (เปอร์เซ็นต์) หลังจากแช่ด้วยดีเกลือที่ความเข้มข้น 0.01 ถึง 100 g/L

ความเข้มข้นของดีเกลือ (g/L)	จำนวนหอยนางรมที่ แกะเปลือกได้สำเร็จ (เปอร์เซ็นต์)	พฤติกรรมของหอยนางรม
0	0	
0.01	0	การเปิดและปิดเปลือกเป็น จังหวะ
0.1	0	
1	0	
10*	0	
100*	33.3	หอยนางรมที่แกะเปลือกได้ สำเร็จแสดงพฤติกรรม การ เปิดและปิดเปลือกเป็น จังหวะเหมือนชุดควบคุม แต่หอยนางรมที่แกะเปลือก ไม่ได้แสดงพฤติกรรมปิด เปลือกสนิท

หมายเหตุ * หมายถึง ความเข้มข้นของดีเกลือที่นำมาใช้ในการทดลองครั้งต่อไป

การศึกษาหาระดับความเข้มข้นที่เหมาะสมของดีเกลือในการคลายกล้ามเนื้อยึดเปลือกของหอยนางรมมีชีวิตเพื่อให้ง่ายต่อการแกะเปลือกหอย ครั้งที่ 2 ที่ระดับความเข้มข้นของสารละลายดีเกลือ 10 ถึง 100 g/L พบว่าความเข้มข้นของสารละลายดีเกลือที่ 0, 10, 32.5, 55, 77.5 และ 100 g/L สามารถช่วยให้แกะเปลือกได้สำเร็จเท่ากับ 0, 3.3, 10.0, 56.7, 16.7 และ 20.0 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ (ตารางที่ 1.3.2) เมื่อสังเกตพฤติกรรม พบว่าหอยนางรมที่แช่ในสารละลายดีเกลือ ที่ความเข้มข้น 32.5, 55, 77.5 และ 100 g/L แสดงพฤติกรรมการเปิดและปิดเปลือกเป็นจังหวะเหมือนชุดควบคุม แต่การปิดเปลือกจะช้าลง จึงทำให้เราสามารถแกะเปลือกหอยนางรมได้สำเร็จ แต่ในชุดควบคุมหอยนางรมแสดงพฤติกรรมการเปิดและปิดเปลือกเป็นจังหวะดังเช่นในการทดลองก่อนหน้านี้ซึ่งเป็นปกติ จากพฤติกรรมของหอยนางรมที่แสดงอาการในเรื่องปิดฝาเปลือกช้าลง ทำให้ทราบว่า ดีเกลือ หรือแมกนีเซียมซัลเฟต ($MgSO_4$) มีส่วนทำให้เกิดการคลายกล้ามเนื้อยึดเปลือก เนื่องจากแมกนีเซียมซัลเฟตออกฤทธิ์เป็นยาสลบ ดังการศึกษาของ Hermien *et al.* (1996) ที่ได้ทำการทดสอบทั้ง *in vitro* และ *in vivo* ใน *Haliotis midae* ด้วยสาร 4 ชนิด คือ แมกนีเซียมซัลเฟต 2 – phenoxyethanol EDTA (ethylenediaminetetraacetic acid disodium) และ procain hydrochloride พบว่า ทั้งหมดที่ทดลองใน *in vitro* กล้ามเนื้อทาร์ซัล (tarsal muscle) จะเกิดการคลายตัว ประสิทธิภาพของความเข้มข้นของสารส่วนมากขึ้นอยู่กับขนาดของ *Haliotis midae* ที่ทดสอบ (ขนาดที่ทดสอบ ได้แก่ 5 - 15 mm., 20 - 50 mm. และ 60 - 90 mm.) ในการทดลองมีการใช้แมกนีเซียมซัลเฟตที่ระดับความเข้มข้น 4, 14 และ 22 g/100 ml และ 2 – phenoxyethanol ที่ระดับความเข้มข้น 0.05, 0.2 และ 0.3 ml/100 ml ตามลำดับ

ในการทดลองครั้งที่ 3 เพื่อหาความเข้มข้นของดีเกลือที่ทำให้หอยนางรมเกิดการคลายกล้ามเนื้อยึดเปลือกในช่วงแคบ จึงเลือกใช้ความเข้มข้นของสารละลายดีเกลือที่ระดับความเข้มข้น 32.5 ถึง 77.5 g/L เนื่องจากที่ระดับความเข้มข้นดังกล่าว หอยนางรมจะแสดงพฤติกรรมการเปิดและปิดเปลือกเป็นจังหวะ และมีการปิดเปลือกช้าลง ทำให้แกะเปลือกหอยนางรมได้สำเร็จ ดังนั้นในช่วงความเข้มข้นของสารละลายดีเกลือดังกล่าวที่เลือก น่าจะเป็นช่วงความเข้มข้นของสารละลายดีเกลือที่เหมาะสมที่สุด ที่ทำให้สามารถแกะเปลือกหอยนางรมได้สำเร็จ จึงแบ่งระดับความเข้มข้นของสารละลายดีเกลือออกเป็น 5 ระดับ เท่าๆ กัน จึงต้องแบ่งช่วงความเข้มข้น โดยการเพิ่มความเข้มข้นของสารละลายดีเกลือระดับละ 11 g/L ในการทดลองครั้งที่ 3 ต่อไป

ตารางที่ 1.3.2 จำนวนหอยนางรมที่แกะเปลือกได้สำเร็จ (เปอร์เซ็นต์) หลังจากแช่ด้วยดีเกลือที่ความเข้มข้น 10 ถึง 100 g/L

ความเข้มข้นของดีเกลือ (g/L)	จำนวนหอยนางรมที่แกะ เปลือกได้สำเร็จ (เปอร์เซ็นต์)	พฤติกรรมของหอยนางรม
0	0	การเปิดและปิดเปลือกเป็น
10	3.3	จิ้งหะ
32.5*	10.0	การเปิดและปิดเปลือกเป็น
55	56.7	จิ้งหะเหมือนชุดควบคุม แต่
77.5*	16.7	ระยะเวลาในการปิดเปลือก
100	20.0	ช้าลง

หมายเหตุ * หมายถึง ความเข้มข้นของดีเกลือที่นำมาใช้ในการทดลองครั้งต่อไป

การศึกษาหาระดับความเข้มข้นที่เหมาะสมของดีเกลือในการคลายกล้ามเนื้อเย็บปิดของหอยนางรมมีชีวิตเพื่อให้ง่ายต่อการแกะเปลือกหอย ครั้งที่ 3 ที่ระดับความเข้มข้นของสารละลายดีเกลือ 32.5 ถึง 76.5 g/L พบว่าความเข้มข้นของดีเกลือที่ 0, 32.5, 43.5, 54.5, 65.5 และ 76.5 g/L สามารถช่วยให้แกะเปลือกหอยได้สำเร็จ เท่ากับ 0, 10.0, 30.0, 10.0, 6.7 และ 0.0 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ (ตารางที่ 1.3.3) เมื่อสังเกตพฤติกรรม พบว่าที่ความเข้มข้นของสารละลายดีเกลือเท่ากับ 0 g/L หอยนางรมในบางซ้าแสดงพฤติกรรมปิดฝาเปลือกสนิท และบางซ้าแสดงพฤติกรรมการเปิดและปิดเปลือกเป็นจังหวะ ซึ่งจากพฤติกรรมการปิดฝาเปลือกสนิทในชุดควบคุมนั้น เป็นพฤติกรรมที่แสดงถึงความไม่ปกติของหอยนางรม เนื่องจากหอยนางรมมีความไวต่อประสาทสัมผัสสูงกว่าปกติ ซึ่งอาจส่งผลต่อเปอร์เซ็นต์การแกะเปลือกหอยนางรมได้สำเร็จในชุดการทดลองอื่น ๆ ด้วย เนื่องจากหอยนางรมปิดเปลือกสนิทไม่ยอมรับน้ำเข้าสู่ร่างกาย ที่ความเข้มข้นของดีเกลือเท่ากับ 32.5, 43.5, 54.5 และ 65.5 g/L หอยนางรมแสดงพฤติกรรมการเปิดและปิดเปลือกเป็นจังหวะเหมือนชุดควบคุม แต่ระยะเวลาในการปิดเปลือกช้าลง แต่ที่ความเข้มข้นของดีเกลือ 76.5 g/L หอยนางรมแสดงการปิดเปลือกสนิท ซึ่งแสดงให้เห็นว่าที่ความเข้มข้นในระดับนี้ หอยนางรมสามารถรับรู้ได้ถึงสิ่งแปลกปลอมที่ปนมากับน้ำ จึงแสดงพฤติกรรมการปิดเปลือกสนิทซึ่งสอดคล้องกับชุดควบคุมถึงแม้หอยนางรมจะยังไม่ได้รับสารละลายดีเกลือแสดงให้เห็นว่าหอยนางรมในชุดนี้มีความไวต่อการเปลี่ยนแปลงสภาพแวดล้อมค่อนข้างสูง

ดังนั้นในการทดลองครั้งที่ 4 เพื่อหาความเข้มข้นของดีเกลือที่ทำให้หอยนางรมคลายกล้ามเนื้อเย็บปิดเปลือกในช่วงแคบ จึงเลือกใช้ความเข้มข้นของดีเกลือที่ระดับความเข้มข้นของดีเกลือ 32.5 ถึง 54.5 g/L เพราะที่ความเข้มข้นของดีเกลือ 32.5 g/L เป็นระดับความเข้มข้นที่ช่วยให้สามารถแกะเปลือกได้สำเร็จ และหอยแสดงการปิดฝาเปลือกช้าลง และที่ความเข้มข้นของดีเกลือ 54.5 g/L แกะเปลือกหอยได้เช่นเดียวกัน แต่เป็นช่วงระดับความเข้มข้นที่มีแนวโน้มที่สามารถแกะเปลือกหอยได้สำเร็จน้อยกว่าเดิม ในการศึกษาครั้งนี้ต้องหาปริมาณการใช้ดีเกลือที่เหมาะสม และน้อยที่สุด เพื่อช่วยในการแกะเปลือกหอยนางรมได้สำเร็จง่ายขึ้น

ตารางที่ 1.3.3 จำนวนหอยนางรมที่แกะเปลือกได้สำเร็จ (เปอร์เซ็นต์) หลังจากแช่ด้วยดีเกลือที่ความเข้มข้น 32.5 ถึง 76.5 g/L

ความเข้มข้นของดีเกลือ (g/L)	จำนวนหอยนางรมที่ แกะเปลือกได้สำเร็จ (เปอร์เซ็นต์)	พฤติกรรมของหอยนางรม
0	0	ในบางซ้าของชุดทดลอง แสดงพฤติกรรมปิดเปลือก สนิท และการเปิดและปิด เปลือกเป็นจังหวะ
32.5*	10.0	การเปิดและปิดเปลือกเป็น จังหวะ แต่ระยะเวลาในการ
43.5	30.0	
54.5*	10.0	ปิดเปลือกช้าลง
65.5	6.7	
76.5	0	เปลือกปิดสนิท

หมายเหตุ * หมายถึง ความเข้มข้นของดีเกลือที่นำมาใช้ในการทดลองครั้งต่อไป

การศึกษาหาระดับความเข้มข้นที่เหมาะสมของดีเกลือในการคลายกล้ามเนื้อยึดเปลือกของหอยนางรมมีชีวิตเพื่อให้ง่ายต่อการแกะเปลือกหอย ครั้งที่ 4 ที่ระดับความเข้มข้นของดีเกลือ 32.5 ถึง 54.5 g/L พบว่า ความเข้มข้นของดีเกลือ ที่ 0, 32.5, 38.0, 43.5, 49.0 และ 54.5 g/L สามารถช่วยให้แกะเปลือกหอยได้สำเร็จ 0, 26.7, 30.0, 20.0, 23.3 และ 20.0 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ (ตารางที่ 1.3.4) เมื่อสังเกตพฤติกรรมของหอยนางรม พบว่าที่ความเข้มข้นของดีเกลือ 0 g/L หอยแสดงพฤติกรรมการเปิดและปิดเปลือกเป็นจังหวะ ส่วนที่ความเข้มข้นของดีเกลือ 32.5, 38.0, 43.5, 49.0 และ 54.5 g/L หอยนางรมแสดงพฤติกรรมการเปิดและปิดเปลือกเป็นจังหวะเหมือนชุดควบคุม แต่ระยะเวลาในการปิดเปลือกช้าลง ซึ่งการออกฤทธิ์ของดีเกลือต่อหอยน่าจะช่วยให้สลบได้ โดยมีการใช้แมกนีเซียมซัลเฟต ในช่วง 4 ถึง 22 g/100 ml ใน *Halotis midae* ขนาดตั้งแต่ 5 ถึง 90 mm. (Hermien *et al.*, 1996) ในการศึกษาเรื่องการกระตุ้นการสลบใน หอย scallop *Pecten fumatus* Reeve ที่เลี้ยงเชิงพาณิชย์ พบว่าการใช้ chloral hydrate แมกนีเซียมคลอไรด์ และแมกนีเซียมซัลเฟต ทำให้เกิดการสลบภายใน 1 ชั่วโมง แต่แมกนีเซียมซัลเฟตจะทำให้เกิดการตายสูงหลังจากการสลบ จึงไม่มีการศึกษาต่อไป (Michael *et al.*, 1995) จากข้อมูลข้างต้นแสดงให้เห็นว่าความเข้มข้นในการใช้แมกนีเซียมซัลเฟตในการสลบหอย มีผลต่อการตายของหอยด้วยเช่นเดียวกัน แต่ในการทดลองของเราครั้งนี้ พบว่าหอยนางรมในทุกชุดการทดลองยังมีชีวิตอยู่ เมื่อทดสอบด้วยการกระตุ้นด้วยไฟฟ้า

ดังนั้นในการทดลองครั้งที่ 5 เพื่อหาความเข้มข้นของดีเกลือที่ทำให้หอยนางรมคลายกล้ามเนื้อยึดเปลือกในช่วงแคบครั้งสุดท้าย จึงเลือกใช้ความเข้มข้นของดีเกลือ ที่ระดับความเข้มข้น 32.5 ถึง 38.0 g/L แต่เมื่อแบ่งระดับความเข้มข้นของดีเกลือให้เท่าๆ กัน ไม่สามารถแบ่งความเข้มข้นให้เท่ากันพอดี ดังนั้นในการทดลองครั้งที่ 5 จึงเพิ่มระดับความเข้มข้นของดีเกลือ จาก 32.5 g/L เพิ่มความเข้มข้นระดับละ 1.37 g/L ดังนั้นความเข้มข้นสูงสุดของดีเกลือที่ใช้ในการทดลองครั้งนี้ คือ 37.98 g/L ซึ่งมีความเข้มข้นใกล้เคียงกับ 38.0 g/L มากที่สุด ในช่วงความเข้มข้นดังกล่าว น่าจะเป็นช่วงที่เหมาะสมที่จะช่วยให้แกะเปลือกหอยนางรมได้สำเร็จมากที่สุด

ตารางที่ 1.3.4 จำนวนหอยนางรมที่แกะเปลือกได้สำเร็จ (เปอร์เซ็นต์) หลังจากแช่ด้วยดีเกลือที่ความเข้มข้น 32.5 ถึง 54.5 g/L

ความเข้มข้นของดีเกลือ (g/L)	จำนวนหอยนางรมที่ แกะเปลือกได้สำเร็จ (เปอร์เซ็นต์)	พฤติกรรมของหอยนางรม
0	0	การเปิดและปิดเปลือกเป็น จังหวะ
32.5*	26.7	
38.0*	30.0	การเปิดและปิดเปลือกเป็น จังหวะ
43.5	20.0	จังหวะ แต่ระยะเวลาในการ ปิดเปลือกช้าลง
49.0	23.3	
54.5	20.0	

หมายเหตุ * หมายถึง ความเข้มข้นของดีเกลือที่นำมาใช้ในการทดลองครั้งต่อไป

การศึกษาหาระดับความเข้มข้นที่เหมาะสมของดีเกลือในการคลายกล้ามเนื้อยึดเปลือกของหอยนางรมมีชีวิตเพื่อให้ง่ายต่อการแกะเปลือกหอย ครั้งที่ 5 ที่ระดับความเข้มข้นของดีเกลือ 32.50 ถึง 37.98 g/L พบว่าความเข้มข้นของดีเกลือ 0, 32.5, 33.87, 35.24, 36.61 และ 37.98 g/L สามารถช่วยให้แกะเปลือกหอยนางรมได้สำเร็จเท่ากับ 0, 13.3, 20.0, 26.7, 20.0 และ 30.0 เปอร์เซ็นต์ (ตารางที่ 1.3.5) เมื่อสังเกตพฤติกรรมพบว่าที่ความเข้มข้นของดีเกลือ 0 g/L หอยนางรมแสดงพฤติกรรมการเปิดและปิดเปลือกเป็นจังหวะ และที่ความเข้มข้นของดีเกลือเท่ากับ 32.5, 33.87, 35.24, 36.61 และ 37.98 g/L หอยนางรมแสดงพฤติกรรมการเปิดและปิดเปลือกเป็นจังหวะเหมือนชุดควบคุม แต่ระยะเวลาในการปิดเปลือกช้าลง ซึ่งโดยปกติทั่วไปการให้ยาสลบลงในน้ำ ปลาจะแสดงอาการสลบ โดยแบ่งออกเป็น 4 ระดับ คือ ระดับที่ 1 เพลน 1 (light sedation) ปลายังตอบสนองต่อการมองเห็น และการสัมผัส หายใจปกติ และทรงตัวปกติ ระดับที่ 1 เพลน 2 (light narcosis) ปลายังมีการตื่นตัว หายใจเร็ว เริ่มสูญเสียการทรงตัว แต่ยังสามารถทรงตัว ระดับที่ 2 (deep narcosis) ปลาเริ่มหายใจลดลง เริ่มสูญเสียการทรงตัว กล้ามเนื้อเริ่มหย่อน ตอบสนองต่อการสัมผัสหรือการเคลื่อนไหวที่รุนแรง ระดับที่ 3 เพลน 1 (light anesthesia) กล้ามเนื้อหย่อน การหายใจลดลง ระดับที่ 3 เพลน 2 (surgical anesthesia) ไม่มีการตอบสนองต่าง ๆ มีการหายใจช้ามาก และมีอัตราการเต้นของหัวใจช้าลง ระดับที่ 4 (medullary collapse) ไม่พบการเคลื่อนไหวของแผ่นปิดเหงือก และหัวใจหยุดทำงาน (Stoskopf, 1993) ซึ่งจากการทดลองในครั้งนี้ หอยนางรมน่าจะสลบอยู่ในระดับที่ 2 จนถึง ระดับที่ 3 เพลน 1

นอกจากนี้ยังมีการใช้สารพวกแมกนีเซียมคลอไรด์เป็นยาสลบในหอย โดยที่ผ่านมาได้มีการศึกษาทดลอง เช่น การศึกษาผลของการคลายกล้ามเนื้อด้วยแมกนีเซียมคลอไรด์ใน *Saccostrea glomerata* พบว่า มีการคลายกล้ามเนื้อในหอยทั้งหมด 100 เปอร์เซ็นต์ ภายใน 6 ชั่วโมง โดยค่าผลรวม haemocyte frequency กิจกรรม acid phosphatase และ กิจกรรม superoxide จะเพิ่มขึ้นหลังจาก 48 ชั่วโมงที่หอยสัมผัสแมกนีเซียมคลอไรด์อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ กิจกรรม Phenoloxidase จะเพิ่มขึ้นทันทีหลังจากมีการคลายกล้ามเนื้อ และจะลดลงอย่างต่อเนื่องหลังจากที่หอยสัมผัสกับแมกนีเซียมคลอไรด์ไปแล้ว 48 ชั่วโมงจากข้อมูลแสดงให้เห็นว่า แมกนีเซียมคลอไรด์มีประสิทธิภาพในการคลายกล้ามเนื้อ *S. glomerata* และไม่ทำอันตรายกับหอย การคลายกล้ามเนื้อในหอยจะไม่เกิดเมื่อแช่อยู่ในแมกนีเซียมคลอไรด์เป็นเวลามากกว่า 96 ชั่วโมง (Daniel *et al.*, 2008) นอกจากนี้ยังมีการศึกษาในเรื่องการกระตุ้นการคลายกล้ามเนื้อใน หอย queen conch *Strombus gigas* (L.) สำหรับการเลี้ยงเพื่อผลิตมุก มีการประเมินศักยภาพของสารเคมี 5 ชนิด คลายกล้ามเนื้อ ได้แก่ 2 – phenoxyethanol เมนทอลแบบเกลือ benzocaine MS – 222 และ แมกนีเซียมคลอไรด์ ในการชักนำให้เกิดการคลายกล้ามเนื้อใน หอย queen conch สำหรับการเลี้ยงเพื่อผลิตมุก หอย *S. gigas* จะสัมผัสสารเคมีในแต่ละชนิด จากการสังเกตเป็นเวลา 30 นาที พบว่ามีเพียงแมกนีเซียมคลอไรด์ 30 g/L อย่างเดียว ที่ทำให้เกิดการคลายกล้ามเนื้อหอย *S. gigas* ส่วนหอยที่สัมผัสสารในชุดการทดลองอื่นๆ เช่น เมนทอล 0.25 g/L หอยแสดงพฤติกรรมการย้ายหนี ในช่วงเวลา 2 – 7 นาที ที่สัมผัส หลังเกิดพฤติกรรมดังกล่าว หอยจะหดตัว

กลับเข้าไปข้างในเปลือก และภายใน 30 นาที ที่สัมผัสสารจะไม่แสดงการคลายกล้ามเนื้อ หอยสามารถคลายกล้ามเนื้อได้ในเวลา 20 นาที หลังจากแช่อยู่ในแมกนีเซียมคลอไรด์ การแสดงออกโดยการหดแมนเทิล การคลายกล้ามเนื้อเท้า และการตอบสนองอย่างช้าเป็นการแสดงออกทางกายภาพของหอย (Héctor and Megan, 2007) นอกจากนี้ ยังมีการใช้แมกนีเซียมคลอไรด์ในการสลบหมีอีกด้วย เพราะเป็นสารที่หาซื้อได้ง่าย และมีราคาถูกเหมาะสำหรับการสลบหมี (Messenger *et al.*, 1985)

ตารางที่ 1.3.5 จำนวนหอยนางรมที่แกะเปลือกได้สำเร็จ (เปอร์เซ็นต์) หลังจากแช่ด้วยดีเกลือที่ความเข้มข้น 32.5 ถึง 37.98 g/L

ความเข้มข้นของดีเกลือ (g/L)	จำนวนหอยนางรมที่ แกะเปลือกได้สำเร็จ (เปอร์เซ็นต์)	พฤติกรรมของหอยนางรม
0	0	การเปิดและปิดเปลือกเป็น จังหวะ
32.5	13.3	
33.87	20.0	การเปิดและปิดเปลือกเป็น จังหวะ
35.24	26.7	จังหวะ แต่ระยะเวลาในการ ปิดเปลือกช้าลง
36.61	20.0	
37.98	30.0	

จากการศึกษาทั้ง 5 ครั้ง ในการใช้ดีเกลือเป็นสารช่วยคลายกล้ามเนื้อยึดเปลือกของหอยนางรมมีชีวิต พบว่า ดีเกลือมีผลทำให้หอยนางรมคลายกล้ามเนื้อยึดเปลือกได้สำเร็จ โดยแสดงอาการอ้าค้าง และแสดงอาการปิดเปลือกช้าลง ทำให้สามารถใช้เข็มถ่างแกะเปลือกหอยนางรมได้สำเร็จที่ความเข้มข้นของดีเกลือตั้งแต่ 37.98 ถึง 100 g/L โดยใช้เวลาแช่หอยนางรมนาน 30 นาที สามารถแกะหอยนางรมได้ตั้งแต่ 30 เปอร์เซ็นต์ขึ้นไป โดยมีค่าสูงสุดเท่ากับ 56.7 เปอร์เซ็นต์ ที่ระดับความเข้มข้นของสารละลายดีเกลือ 55 g/L แต่ที่ระดับความเข้มข้นของดีเกลือ 37.98 g/L เป็นระดับความเข้มข้นที่สามารถช่วยให้แกะเปลือกได้สำเร็จ รองลงมาเท่ากับ 30 เปอร์เซ็นต์ จึงเลือกใช้ความเข้มข้นดังกล่าวในการทดลองที่ 2 ต่อไป

จากคุณสมบัติของดีเกลือในเรื่องเป็นยาถ่ายนั้น ทางทีมนักวิจัยให้ความสำคัญกับคุณสมบัติดังกล่าวเช่นกัน เพื่อให้เกิดความปลอดภัยต่อผู้บริโภคหอยนางรม โดย สมศักดิ์ (2547) ได้เขียนในหนังสือ มหัศจรรย์แมกนีเซียม ว่าในบางกรณีการกินแมกนีเซียมเสริมตามปกติ แต่กลับเกิดมีอาการท้องร่วง (Diarrhea) ซึ่ง

โดยมากจะเป็นแมกนีเซียมชนิดเม็ด วิธีแก้ก็คือ แบ่งขนาดรับประทานให้น้อยลงในแต่ละครั้ง แล้วรับประทานบ่อย ๆ ครั้งแทน หรือเปลี่ยนเป็นกินชนิดเกลือแร่แมกนีเซียมกลูโคเนต หรือแมกนีเซียมซัลเฟตแทนก็หมดปัญหา (Magnesium Gluconate or Magnesium Sulphate) จะหายท้องร่วง เพราะเกลือแร่ทั้ง 2 ชนิด นี้ ดูดซึมง่าย น้ำแร่แมกนีเซียมชนิดผลิตเอง จึงนิยมใช้เกลือแมกนีเซียมซัลเฟต (Magnesium Sulphate) เดิม เพราะมักจะไม่มีเกิดท้องร่วง แต่อาจทำให้ถ่ายสะดวกมากขึ้นเท่านั้น และยังมีคุณสมบัติทางยาที่ดีให้กับท่าน คือ ป้องกัน โรคหัวใจ ตะคริว ไม่มีแรง เป็นต้น การเลือกดูดซึมของลำไส้ จะป้องกันการกินแมกนีเซียมเกินได้ (Proper Amount Absorbed) เกรแฮม และคณะ ได้ศึกษาการดูดซึมของแมกนีเซียม และรายงานไว้ในวารสารวิชาการ Metabolism (ค.ศ. 1960) โดยเลือกใช้สารแมกนีเซียมชนิดมีกัมตรังสี เพื่อสามารถติดตามการทำงานของมันได้ ผลการทดลอง พบว่า ถ้าเป็นอาหารที่มีแมกนีเซียมอยู่ในเกณฑ์พอดี 44 เปอร์เซ็นต์ของแมกนีเซียมที่กินเข้าไปจะดูดผ่านลำไส้ สำหรับอาหารที่มีแมกนีเซียมอยู่น้อยกินไป จะดูดซึมได้สูงถึง 76 เปอร์เซ็นต์ แต่ถ้าอาหารนั้นมีแมกนีเซียมอยู่สูง คือ เข้มข้นมาก เพียง 24 เปอร์เซ็นต์ เท่านั้น จากแมกนีเซียมในอาหารที่จะถูกดูดซึมผ่านลำไส้เข้าไปได้ (ถือว่า Proper Amount Absorbed) แมกนีเซียมที่เป็นสารกัมมันตรังสีนี้ ไม่เหมือนแมกนีเซียมเสริมที่กินทั่วไป ใช้เพียงเพื่อการศึกษา ดูการดูดซึมเท่านั้น เพราะสามารถใช้เครื่องมือตรวจหาสารกัมมันตรังสีติดตามวัดได้ง่าย ผลที่เกิดขึ้นก็คงไม่แตกต่างกัน ถือว่าสามารถนำไปเปรียบเทียบกับแมกนีเซียมธรรมดาได้ โรคไตทุกชนิดห้ามกินแมกนีเซียมเสริม (และเกลือแร่เสริมทุกชนิด) ความเป็นพิษของแมกนีเซียมส่วนใหญ่ จะเกิดในผู้ป่วยโรคไตเท่านั้น เพราะไตเป็นอวัยวะที่ทำหน้าที่ควบคุมระดับของแมกนีเซียมและเกลือแร่อื่นๆ ในเลือด ถ้าไตเสื่อมก็จะขับแมกนีเซียมทิ้งออกไปทางปัสสาวะไม่ได้ แมกนีเซียมจะคั่ง และสะสมในกระแสโลหิต ทำให้มีอาการของแมกนีเซียมเป็นพิษ อาการเบื้องต้นที่พบบ่อย คือ อ่อนเพลีย (Weakness) คลื่นไส้ (Nausea) และความรู้สึกไม่สบาย (Malaise) สภาวิจัยแห่งชาติของอเมริกา (National Research Council) ได้พิมพ์คู่มือ อาร์ ดี เอ (RDA Hand book) ออกแจกจ่ายกับประชาชน มีข้อความตอนหนึ่งบันทึกไว้ว่า ไม่มีหลักฐานการวิจัยใด ๆ ทั้งสิ้นที่นำมาแสดงให้เห็นถึง การกินแมกนีเซียมขนาดมาก ๆ จะก่อให้เกิดอันตรายกับสุขภาพได้ (แต่ทั้งนี้ต้องเป็นที่เข้าใจกันแล้วว่า บุคคลเป็นโรคไต ห้ามรับประทาน – ผู้เขียน) อย่างไรก็ตาม การกินเกลือแร่ในรูปสังเคราะห์ (Synthetic Form) ของแมกนีเซียมจำนวนสูง ๆ อาจทำให้เกิดอาการท้องร่วงได้ ซึ่งในการทดลองครั้งนี้ เราได้ใช้แมกนีเซียมซัลเฟต เป็นสารช่วยในการแกะเปลือกหอยนางรมให้ง่ายขึ้น ซึ่งทำให้มั่นใจได้ว่า ไม่เป็นอันตรายต่อผู้ที่รับประทานหอยนางรม ที่ใช้สารตัวดังกล่าว แต่ห้ามใช้ในกลุ่มผู้ที่เป็นโรคไต เท่านั้น

ศึกษาหาระดับความเข้มข้นที่เหมาะสมของไพลผงสำเร็จรูปในการคลายกล้ามเนื้อยึดเปลือกของ หอยนางรมมีชีวิต เพื่อให้ง่ายต่อการแกะเปลือกหอย

จากการทดลอง โดยหาระดับความเข้มข้นที่เหมาะสมของสารออกฤทธิ์ในการคลายกล้ามเนื้อยึดเปลือกของหอยนางรมมีชีวิตเพื่อให้ง่ายต่อการแกะเปลือกหอย ครั้งที่ 1 ศึกษาความเข้มข้นของการใช้สารไพลผงสำเร็จรูป ในช่วงกว้าง ตั้งแต่ 0 ถึง 100 g/L พบว่า ที่เวลา 5 นาที ในทุกชุดการทดลอง หอยนางรมไม่แสดงอาการเปิดเปลือกเลยแม้แต่ชุดควบคุม จึงทำการขยายเวลาเป็น 30 นาที พบว่า ที่ระดับความเข้มข้นของไพลผงสำเร็จรูป ที่ 0 ถึง 100 g/L ไม่สามารถช่วยให้แกะเปลือกหอยนางรมได้สำเร็จ (ตารางที่ 1.4.1) เมื่อสังเกตพฤติกรรมของหอยนางรม ที่ความเข้มข้นของไพลผงสำเร็จรูป เท่ากับ 0 และ 0.01 g/L หอยแสดงพฤติกรรม การเปิดและปิดเปลือกเป็นจังหวะ และมีหอยนางรมบางซ้าของการทดลองปิดเปลือกสนิท ส่วนที่ความเข้มข้นของไพลผงสำเร็จรูปเท่ากับ 0.1, 1, 10 และ 100 g/L พบว่าไม่สามารถช่วยให้แกะเปลือกหอยนางรมได้สำเร็จ และหอยนางรมในชุดการทดลองดังกล่าวยังแสดงพฤติกรรมปิดเปลือกสนิท ซึ่งแสดงให้เห็นว่าหอยนางรมสามารถรับรู้ได้ถึงสิ่งแปลกปลอมที่ละลายปนมากับน้ำที่แช่หอย โดยใช้เซลล์รับรู้สัมผัสทางสัมผัส และทางเคมี คือ เทนเทเคิล ซึ่งอยู่ตามขอบของแมนเทิล และพยายามหลีกเลี่ยงการสัมผัสไพลผงสำเร็จรูป ซึ่งมีกลิ่นเฉพาะตัว รสเผ็ดร้อน (สมภพ และพร้อมจิต, 2552)

ในการทดลองครั้งที่ 2 เพื่อหาความเข้มข้นของไพลผงสำเร็จรูปในช่วงแคบจึงเลือกความเข้มข้นของไพลผงสำเร็จรูปที่ 0.01 ถึง 0.1 g/L ในการศึกษาต่อไป เพราะเป็นช่วงที่หอยนางรมแสดงพฤติกรรมการเปิดและปิดเปลือกเป็นจังหวะเหมือนชุดควบคุม และปิดเปลือกสนิท

ตารางที่ 1.4.1 จำนวนหอยนางรมที่แกะเปลือกได้สำเร็จ (เปอร์เซ็นต์) หลังจากแช่ด้วยไพลผงสำเร็จรูปที่ความเข้มข้น 0.01 ถึง 100 g/L

ความเข้มข้นของไพลผงสำเร็จรูป (g/L)	จำนวนหอยนางรมที่แกะเปลือกได้สำเร็จ (เปอร์เซ็นต์)	พฤติกรรมของหอยนางรม
0	0	หอยนางรมแสดงพฤติกรรมทั้ง 2 แบบ คือ ปิดเปลือกสนิท และเปิดและปิดเปลือกเป็นจังหวะ
0.01*	0	
0.1*	0	เปลือกปิดสนิท
1	0	
10	0	
100	0	

หมายเหตุ * หมายถึง ความเข้มข้นของไพลผงที่นำมาใช้ในการทดลองครั้งต่อไป

การศึกษาหาระดับความเข้มข้นที่เหมาะสมของไพลผงสำเร็จรูปในการคลายกล้ามเนื้อยึดเปลือกของหอยนางรมมีชีวิตเพื่อให้ง่ายต่อการแกะเปลือกหอย ครั้งที่ 2 ที่ระดับความเข้มข้นของไพลผงสำเร็จรูปที่ 0.01 ถึง 0.1 g/L พบว่าความเข้มข้นของไพลผงสำเร็จรูปที่ 0, 0.01, 0.025 และ 0.1 g/L ไม่มีส่วนช่วยให้สามารถแกะเปลือกหอยนางรมได้สำเร็จ ส่วนความเข้มข้นของไพลผงสำเร็จรูปที่ 0.05 และ 0.075 g/L สามารถช่วยทำให้แกะเปลือกหอยนางรมได้สำเร็จ เท่ากับ 3.3 และ 6.7 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ (ตารางที่ 1.4.2) เมื่อสังเกตพฤติกรรมของหอยนางรม พบว่าที่ความเข้มข้นของไพลผงสำเร็จรูป เท่ากับ 0, 0.05 และ 0.075 g/L หอยนางรมจะแสดงพฤติกรรมการเปิดและปิดเปลือกเป็นจังหวะ แต่ความเข้มข้นของไพลผงสำเร็จรูปเท่ากับ 0.01 และ 0.025 g/L หอยนางรมจะแสดงพฤติกรรมทั้ง 2 แบบ คือ ปิดเปลือกสนิท กับเปิดและปิดเปลือกเป็นจังหวะ และที่ความเข้มข้นของไพลผงสำเร็จรูปเท่ากับ 0.1 g/L หอยนางรมปิดฝาเปลือกสนิท แสดงให้เห็นว่าที่ความเข้มข้นของไพลผงสำเร็จรูป 0.1 g/L หอยนางรมยังสามารถรับรู้ได้ถึงสิ่งแปลกปลอมที่ปนมากับน้ำ

ในการทดลองครั้งที่ 3 เพื่อหาความเข้มข้นของไพลผงสำเร็จรูป ที่ทำให้หอยนางรมคลายกล้ามเนื้อยึดเปลือกในช่วงแคบ จึงเลือกใช้ความเข้มข้นของไพลผงสำเร็จรูป ที่ระดับความเข้มข้น 0.075 ถึง 0.1 g/L เนื่องจากที่ระดับความเข้มข้นของไพลผงสำเร็จรูป 0.075 g/L สามารถช่วยให้แกะเปลือกหอยได้สำเร็จ และหอยนางรมแสดงพฤติกรรมการเปิดและปิด เปลือกเป็นจังหวะเหมือนชุดควบคุม ส่วนที่ความเข้มข้นของไพลผงสำเร็จรูป 0.1 g/L เป็นช่วงที่หอยนางรมแสดงพฤติกรรมปิดเปลือกสนิท แต่ถ้าต้องการแบ่งสัดส่วนให้เท่ากันพอดีทั้ง 5 ระดับความเข้มข้น จะสามารถแบ่งความเข้มข้นเพิ่มขึ้นระดับละ 0.005 g/L ดังนั้นเราจะไ้ความเข้มข้นของไพลผงสำเร็จรูปในการทดลองครั้งที่ 3 คือ 0.075, 0.080, 0.085, 0.090 และ 0.095 g/L ซึ่งในช่วงดังกล่าวน่าจะเป็นช่วงความเข้มข้นของไพลผงสำเร็จรูปที่เหมาะสมที่สุด ซึ่งทำให้หอยนางรมมีชีวิตคลายกล้ามเนื้อยึดเปลือกมากที่สุด

ตารางที่ 1.4.2 จำนวนหอยนางรมที่แกะเปลือกได้สำเร็จ (เปอร์เซ็นต์) หลังจากแช่ด้วยไพลผงสำเร็จรูปที่ความเข้มข้น 0.01 ถึง 0.1 g/L

ความเข้มข้นของไพลผงสำเร็จรูป (g/L)	จำนวนหอยนางรมที่แกะเปลือกได้สำเร็จ (เปอร์เซ็นต์)	พฤติกรรมของหอยนางรม
0	0	การเปิดและปิดเปลือกเป็นจังหวะ
0.01	0	แสดงพฤติกรรมทั้ง 2 แบบ คือปิดเปลือกสนิท กับเปิดและปิดเปลือกเป็นจังหวะ
0.025	0	เหมือนชุดควบคุม
0.05	3.3	เปิดและปิดเปลือกเป็น
0.075*	6.7	จังหวะเหมือนชุดควบคุม
0.1*	0	ปิดเปลือกสนิท

หมายเหตุ * หมายถึง ความเข้มข้นของไพลผงสำเร็จรูปที่นำมาใช้ในการทดลองครั้งต่อไป

การศึกษาหาระดับความเข้มข้นที่เหมาะสมของไพลผงสำเร็จรูปในการคลายกล้ามเนื้อยึดเปลือกของหอยนางรมมีชีวิตเพื่อให้ง่ายต่อการแกะเปลือกหอย ครั้งที่ 3 ที่ระดับความเข้มข้น 0.075 ถึง 0.095 g/L พบว่าทุกความเข้มข้นของไพลผงสำเร็จรูปไม่มีส่วนช่วยให้สามารถแกะเปลือกหอยนางรมได้สำเร็จ (ตารางที่ 1.4.3) เมื่อสังเกตพฤติกรรม พบว่าที่ความเข้มข้น 0, 0.075, 0.080, 0.085 และ 0.090 g/L หอยนางรมมีการปิดและเปิดเปลือกเป็นจังหวะ ส่วนที่ความเข้มข้นของไพลผงสำเร็จรูป 0.095 g/L หอยนางรมปิดเปลือกสนิท ดังนั้นในการทดลองครั้งที่ 4 เพื่อหาความเข้มข้นของไพลผงสำเร็จรูปที่ทำให้หอยนางรมคลายกล้ามเนื้อยึดเปลือก ในช่วงแคบ จึงเลือกใช้ความเข้มข้นของไพลผงสำเร็จรูป ที่ระดับความเข้มข้น 0.090 ถึง 0.095 g/L เพราะที่ความเข้มข้นของไพลผงสำเร็จรูป 0.090 g/L เป็นระดับความเข้มข้นที่ช่วยให้หอยนางรมมีการเปิดและปิดเปลือกเป็นจังหวะ และที่ความเข้มข้นของไพลผงสำเร็จรูป 0.095 g/L หอยนางรมยังแสดงพฤติกรรมการปิดเปลือกสนิท ในการทดลองครั้งที่ 4 เราแบ่งความเข้มข้นของไพลผงสำเร็จรูป เพิ่มระดับละ 0.001 เพื่อให้สามารถแบ่งสัดส่วนได้พอดี

ตารางที่ 1.4.3 จำนวนหอยนางรมที่แกะเปลือกได้สำเร็จ (เปอร์เซ็นต์) หลังจากแช่ด้วยไพลผงสำเร็จรูปที่ความเข้มข้น 0.075 ถึง 0.095 g/L

ความเข้มข้นของไพลผงสำเร็จรูป (g/L)	จำนวนหอยนางรมที่แกะเปลือกได้สำเร็จ (เปอร์เซ็นต์)	พฤติกรรมของหอยนางรม
0	0	
0.075	0	
0.080	0	มีการเปิดและปิดเปลือกเป็นจังหวะ
0.085	0	
0.090*	0	
0.095*	0	เปลือกปิดสนิท และเปลือกเปิดออกเล็กน้อย

หมายเหตุ * หมายถึง ความเข้มข้นของไพลผงสำเร็จรูปที่นำมาใช้ในการทดลองครั้งต่อไป

การศึกษาหาระดับความเข้มข้นที่เหมาะสมของไพลผงสำเร็จรูปในการคลายกล้ามเนื้อยึดเปลือกของหอยนางรมมีชีวิตเพื่อให้ง่ายต่อการแกะเปลือกหอย ครั้งที่ 4 ที่ระดับความเข้มข้น 0.090 ถึง 0.094 g/L พบว่าความเข้มข้นของไพลผงสำเร็จรูปทุกความเข้มข้นไม่สามารถช่วยให้แกะเปลือกหอยนางรมได้สำเร็จ (ตารางที่ 1.4.4) เมื่อสังเกตพฤติกรรมของหอยนางรม พบว่าที่ความเข้มข้นของไพลผงสำเร็จรูป 0, 0.090, 0.091, 0.092, 0.093 g/L หอยมีการเปิดและปิดเปลือกเป็นจังหวะ ส่วนที่ความเข้มข้นของไพลผงสำเร็จรูป 0.094 g/L หอยนางรมมีการเปิดและปิดเปลือกเป็นจังหวะ และเปิดฝาเปลือกอ้าเล็กน้อย ดังนั้นในการทดลองครั้งที่ 5 เพื่อหาความเข้มข้นของไพลผงสำเร็จรูปที่ทำให้หอยนางรมคลายกล้ามเนื้อยึดเปลือกในช่วงเคบครั้งสุดท้าย จึงเลือกใช้ความเข้มข้นของไพลผงสำเร็จรูป ที่ระดับความเข้มข้น 0.092 ถึง 0.093 g/L ในช่วงความเข้มข้นดังกล่าว น่าจะเป็นช่วงที่เหมาะสมที่จะทำให้หอยนางรมมีการคลายกล้ามเนื้อยึดเปลือกได้ดีที่สุด

ตารางที่ 1.4.4 จำนวนหอยนางรมที่แกะเปลือกได้สำเร็จ (เปอร์เซ็นต์) หลังจากแช่ด้วยไพลผงสำเร็จรูปที่ความเข้มข้น 0.090 ถึง 0.094 g/L

ความเข้มข้นของไพลผงสำเร็จรูป (g/L)	จำนวนหอยนางรมที่แกะเปลือกได้สำเร็จ (เปอร์เซ็นต์)	พฤติกรรมของหอยนางรม
0	0	
0.090	0	การเปิดและปิดเปลือกเป็นจังหวะ
0.091	0	
0.092*	0	
0.093*	0	
0.094	0	การเปิดและปิดเปลือกเป็นจังหวะ และเปิดเปลือกเล็กน้อย

หมายเหตุ * หมายถึง ความเข้มข้นของไพลผงสำเร็จรูปที่นำมาใช้ในการทดลองครั้งต่อไป

การศึกษาหาระดับความเข้มข้นที่เหมาะสมของไพลผงสำเร็จรูปในการคลายกล้ามเนื้อยึดเปลือกของหอยนางรมมีชีวิต เพื่อให้ง่ายต่อการแกะเปลือกหอย ครั้งที่ 5 ที่ระดับความเข้มข้นของไพลผงสำเร็จรูป 0.092 ถึง 0.093 g/L พบว่า ความเข้มข้นของไพลผงสำเร็จรูป 0, 0.09225, 0.0925, 0.09275 และ 0.093 g/L ไม่สามารถช่วยให้แกะเปลือกหอยนางรมได้สำเร็จ แต่ที่ความเข้มข้นของไพลผงสำเร็จรูป 0.092 g/L พบว่าสามารถช่วยให้แกะเปลือกหอยนางรมได้สำเร็จเท่ากับ 33 เปอร์เซ็นต์ (หอยนางรมมีเปลือกอ้าค้าง) (ตารางที่ 1.4.5) เมื่อสังเกตพฤติกรรม พบว่าหอยนางรมมีการเปิดและปิดเปลือกเป็นจังหวะทุกความเข้มข้นของไพลผงสำเร็จรูป

ตารางที่ 1.4.5 จำนวนหอยนางรมที่แกะเปลือกได้สำเร็จ (เปอร์เซ็นต์) หลังจากแช่ด้วยไพลผงสำเร็จรูปที่ความเข้มข้น 0.092 ถึง 0.093 g/L

ความเข้มข้นของไพลผงสำเร็จรูป (g/L)	จำนวนหอยนางรมที่แกะเปลือกได้สำเร็จ (เปอร์เซ็นต์)	พฤติกรรมของหอยนางรม
0	0	
0.092	3.3	
0.09225	0	มีการเปิดและปิดเปลือกเป็น
0.0925	0	จังหวะ
0.09275	0	
0.093	0	

จากการศึกษาทั้ง 5 ครั้ง ในการใช้ไพลผงสำเร็จรูปเป็นสารช่วยคลายกล้ามเนื้อยึดเปลือกของหอยนางรมมีชีวิต พบว่าไพลผงสำเร็จรูป ไม่สามารถช่วยทำให้หอยนางรมคลายกล้ามเนื้อยึดเปลือกได้สำเร็จ เมื่อแช่หอยนางรมนาน 30 นาทีอาจเป็นไปได้ว่าไพลผงสำเร็จรูปมีประสิทธิภาพในการคลายกล้ามเนื้อยึดเปลือกหอยนางรมได้ไม่ดีพอ แต่สารสกัดจากไพล คือ สาร D มีส่วนช่วยในการคลายตัวของกล้ามเนื้อมดลูก และกล้ามเนื้อเรียบอื่น ๆ ในหนูขาว และกระต่าย (พูนทรัพย์, 2527) ซึ่งถ้าเราต้องการให้หอยนางรมคลายกล้ามเนื้อยึดเปลือก คงต้องเปลี่ยนเป็นการใช้สารสกัดจากไพลน่าจะให้ผลการทดลองที่ดีกว่าการใช้ไพลผงสำเร็จรูป เพราะการทำงานของกล้ามเนื้อยึดเปลือกหอยนางรม (adductor muscle) เป็นการหดตัวแบบช้า ๆ (slow closing – muscle) ดึงฝาทั้งสองเข้าหากัน และสามารถรักษาสภาพการหดตัวได้เป็นชั่วโมง และเป็นวันได้ ซึ่งมักจะอยู่ในภาวะขาดออกซิเจน และในกลุ่มนี้จะพบโปรตีน Tropomyosin A ที่สัตว์อื่น ๆ ไม่มี หอยบางชนิด เช่น Pecten มีกล้ามเนื้อ 2 ชุด คือ ชุดแรกเป็นใยกล้ามเนื้อลาย (Striated fiber) จะหดตัวได้เร็ว เป็น Fast adductor ใช้ช่วยน้ำ โดยส่วนเท้า (Foot) พัดโบกไปมาช่วยเคลื่อนที่ อีกชุดเป็นใยกล้ามเนื้อเรียบหดตัวได้ช้า เป็น slow adductor ใช้ในการปิดเปลือกหอย ปัญหาที่หอยหดตัวได้นานในเปลือก เรายังไม่ทราบ

กลไกโดยละเอียด เพียงแต่คาดว่ามีการเปลี่ยนแปลงระดับโมเลกุล เพื่อป้องกันการหลุดของ Crossbridge filament หรือ อยู่ในช่วงส่งคลื่นสัญญาณในกล้ามเนื้อ (ส่งศรี, 2533)

ศึกษาหาระดับความเข้มข้นที่เหมาะสมของน้ำโซดาในการคลายกล้ามเนื้อยึดเปลือกของหอยนางรมมีชีวิต เพื่อให้ง่ายต่อการแกะเปลือกหอย

จากการทดลอง โดยหาระดับความเข้มข้นที่เหมาะสมของสารออกฤทธิ์ในการคลายกล้ามเนื้อยึดเปลือกของหอยนางรมมีชีวิตเพื่อให้ง่ายต่อการแกะเปลือกหอย ครั้งที่ 1 ศึกษาความเข้มข้นของการใช้น้ำโซดาในช่วงกว้างตั้งแต่ 0 ถึง 100 เปอร์เซ็นต์ พบว่าที่เวลา 5 นาที ในทุกชุดการทดลองที่แช่ด้วยน้ำโซดา หอยนางรมเริ่มมีการเปิดฝาเปลือกกว้าง แต่เปลือกหอยนางรมจะไม่อ้าค้าง เนื่องจากเมื่อนำคีมถ่างไปแกะเปลือกหอยนางรมจะแสดงพฤติกรรมรีบปิดเปลือกทันที แต่ในชุดควบคุมจะแสดงพฤติกรรมเปิดและปิดเปลือกเป็นจังหวะเหมือนในชุดควบคุมอื่น ๆ ในการทดลองครั้งก่อนหน้านี้ และความเข้มข้นของน้ำโซดาที่ 0 และ 10 เปอร์เซ็นต์ไม่สามารถช่วยให้แกะเปลือกหอยนางรมได้สำเร็จ ส่วนความเข้มข้นของน้ำโซดาที่ 0.01, 0.1 และ 1 เปอร์เซ็นต์ สามารถช่วยให้แกะเปลือกหอยนางรมได้สำเร็จ 6.7 เปอร์เซ็นต์ในทั้ง 3 ความเข้มข้น และความเข้มข้นของน้ำโซดาที่ 100 เปอร์เซ็นต์ สามารถแกะเปลือกหอยนางรมได้สำเร็จ 13.3 เปอร์เซ็นต์ โดยคุณสมบัติของน้ำโซดาได้มาจากการนำก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์มาอัดด้วยความดันสูง เพิ่มก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ให้สามารถละลายอยู่ในน้ำได้ (ราชบัณฑิตยสถาน, 2546)

มีรายงานการทดลองใช้น้ำโซดาในการสลบสัตว์น้ำ (สถาบันวิทยาศาสตร์ทางทะเล, 2543) โดยพบว่าน้ำโซดาเป็นตัวแทนของการใช้ก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ในการสลบสัตว์น้ำ โดยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์จะมีผลในการระงับความรู้สึก (anaesthetic effect) ของสัตว์น้ำ เนื่องจากสัตว์น้ำจำเป็นต้องมีการรับก๊าซออกซิเจนที่มีอยู่ในน้ำโดยการหายใจผ่านทางเหงือก โดยพบว่าการใช้กรดคาร์บอนิกที่ระดับความเข้มข้น 500 ppm (ใช้ก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ละลายในน้ำ) หรือการใช้โซเดียมไบคาร์บอเนตที่ระดับเข้มข้น 150 – 650 ppm สามารถทำให้ปลาสลบได้ในเวลา 5 นาที (สุทธวัฒน์, 2548)

ในการทดลองครั้งที่ 2 เพื่อหาความเข้มข้นของน้ำโซดา ในช่วงแคบจึงเลือกความเข้มข้นของน้ำโซดาที่ 10 ถึง 100 เปอร์เซ็นต์ ในการศึกษาต่อไป เพราะเป็นช่วงที่สามารถใช้คีมถ่างแกะเปลือกหอยนางรมได้สำเร็จต่ำจนถึงสูงที่สุด

ตารางที่ 1.5.1 จำนวนหอยนางรมที่แกะเปลือกได้สำเร็จ (เปอร์เซ็นต์) หลังแช่น้ำโซดาความเข้มข้น 0.01 ถึง 100 เปอร์เซ็นต์

ความเข้มข้นของน้ำโซดา (เปอร์เซ็นต์)	จำนวนหอยนางรมที่ แกะเปลือกได้สำเร็จ (เปอร์เซ็นต์)	พฤติกรรมของหอยนางรม
0	0	
0.01	6.7	
0.1	6.7	เปิดและปิดเปลือกเป็น
1	6.7	จิ้งหะ
10*	0	
100*	13.3	

หมายเหตุ * หมายถึง ความเข้มข้นของน้ำโซดาที่นำมาใช้ในการทดลองครั้งต่อไป

การศึกษาหาระดับความเข้มข้นที่เหมาะสมของน้ำโซดาในการคลายกล้ามเนื้อยึดเปลือกของหอยนางรมมีชีวิตเพื่อให้ง่ายต่อการแกะเปลือกหอย ครั้งที่ 2 ที่ระดับความเข้มข้น 10 ถึง 100 เปอร์เซ็นต์ พบว่าความเข้มข้นของน้ำโซดา 0, 10, 25, 50, 75 และ 100 เปอร์เซ็นต์ สามารถช่วยให้แกะเปลือกหอยนางรมได้สำเร็จ เท่ากับ 0, 50.0, 30.0, 50.0, 50.0 และ 43.3 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ (ตารางที่ 1.5.2) จากการทดลองครั้งนี้ให้ผลที่แตกต่างจากการทดลองในครั้งที่ 1 อย่างเห็นได้ชัด เนื่องจากมีการเปลี่ยนยี่ห้อของน้ำโซดา ซึ่งเราได้ทำการวัดค่าออกซิเจนละลายในน้ำของน้ำโซดา 100 เปอร์เซ็นต์ ในการทดลองครั้งที่ 1 มีค่าประมาณ 0.6 mg/L และน้ำโซดา 10 เปอร์เซ็นต์ มีค่าออกซิเจนละลายในน้ำ ประมาณ 2.33 mg/L ส่วนในการทดลองครั้งนี้มีปริมาณออกซิเจนละลายในน้ำโซดา 100 เปอร์เซ็นต์ ประมาณ 0.12 mg/L และน้ำโซดา 10 เปอร์เซ็นต์ มีค่าประมาณ 1.92 mg/L จึงทำให้ผลการทดลองในครั้งที่ 1 และครั้งที่ 2 นี้ มีความแตกต่างกัน เมื่อสังเกตพฤติกรรม พบว่าในชุดควบคุม หอยนางรมจะมีการเปิดและปิด ฝาเปลือกเป็นจังหวะ แต่ที่ความเข้มข้น 10 ถึง 100 เปอร์เซ็นต์ หอยนางรมมีการเปิดเปลือก โดยมีลักษณะเปิดฝาเปลือกกว้างมาก และมักจะไม่หุบฝาเปลือก จึงทำให้สามารถใช้คีมถ่างแกะเปลือกได้สำเร็จ จากพฤติกรรมของหอยนางรมที่แสดงออกมา ทางคณะผู้วิจัย คิดว่ามีโอกาสที่เป็นไปได้ในการแสดงพฤติกรรมดังกล่าว จาก 2 สาเหตุด้วยกัน สาเหตุแรกเกิดจากก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ทำให้หอยเกิดการสลับ ซึ่งมีการแบ่งระดับของการสลับออกเป็น 4 ระดับ (ประยุกต์ใช้จากการแบ่งระดับการสลับของปลา) ในการทดลองครั้งนี้ หอยนางรมน่าจะอยู่ในช่วง ระดับที่ 2 (deep narcosis) เริ่มหายใจลดลง เริ่มสูญเสียการทรงตัว กล้ามเนื้อเริ่มหย่อน ตอบสนองต่อการสัมผัส หรือการเคลื่อนไหวที่รุนแรง สาเหตุที่ 2 เกิดจากหอยนางรมต้องการออกซิเจน เพื่อใช้ในการหายใจ เนื่องจากการผสมน้ำโซดาลงไปในน้ำเกลือ จะทำให้ปริมาณออกซิเจนในน้ำต่ำลง ซึ่งปัจจัยในเรื่องปริมาณออกซิเจนละลายในน้ำ อาจเป็นปัจจัยหนึ่งที่ส่งผลกระทบต่อการทำงานของหอย หอยชนิดต่าง ๆ มีการตอบสนองต่อปริมาณออกซิเจนในน้ำแตกต่างกัน ในหอยฝาเดียว *Valvata tricarinata* (Say) อัตราการใช้ออกซิเจนจะค่อนข้างคงที่ แม้ว่าปริมาณออกซิเจนในน้ำจะลดลง อย่างไรก็ตามอวัยวะอัตราการใช้ออกซิเจนในหอยชนิดนี้จะลดลงเมื่อปริมาณออกซิเจนลดลงจนถึงจุดวิกฤต ส่วนหอย *Bithynia Leach* อัตราการใช้ออกซิเจนจะค่อย ๆ ลดลงขณะที่ปริมาณออกซิเจนในน้ำลดลง (สุชาติ และคณะ, 2538)

ในการทดลองครั้งที่ 3 เพื่อหาความเข้มข้นของน้ำโซดาที่ทำให้สามารถใช้คีมถ่างช่วยแกะเปลือกหอยนางรมได้สำเร็จในช่วงแคบ จึงเลือกใช้ความเข้มข้นของน้ำโซดา ที่ระดับความเข้มข้น 10 ถึง 50 เปอร์เซ็นต์ เนื่องจากช่วงความเข้มข้นดังกล่าว เป็นช่วงระดับความเข้มข้นที่ต่ำที่สุดที่สามารถใช้คีมถ่างช่วยแกะเปลือกหอยนางรมได้สำเร็จมากที่สุด

ตารางที่ 1.5.2 จำนวนหอยนางรมที่แกะเปลือกได้สำเร็จ (เปอร์เซ็นต์) หลังแช่น้ำโซดาความเข้มข้น 10 ถึง 100 เปอร์เซ็นต์

ความเข้มข้นของน้ำโซดา (เปอร์เซ็นต์)	จำนวนหอยนางรมที่ แกะเปลือกได้สำเร็จ (เปอร์เซ็นต์)	พฤติกรรมของหอยนางรม
0	0	การเปิดและปิดเปลือกเป็น จังหวะ
10*	50.0	
25	30.0	
50*	50.0	ฝาเปลือกอ้ากว้างมาก โดย มักจะไม่หุบฝาเปลือก
75	50.0	
100	43.3	

หมายเหตุ * หมายถึง ความเข้มข้นของน้ำโซดาที่นำมาใช้ในการทดลองครั้งต่อไป

การศึกษาหาระดับความเข้มข้นที่เหมาะสมของน้ำโซดาในการคลายกล้ามเนื้อยึดเปลือกของหอยนางรมมีชีวิตเพื่อให้่ายต่อการแกะเปลือกหอย ครั้งที่ 3 ที่ระดับความเข้มข้นของน้ำโซดา 10 ถึง 50 เปอร์เซ็นต์ พบว่าความเข้มข้นของน้ำโซดาที่ 0, 10, 20, 30, 40 และ 50 เปอร์เซ็นต์ สามารถช่วยให้แกะเปลือกหอยนางรมได้สำเร็จ เท่ากับ 0, 53.3, 73.3, 50.0, 60.0 และ 46.7 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ (ตารางที่ 1.5.3) เมื่อสังเกตพฤติกรรม พบว่าในชุดควบคุม หอยนางรมจะมีการเปิดและปิดเปลือกเป็นจังหวะ แต่ที่ความเข้มข้นของน้ำโซดา 10 ถึง 50 เปอร์เซ็นต์ หอยนางรมมีการเปิดฝาเปลือก โดยมีลักษณะเปิดอ้ากว้างมาก และมักจะไม่หุบฝาเปลือก ซึ่งการหายใจของหอยสองฝาเกิดขึ้นโดยใช้เหงือกซึ่งเจริญดีมาก เหงือกประกอบด้วยซิเลียจำนวนมาก การพัดโบกของซิเลีย ทำให้เกิดการไหลของน้ำผ่านเข้าออกช่องแมนเทิล ซึ่งกลไกการหายใจของหอย พบว่าเซลล์ (cell) ที่มีซิเลียเป็นเซลล์ที่บีบตัวได้เองเป็นจังหวะ โดยอัตโนมัติ และยังคงบีบตัวได้แม้จะไม่มีเซลล์ประสาทควบคุม ในหอยสองฝา Anodonta มีกลไกอย่างน้อย 3 อย่างที่ควบคุมการทำงานของเซลล์เหล่านี้ ได้แก่ (1) กลไกที่ควบคุมการโบกพัดของซิเลีย (2) กลไกที่ควบคุมการทำงานร่วมกันภายในแต่ละเซลล์ และ (3) กลไกที่ควบคุมการทำงานร่วมกันระหว่างเซลล์ ในระบบประสาทส่วนกลางของหอยสองฝา เส้นประสาทที่ควบคุมการโบกพัดของซิเลีย คือ เส้นประสาทที่มาเลี้ยงเหงือก หรือเส้นประสาทแบริงเคียล (branchial nerve) ในหอย *Mytilus edulis* Linnaeus และ *Modiolus modiolus* (Linnaeus) เส้นประสาทไม่เข้าไปในแผ่นเหงือก (gill filament) สัญญาณประสาทที่รับผิดชอบต่อการทำงานของเหงือกผ่านทางไซโทพลาสซึม (cytoplasm) ของเซลล์ มีการคาดคะเนว่าการทำงานของเส้นประสาทที่มาเลี้ยงเหงือกของหอยสองฝา ทำให้เกิดการหลั่งของ 5 - ไฮดรอกซิลทริปทามีน (5 - hydroxyl tryptamine) ซึ่งเป็นสารที่พบในระบบประสาทของสัตว์ที่ไม่มีกระดูกสันหลังส่วนมาก หรือหลั่งสารที่คล้ายคลึงกันในเนื้อเยื่อของเหงือก และกระตุ้นการโบกพัดของซิเลีย ปัจจัยที่มีผลต่อการโบกพัดของซิเลีย เช่น อุณหภูมิ ความเป็นกรดเป็นด่าง และความดันออสโมติก เนื่องจากความเค็มจะมีผลต่อการหายใจของหอยสองฝาด้วย ในหอย *M. edulis* ความถี่ของการโบกพัดของซิเลีย จะเพิ่มขึ้นเมื่ออุณหภูมิเพิ่มขึ้นจาก 0 - 33 °C แต่ช่วงระยะการโบกพัด (amplitude) จะยังคงที่ ระหว่างอุณหภูมิ 34 - 40 °C ช่วงของการโบกพัดจะลดลง และความถี่ของการโบกพัดลดลง ที่อุณหภูมิ 40 °C ซิเลียจะอยู่ในสภาพคลายตัว และจะหดตัวที่ อุณหภูมิ 45 °C ความเป็นกรดเป็นด่าง และความดันออสโมติก ก็มีผลต่อการโบกพัดของซิเลียในเหงือกของหอยสองฝาเช่นเดียวกัน ในหอยสองฝบบางชนิด การเพิ่มความเข้มข้นของก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ จะส่งผลในการยับยั้งการโบกพัดของซิเลียในเหงือก สำหรับผลของความดันออสโมติกต่อการทำงานของซิเลีย จะแตกต่างกันในหอยสองฝาชนิดต่าง ๆ เช่น หอย *M. edulis* เมื่ออยู่ในน้ำทะเลที่เจือจางลงร้อยละ 60 ความถี่ของการโบกพัดของซิเลียในเหงือกจะลดลง ในขณะที่สภาพดังกล่าวไม่มีผลต่อหอย *Crassostrea virginica* (Gmelin) (สุชาติ และคณะ, 2538)

ในการทดลองครั้งที่ 4 เพื่อหาความเข้มข้นของน้ำโซดาที่ทำให้แกะเปลือกหอยนางรมได้สำเร็จในช่วงแคบ จึงเลือกใช้ความเข้มข้นของน้ำโซดา ที่ระดับความเข้มข้น 20 ถึง 40 เปอร์เซ็นต์ เนื่องจากเป็นช่วงที่มีแนวโน้มลดลง ที่จะสามารถแกะเปลือกหอยนางรมได้สำเร็จ จาก 73.3 เปอร์เซ็นต์ ลดลงเป็น 60.0 เปอร์เซ็นต์ และเลือกศึกษาในการทดลองครั้งที่ 5 ที่ระดับความเข้มข้นของน้ำโซดา 10 ถึง 20 เปอร์เซ็นต์ เนื่องจากช่วงความเข้มข้นของน้ำโซดา ดังกล่าว เป็นช่วงที่มีแนวโน้มของการแกะเปลือกได้สำเร็จเพิ่มขึ้น จาก 53.3 เปอร์เซ็นต์ เป็น 73.3 เปอร์เซ็นต์ ซึ่งเป็นความเข้มข้นของน้ำโซดาที่แกะเปลือกได้สำเร็จสูงที่สุด

ตารางที่ 1.5.3 จำนวนหอยนางรมที่แกะเปลือกได้สำเร็จ (เปอร์เซ็นต์) หลังแช่ด้วยน้ำโซดาคความเข้มข้น 10 ถึง 50 เปอร์เซ็นต์

ความเข้มข้นของน้ำโซดา (เปอร์เซ็นต์)	จำนวนหอยนางรมที่แกะ เปลือกได้สำเร็จ (เปอร์เซ็นต์)	พฤติกรรมของหอยนางรม
0	0	การเปิดและปิดเปลือกปกติ
10#	53.3	
20*#	73.3	
30	50.0	ฝาเปลือกอ้ากว้างมาก โดย มักจะไม่หุบฝาเปลือก
40*	60.0	
50	46.7	

หมายเหตุ * หมายถึง ความเข้มข้นของน้ำโซดาที่นำมาใช้ในการทดลองครั้งที่ 4

หมายถึง ความเข้มข้นของน้ำโซดาที่นำมาใช้ในการทดลองครั้งที่ 5

การศึกษาหาระดับความเข้มข้นที่เหมาะสมของน้ำโซดาในการคลายกล้ามเนื้อยึดเปลือกของหอยนางรมมีชีวิตเพื่อให้ง่ายต่อการแกะเปลือกหอย ครั้งที่ 4 ที่ระดับความเข้มข้น 20 ถึง 40 เปอร์เซ็นต์ พบว่าความเข้มข้นของน้ำโซดาที่ 0, 20, 25, 30, 35 และ 40 เปอร์เซ็นต์ สามารถช่วยให้แกะเปลือกหอยนางรมได้สำเร็จ เท่ากับ 0, 63.3, 53.3, 40.0, 50.0 และ 33.3 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ (ตารางที่ 1.5.4) เมื่อสังเกตพฤติกรรมพบว่าในชุดควบคุม หอยนางรมจะมีการเปิดและปิดเปลือกเป็นจังหวะ แต่ที่ความเข้มข้น 20 ถึง 40 เปอร์เซ็นต์ หอยนางรมมีการเปิดฝาเปลือก โดยมีลักษณะเปิดอ้ากว้างมาก และมักจะไม่หุบฝาเปลือก ในการทดลองครั้งที่ 5 จะไม่ได้ใช้ความเข้มข้นของน้ำโซดา จากกรทดลองที่ 4 แต่จะใช้ความเข้มข้นของน้ำโซดาจากการทดลองที่ 3 เพื่อหาความเข้มข้นของน้ำโซดาที่ทำให้สามารถใช้คีมถ่างช่วยแกะเปลือกหอยนางรมได้สำเร็จในช่วงแคบจึงเลือกใช้ความเข้มข้นของน้ำโซดา ที่ระดับความเข้มข้น 10 ถึง 20 เปอร์เซ็นต์ เนื่องจากช่วงความเข้มข้นดังกล่าวเป็นช่วงที่มีแนวโน้มเพิ่มขึ้นที่จะสามารถใช้คีมถ่างช่วยแกะเปลือกหอยนางรมได้สำเร็จเมื่อความเข้มข้นสูงขึ้น และใช้น้ำโซดาปริมาณน้อยกว่าในการทดลองครั้งนี้

ตารางที่ 1.5.4 จำนวนหอยนางรมที่แกะเปลือกได้สำเร็จ (เปอร์เซ็นต์) หลังแช่ด้วยน้ำโซดาความเข้มข้น 20 ถึง 40 เปอร์เซ็นต์

ความเข้มข้นของน้ำโซดา (เปอร์เซ็นต์)	จำนวนหอยนางรมที่แกะ เปลือกได้สำเร็จ (เปอร์เซ็นต์)	พฤติกรรมของหอยนางรม
0	0	มีการเปิดและปิดฝาเปลือกเป็น จังหวะ
20	63.3	ฝาเปลือกอ้ากว้างมาก โดย มักจะไม่หุบฝาเปลือก
25	53.3	
30	40.0	
35	50.0	
40	33.3	

การศึกษาหาระดับความเข้มข้นที่เหมาะสมของน้ำโซดาในการคลายกล้ามเนื้อยึดเปลือกของหอยนางรมมีชีวิตเพื่อให้ง่ายต่อการแกะเปลือกครั้งที่ 5 ระดับความเข้มข้น 10 ถึง 20 เปอร์เซ็นต์ พบว่าความเข้มข้นของน้ำโซดาที่ 0, 10, 12.5, 15, 17.5 และ 20 เปอร์เซ็นต์ สามารถช่วยให้ใช้เครื่องมือแกะเปลือกหอยนางรมได้สำเร็จ เท่ากับ 0, 73.3, 56.7, 53.3, 73.3 และ 60.0 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ (ตารางที่ 1.5.5) เมื่อสังเกตพฤติกรรม พบว่าในชุดควบคุม หอยนางรมจะมีการเปิดและปิดเปลือกเป็นจังหวะ แต่ที่ความเข้มข้น 10 ถึง 20 เปอร์เซ็นต์ หอยนางรมมีการเปิดเปลือก โดยมีลักษณะเปิดอ้ากว้างมาก และมักจะไม่หุบเปลือก

ตารางที่ 1.5.5 จำนวนหอยนางรมที่แกะเปลือกได้สำเร็จ (เปอร์เซ็นต์) หลังแช่ด้วยน้ำโซดาความเข้มข้น 10 ถึง 20 เปอร์เซ็นต์

ความเข้มข้นของน้ำโซดา (เปอร์เซ็นต์)	จำนวนหอยนางรมที่แกะ เปลือกได้สำเร็จ (เปอร์เซ็นต์)	พฤติกรรมของหอยนางรม
0	0	มีการเปิดและปิดเปลือกเป็น จังหวะ
10	73.3	ฝาเปลือกอ้ากว้างมาก โดย มักจะไม่หุบเปลือก
12.5	56.7	
15	53.3	
17.5	73.3	
20	60.0	

จากการศึกษาทั้ง 5 ครั้ง ในการใช้น้ำโซดาเป็นสารช่วยคลายกล้ามเนื้อยึดเปลือกของหอยนางรมมีชีวิต พบว่าเมื่อแช่หอยนางรมในน้ำโซดานาน 30 นาที น้ำโซดาช่วยทำให้ฝาเปลือกหอยนางรมอ้ากว้างมากขึ้น ง่ายต่อการใช้เครื่องมือในการแกะเปลือกได้สำเร็จ เนื่องจากน้ำโซดาเป็นสารละลายผสมระหว่างน้ำ กับ ก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ ซึ่งเป็นที่ทราบกันดีว่าสิ่งมีชีวิตต้องการก๊าซออกซิเจนเพื่อใช้ในการหายใจ โดยเฉพาะสัตว์น้ำส่วนใหญ่ไม่สามารถหายใจในอากาศได้ต้องหายใจโดยอาศัยน้ำเป็นตัวนำพาก๊าซออกซิเจนแลกเปลี่ยนกับ ก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์บริเวณเหงือก(Gill)เหงือกเป็นโครงสร้างที่พบได้ในพวกสัตว์น้ำที่จะต้องหายใจในน้ำและยังไม่สมบูรณ์เพียงพอที่จะหายใจในอากาศได้ เหงือกจะทำหน้าที่รับออกซิเจนจากน้ำ ซึ่งแบ่งการทำงานของเหงือกได้ 2 อย่าง คือ (1) Mobile gill เป็นการเคลื่อนที่ของเหงือกผ่านน้ำ พบได้ในพวกตัวอ่อนแมลงในน้ำ (2) Immobile gill เป็นการเคลื่อนที่ของน้ำผ่านเหงือกโดยใช้แรงซีเลียโบกพัดให้น้ำเคลื่อนที่ หรือมีกลไกการปั้มน้ำให้เคลื่อนผ่านเหงือก เช่น ปลา ปู เป็นต้น (สงศรี, 2533) และการหายใจของหอยสองฝาเกิดขึ้นโดยใช้เหงือกซึ่งมีการเจริญดีมาก เหงือกประกอบด้วยซีเลียเป็นจำนวนมาก การพัดโบกของซีเลีย ทำให้เกิดการ

ไหลของน้ำผ่านเข้าออกช่องแมนเทิล (สุชาติ และคณะ, 2538) ซึ่งในน้ำโซดาจากการทดลองนี้ เราสามารถวัดปริมาณออกซิเจนละลายในน้ำได้ต่ำกว่าน้ำปกติ โดยน้ำโซดา 100 เปอร์เซ็นต์ มีปริมาณออกซิเจนละลายในน้ำอยู่ระหว่าง 0.12 ถึง 0.6 mg/L ดังนั้นพฤติกรรมของหอยนางรมที่ต้องการก๊าซออกซิเจนในการหายใจ จึงต้องพยายามนำน้ำผ่านเหงือกให้มากที่สุดเพื่อให้ได้ปริมาณออกซิเจนเพียงพอกับความต้องการของร่างกาย โดยหอยสองฝาส่วนใหญ่ที่อาศัยอยู่ในน้ำสะอาดที่มีออกซิเจนละลายในน้ำอยู่มากจะไม่มีรงควัตถุที่ใช้ในการหายใจ ออกซิเจนที่เข้าสู่ร่างกายได้มาจากน้ำภายนอกโดยทางเหงือก และแมนเทิล (สุชาติ และคณะ, 2538) ดังนั้นเราจึงสังเกตพฤติกรรมของหอยนางรมที่เปลี่ยนไปจากเดิมโดยการย้ายเปลือกค้างเป็นเวลานาน จากพฤติกรรมดังกล่าวจึงทำให้เราสามารถใส่คีมถ่างและเปลือกได้สำเร็จ โดยพบว่าการใช้ความเข้มข้นของน้ำโซดา 10 เปอร์เซ็นต์ สามารถช่วยให้ใช้คีมถ่างและเปลือกหอยนางรมได้สำเร็จสูงถึง 73.3 เปอร์เซ็นต์ (ตารางที่ 1.5.5) และจากการศึกษาของ John *et al.* (1996) ให้ผลสนับสนุนการทดลองครั้งนี้ โดยพบว่าการใช้ก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ที่ระดับความเข้มข้น 600 ml/L ไม่มีผลที่เด่นชัดในการทำให้เกิดการคลายกล้ามเนื้อของหอย *Pinctada albino* (L) นอกจากนี้มีรายงานการทดลองเกี่ยวกับการใช้ก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ช่วยในการสลบสัตว์น้ำ เช่น การศึกษาของ Hiromasa *et al.* (1988) ในเรื่อง การเปลี่ยนแปลงในสภาวะสลบของปลา carp ด้วยการใช้คาร์บอนไดออกไซด์ที่ระดับคงที่ พบว่าปลา carp ทั้งหมดสลบ ที่ความดันของ CO₂ เท่ากับ 125, 150 และ 175 มม.ปรอท แต่ที่ความดันเหล่านี้ ทำให้ปลา carp ตายบางส่วน เท่ากับ 10, 20 และ 70 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ แต่ที่ความดันของ CO₂ เท่ากับ 100 มม.ปรอท จะทำให้ปลา carp มีอัตราการรอด 100 เปอร์เซ็นต์ แต่ทำให้ปลา carp สลบ 50 เปอร์เซ็นต์ จากการทดลอง ปลาสามารถฟื้นในช่วงเวลา 13 ถึง 130 นาที ค่าเฉลี่ยของระยะเวลาในการฟื้น 40 นาที ความเข้มข้นของยาสลบที่เหมาะสมคือ ความดันของ CO₂ ระหว่าง 100 ถึง 125 มม.ปรอท ซึ่งคณะผู้วิจัยรายงานว่า การใช้ก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์เหมาะที่จะนำมาใช้ทำให้ปลาสลบ ในการขนส่งปลาที่มีชีวิตเพื่อการบริโภคของมนุษย์ เพราะว่าเป็นวิธีที่ปลอดภัยสำหรับมนุษย์ ซึ่งจากผลการทดลองข้างต้นมีความสอดคล้องกับการศึกษาของ Hiromasa *et al.* (1988) ในเรื่องการใช้ก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ช่วยในการสลบสัตว์น้ำได้

ดังนั้นในการศึกษาครั้งต่อไป ในเรื่องศึกษาความพึงพอใจของผู้ที่ทดลองเปิดเปลือกหอยนางรม ภายหลังจากการแช่ในสารออกฤทธิ์ในการคลายกล้ามเนื้อยัดเปลือกของหอยนางรมมีชีวิต จึงมีการใช้สารผสมที่ประกอบด้วยชุดการทดลองดังต่อไปนี้

- ชุดที่ 1 สารละลายของน้ำจืดที่ผสมเกลือแกงลงไปให้มีความเค็มของน้ำอยู่ที่ 30 psu. (ชุดควบคุม)
- ชุดที่ 2 น้ำโซดา 10 เปอร์เซ็นต์ ร่วมกับ ยูจินอล 0.24 ml/L
- ชุดที่ 3 น้ำโซดา 10 เปอร์เซ็นต์ ร่วมกับ เมนทอล 0.1 g/L
- ชุดที่ 4 น้ำโซดา 10 เปอร์เซ็นต์ ร่วมกับ ดีเกลือ 37.98 g/L
- ชุดที่ 5 น้ำโซดา 10 เปอร์เซ็นต์

ซึ่งน่าจะให้ผลการคลายกล้ามเนื้อยึดเปลือกหอยนางรมมีชีวิตได้มากที่สุด เนื่องจากมีน้ำโซดาช่วยในการเร่งให้หอยนางรมอำเปลือกได้กว้างขึ้น เพื่อหอยนางรมสามารถรับสารละลายยูจินอล เมนทอล และ ดีเกลือ ได้เพิ่มขึ้น ซึ่งน่าจะส่งผลให้เราสามารถแกะเปลือกหอยนางรมได้สำเร็จเพิ่มมากขึ้นอีกด้วย

โดยพบว่า ต้นทุนเฉลี่ย ในการเตรียมสารผสม ต่อ น้ำ 1 ลิตร มีต้นทุนเฉลี่ย ดังนี้

- น้ำโซดา 10 เปอร์เซ็นต์ ร่วมกับ ยูจินอล 0.24 ml/L	มีต้นทุนเฉลี่ยประมาณ	3.50	บาท
- น้ำโซดา 10 เปอร์เซ็นต์ ร่วมกับ เมนทอล 0.1 g/L	มีต้นทุนเฉลี่ยประมาณ	4.00	บาท
- น้ำโซดา 10 เปอร์เซ็นต์ ร่วมกับ ดีเกลือ 37.98 g/L	มีต้นทุนเฉลี่ยประมาณ	5.00	บาท
- น้ำโซดา 10 เปอร์เซ็นต์	มีต้นทุนเฉลี่ยประมาณ	2.50	บาท

การทดลองที่ 2 ศึกษาความพึงพอใจของผู้ทดลองเปิดเปลือกหอยนางรม ภายหลังจากการแช่ในสารออกฤทธิ์ในการคลายกล้ามเนื้อยึดเปลือกของหอยนางรมมีชีวิต

ผู้ทดลองแกะเปลือกหอยนางรมได้ประเมินความยากง่ายในการแกะเปลือกหอยนางรม พบว่าหอยนางรมที่แช่ในน้ำโซดา 10 เปอร์เซ็นต์ ร่วมกับ ดิเกลือ 37.98 g/L (ชุดที่ 4) สามารถแกะเปลือกได้ง่ายกว่าชุดที่ 1 หอยนางรมที่แช่ในสารละลายของน้ำจืดที่ผสมเกลือแกลงไปให้มีความเค็มของน้ำอยู่ที่ 30 psu. (ชุดควบคุม) เท่ากับ 44 เปอร์เซ็นต์ ตามมาด้วยชุดที่ 5, 2 และ 3 เท่ากับ 30, 16 และ 8 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ (ตารางที่ 2.1 และ ภาพที่ 4)

ส่วนหอยนางรมที่แช่น้ำโซดา 10 เปอร์เซ็นต์ ร่วมกับ เมนทอล 0.1 g/L (ชุดที่ 3) ผู้ทดลองส่วนใหญ่ได้ประเมินว่า ความยากในการแกะเปลือกหอยนางรมจะเท่ากับชุดควบคุม โดยมีผู้ประเมินเห็นด้วยถึง 86 เปอร์เซ็นต์ (ตารางที่ 2.1 และ ภาพที่ 4)

จากข้อมูลข้างต้น ทำให้สรุปได้ว่าสารผสมที่มีน้ำโซดา 10 เปอร์เซ็นต์รวมอยู่ด้วยที่นำมาทดลองมีส่วนช่วยให้แกะเปลือกได้ง่ายขึ้น แต่ยังไม่ให้ผลการแกะเปลือกหอยนางรมได้สำเร็จต่ำกว่า 50 เปอร์เซ็นต์ ซึ่งสอดคล้องกับข้อมูล เรื่องผลสำเร็จในการแกะเปลือกหอยนางรมของผู้ทดลอง เมื่อแช่ด้วยสารออกฤทธิ์คลายกล้ามเนื้อยึดเปลือก ที่พบว่าในชุดที่ 4 และ 5 มีผู้แกะเปลือกหอยนางรมได้สำเร็จ 48 และ 34 เปอร์เซ็นต์ (ตารางที่ 2.2 และ ภาพที่ 5)

จากการทดลอง พบปัญหาในการแกะเปลือกหอยนางรมเช่นกัน คือ เมื่อเราทำการแช่หอยนางรมครั้งละหลายๆ ตัว ซึ่งในการทดลองครั้งที่ 1 เราแช่หอยนางรม 20 ตัว ในภาชนะเดียวกัน พบว่ากลุ่มตัวอย่างที่ทำการทดลองแกะเปลือก จะสามารถแกะเปลือกหอยนางรมได้สำเร็จเฉพาะหอยนางรมที่อยู่ด้านบนของภาชนะเท่านั้น เมื่อกลุ่มตัวอย่างหยิบหอยนางรมที่อำเปลือกค้างที่อยู่ด้านล่างของภาชนะ ทำให้หอยนางรมหุบเปลือกทันที ส่งผลให้กลุ่มตัวอย่างที่ทำการทดลองคนต่อไป ไม่สามารถแกะเปลือกหอยนางรมได้สำเร็จ เพราะหอยนางรมจะตกใจ และปิดฝาเปลือกสนิท ถึงแม้เราจะทิ้งช่วงระยะเวลาออกไปอีกประมาณ 30 นาที หอยนางรมก็ไม่ยอมเปิดฝาเปลือกเลย จากปัญหาดังกล่าว จึงแบ่งผู้ทดลองออกเป็นกลุ่มย่อยๆ กลุ่มละ 5 ถึง 6 คน ในการทำการทดลองครั้งนี้ และวางแช่หอยนางรมในลักษณะที่ไม่เรียงซ้อนทับกัน พบว่า กลุ่มผู้ทดลองสามารถเปิดเปลือกหอยนางรมในทุกชุดการทดลองมากขึ้น ดังผลการทดลอง (ตารางที่ 2.2 ภาพที่ 5)

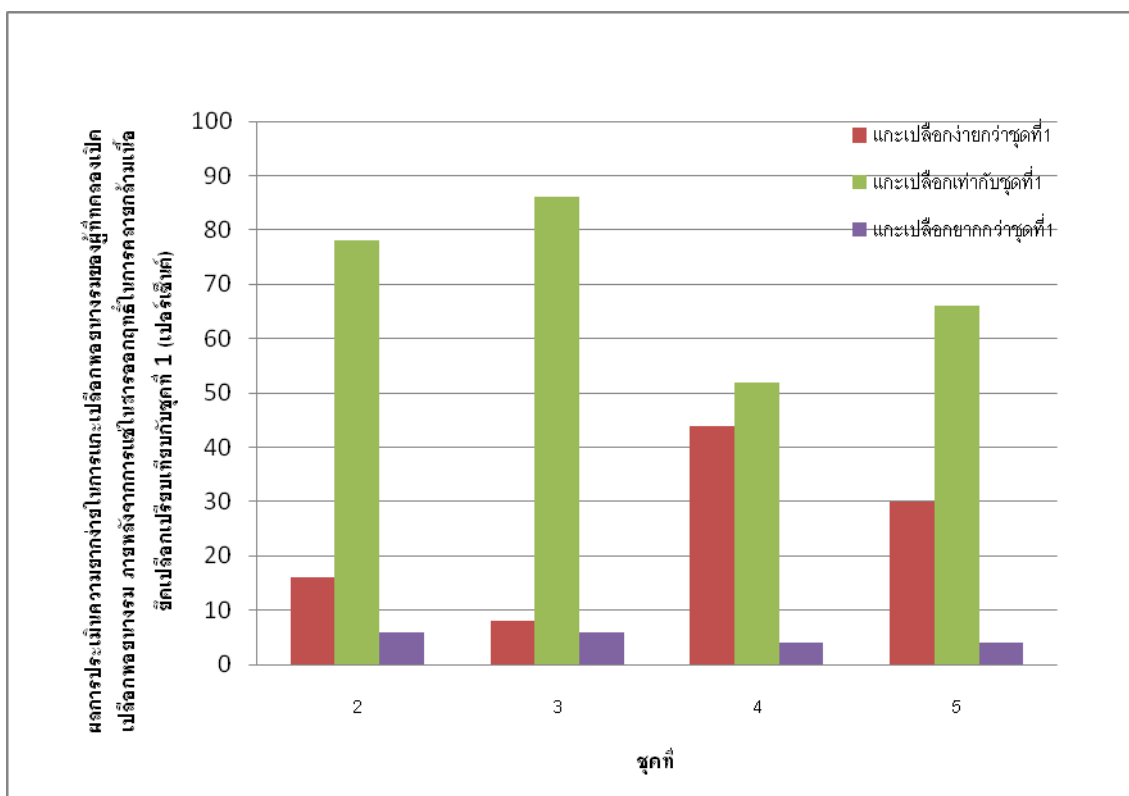
ซึ่งจากวิธีการข้างต้นมีข้อจำกัด โดยมีความเหมาะกับการแกะเปลือกหอยนางรมปริมาณน้อย ๆ เช่น เพื่อการบริโภคในครัวเรือน หรือกลุ่มที่ต้องการแกะเปลือกหอยนางรม แต่ไม่มีความชำนาญ เช่น กลุ่มผู้

ต้องการทำวิจัยต่าง ๆ ที่เกี่ยวข้องกับการแกะเปลือกหอยนางรม ปัญหานี้จะส่งผลโดยตรงกับกลุ่มที่มีความต้องการในการแกะเปลือกหอยนางรมจำนวนมาก เช่น อุตสาหกรรมแปรรูปหอยนางรมต่าง ๆ อาจดัดแปลงวิธีการเตรียมสารละลายใหม่ เช่น แทนที่จะใช้น้ำโซดา อาจเปลี่ยนเป็นการใช้ก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์เติมลงไปแทน เพราะวิธีการทำน้ำโซดา ได้มาจากการเพิ่มการละลายก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ลงไปในการเพิ่มความดัน และเพิ่มเวลาในการแช่หอยนางรมให้นานขึ้น น่าจะเป็นวิธีการหนึ่งที่จะช่วยแก้ไขปัญหานี้ได้

ตารางที่ 2.1 ผลการประเมินความยากง่ายในการแกะเปลือกหอยนางรมของผู้ที่ทดลองเปิดเปลือกหอยนางรม ภายหลังจากการแช่ในสารออกฤทธิ์ในการคลายกล้ามเนื้อยึดเปลือกเปรียบเทียบกับชุดที่ 1 (ชุดควบคุม) (เปอร์เซ็นต์)

ชุดที่	ผลการประเมินความยากง่ายในการแกะเปลือกหอยนางรมของผู้ที่ทดลองเปิดเปลือกหอยนางรม ภายหลังจากการแช่ในสารออกฤทธิ์ในการคลายกล้ามเนื้อยึดเปลือกเปรียบเทียบกับชุดที่ 1 (ชุดควบคุม) (เปอร์เซ็นต์)		
	แกะเปลือกง่ายกว่าชุดที่ 1 (ชุดควบคุม)	แกะเปลือกเท่ากับชุดที่ 1 (ชุดควบคุม)	แกะเปลือกยากกว่าชุดที่ 1 (ชุดควบคุม)
2	16	78	6
3	8	86	6
4	44	52	4
5	30	66	4

หมายเหตุ ชุดที่ 1 สารละลายของน้ำจืดที่ผสมเกลือแกงลงไปให้มีความเค็มของน้ำอยู่ที่ 30psu (ชุดควบคุม)
 ชุดที่ 2 น้ำโซดา 10 เปอร์เซ็นต์ ร่วมกับ ยูจินอล 0.24 ml/L
 ชุดที่ 3 น้ำโซดา 10 เปอร์เซ็นต์ ร่วมกับ เมนทอล 0.1 g/L
 ชุดที่ 4 น้ำโซดา 10 เปอร์เซ็นต์ ร่วมกับ ดีเกลือ 37.98 g/L
 ชุดที่ 5 น้ำโซดา 10 เปอร์เซ็นต์



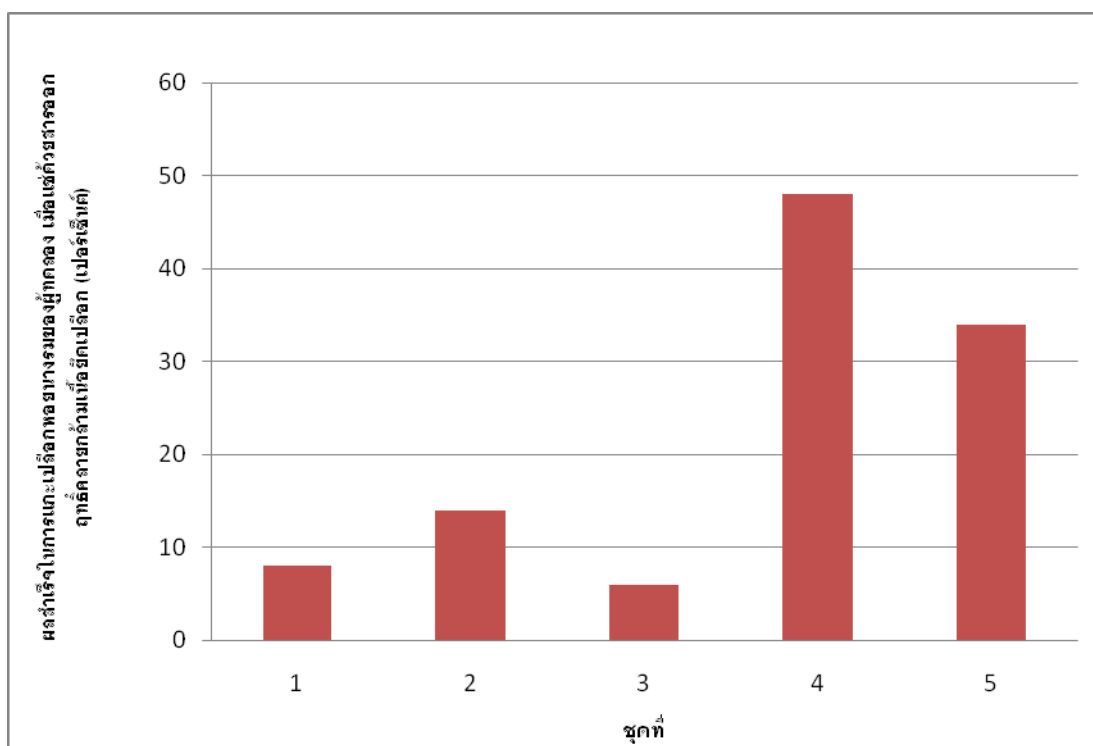
ภาพที่ 4 ผลการประเมินความยากง่ายในการแกะเปลือกหอยนางรมของผู้ทดลองเปิดเปลือกหอยนางรม ภายหลังจากการแช่ในสารออกฤทธิ์ในการคลายกล้ามเนื้อยึดเปลือกเปรียบเทียบกับชุดที่ 1 (เปอร์เซ็นต์)

ผลสำเร็จในการแกะเปลือกหอยนางรมของผู้ทดลอง เมื่อแช่ด้วยสารออกฤทธิ์คลายกล้ามเนื้อยึดเปลือก พบว่าชุดที่ 4 หอยนางรมที่แช่น้ำโซดา 10 เปอร์เซ็นต์ ร่วมกับ ดิเกลีอ 37.98 g/L มีผู้แกะเปลือกหอยนางรมได้สำเร็จสูงที่สุด เท่ากับ 48 เปอร์เซ็นต์ รองลงมา คือ ชุดที่ 5, 2, 1 และ 3 ตามลำดับ (ตารางที่ 2.2 และ ภาพที่ 5)

ตารางที่ 2.2 ผลสำเร็จในการแกะเปลือกหอยนางรมของผู้ทดลองเมื่อแช่ด้วยสารออกฤทธิ์คล้ายกล้ามเนื้อ
ยัดเปลือก (เปอร์เซ็นต์)

ชุดที่	ผลสำเร็จในการแกะเปลือกหอยนางรมของผู้ทดลองเมื่อแช่ด้วยสารออกฤทธิ์ คล้ายกล้ามเนื้อยัดเปลือก (เปอร์เซ็นต์)
1	8
2	14
3	6
4	48
5	34

หมายเหตุ ชุดที่ 1 สารละลายของน้ำจืดที่ผสมเกลือแกงลงไปให้มีความเค็มของน้ำอยู่ที่ 30psu (ชุดควบคุม)
ชุดที่ 2 น้ำโซดา 10 เปอร์เซ็นต์ ร่วมกับ ยูจินอล 0.24 ml/L
ชุดที่ 3 น้ำโซดา 10 เปอร์เซ็นต์ ร่วมกับ เมนทอล 0.1 g/L
ชุดที่ 4 น้ำโซดา 10 เปอร์เซ็นต์ ร่วมกับ ดีเกลือ 37.98 g/L
ชุดที่ 5 น้ำโซดา 10 เปอร์เซ็นต์



ภาพที่ 5 ผลสำเร็จในการแกะเปลือกหอยนางรมของผู้ทดลองเมื่อแช่ด้วยสารออกฤทธิ์คล้ายกลุ้มเนื้อยัดเปลือก (เปอร์เซ็นต์)

จากการกรอกแบบสอบถามของผู้ทดลองเปิดเปลือกหอยนางรมหลังจากการแช่ในสารออกฤทธิ์ในการคล้ายกลุ้มเนื้อยัดเปลือก พบว่าผลการยอมรับในวิธีการใช้สารออกฤทธิ์ ทั้ง 4 ชนิด ในการคล้ายกลุ้มเนื้อยัดเปลือกหอยนางรมมีชีวิต คิดเป็น 86 เปอร์เซ็นต์

การทดลองที่ 3 ศึกษาความพึงพอใจของผู้บริโภคต่อคุณลักษณะทางประสาทสัมผัสของหอยนางรมสด ภายหลังการแช่ในสารออกฤทธิ์ในการคลายกล้ามเนื้อยึดเปลือกของหอยนางรมมีชีวิต

คณะผู้วิจัยได้กำหนดคะแนนความพึงพอใจในเรื่อง กลิ่นคาว ความนุ่ม รสชาติ และความพึงพอใจรวม ดังนี้

มากที่สุด	เท่ากับ 5 คะแนน
มาก	เท่ากับ 4 คะแนน
ปานกลาง	เท่ากับ 3 คะแนน
น้อย	เท่ากับ 2 คะแนน
น้อยที่สุด	เท่ากับ 1 คะแนน

จากการทดลอง พบว่าระดับความพึงพอใจของผู้บริโภคต่อคุณลักษณะทางประสาทสัมผัสของหอยนางรมสด ภายหลังการแช่ในสารออกฤทธิ์เพื่อคลายกล้ามเนื้อยึดเปลือกของหอยนางรมมีชีวิต ในเรื่องกลิ่นคาว ในชุดการทดลองที่ 2 และ 5 ให้ผลความพึงพอใจสูงสุด เท่ากับ 3.5 คะแนนเท่ากันทั้งสองชุดการทดลอง ส่วนชุดการทดลองที่ 1 (ชุดควบคุม) และชุดการทดลองที่ 3 ให้ผลความพึงพอใจต่ำที่สุด เท่ากับ 3.3 คะแนนเท่ากันทั้งสองชุดการทดลอง และชุดการทดลองที่ 4 ให้ผลความพึงพอใจ เท่ากับ 3.4 คะแนน ($P>0.05$) (ตารางที่ 3 และ ภาพที่ 6)

เรื่องความนุ่มของหอยนางรม พบว่าชุดการทดลองที่ 3 และ 4 หอยนางรมมีความนุ่มมากที่สุด เท่ากับ 3.6 คะแนน ทั้งสองชุดการทดลอง รองลงมา คือ ชุดการทดลองที่ 1 และ 2 เท่ากับ 3.5 คะแนนเท่ากันทั้งสองชุดการทดลอง และชุดการทดลองที่ 5 เท่ากับ 3.3 คะแนนเท่ากันทั้งสองชุดการทดลอง ($P>0.05$) (ตารางที่ 3 และ ภาพที่ 6)

เรื่องรสชาติในการชิมหอยนางรมครั้งนี้ พบว่ากลุ่มตัวอย่างพึงพอใจในรสชาติของหอยนางรมชุดที่ 3 มากที่สุด เท่ากับ 3.7 คะแนน รองลงมาคือ ชุดการทดลองที่ 1 และ 2 เท่ากับ 3.6 คะแนนเท่ากันทั้งสองชุดการทดลอง ส่วนชุดการทดลองที่ 4 และ 5 พึงพอใจในรสชาติน้อยที่สุด เท่ากับ 3.5 คะแนนเท่ากันทั้งสองชุดการทดลอง ($P>0.05$) (ตารางที่ 3 และ ภาพที่ 6)

เรื่องความพึงพอใจโดยรวมของผู้บริโภคต่อคุณลักษณะทางประสาทสัมผัสของหอยนางรมสด ภายหลังการแช่ในสารออกฤทธิ์ในการคลายกล้ามเนื้อยึดเปลือกของหอยนางรมมีชีวิต พบว่ากลุ่มตัวอย่างพึง

พอใจในหอยนางรมชุดที่ 3 และ 5 มากที่สุด เท่ากับ 3.9 คะแนนเท่ากันทั้งสองชุดการทดลอง รองลงมาคือ ชุดการทดลองที่ 2 เท่ากับ 3.8 คะแนน และชุดการทดลองที่ 1 และ 4 กลุ่มตัวอย่างพึงพอใจน้อยที่สุด เท่ากับ 3.7 คะแนนเท่ากันทั้งสองชุดการทดลอง ($P>0.05$) (ตารางที่ 3 และ ภาพที่ 6)

จากข้อมูลข้างต้นแสดงให้เห็นว่า การใช้สารออกฤทธิ์คล้ายคล้ำมเนื้อยึดเปลือกหอยนางรมมีชีวิต ได้แก่ ยูจินอล 0.24 ml/L, เมนทอล 0.1 g/L, ดีเกลือ 37.98 g/L ในน้ำโซดา 10 เปอร์เซ็นต์ และน้ำโซดา 10 เปอร์เซ็นต์ ให้ผล ความพึงพอใจของผู้บริโภคต่อคุณลักษณะทางประสาทสัมผัสของหอยนางรมสดไม่มีความแตกต่างกัน ($P>0.05$)

การตรวจสอบทางประสาทสัมผัส (Sensory method) การประเมินค่าความสดของสัตว์น้ำทางประสาทสัมผัสทำได้ยาก เนื่องจากมีความชอบของผู้ตรวจสอบเข้ามาเกี่ยวข้อง เพราะในการตรวจสอบจะต้องใช้วิธีชิมรส (taste) การดมกลิ่น (smell) การสัมผัส (touch) และการมองเห็น (sight) อย่างไรก็ตาม ถ้ามีการกำหนดเกณฑ์ในการตัดสินเอาไว้จะช่วยในการพิจารณาเป็นไปอย่างถูกต้องยิ่งขึ้น ดังนั้น ข้อมูลเกี่ยวกับลักษณะสัตว์น้ำสดแต่ละชนิดจึงมีความสำคัญอย่างยิ่งในการตรวจสอบทางประสาทสัมผัส เพื่อนำมาประเมินค่าความสดของสัตว์น้ำต่อไป (มัทนา, 2548)

ตารางที่ 3 ความพึงพอใจของผู้บริโภคต่อคุณลักษณะทางประสาทสัมผัสของหอยนางรมสด ภายหลังจากการแช่ในสารออกฤทธิ์ในการคลายกล้ามเนื้อยึดเปลือกของหอยนางรมมีชีวิต (คะแนน)

ชุดที่	ความพึงพอใจของผู้บริโภคต่อคุณลักษณะทางประสาทสัมผัสของหอยนางรมสด ภายหลังจากการแช่ในสารออกฤทธิ์ในการคลายกล้ามเนื้อยึดเปลือกของหอยนางรมมีชีวิต (คะแนน)			
	กลิ่นคาว	ความนุ่มของหอย	รสชาติ	ความพึงพอใจโดยรวม
1	3.3 ^a	3.5 ^a	3.6 ^a	3.7 ^a
2	3.5 ^a	3.5 ^a	3.6 ^a	3.8 ^a
3	3.3 ^a	3.6 ^a	3.7 ^a	3.9 ^a
4	3.4 ^a	3.6 ^a	3.5 ^a	3.7 ^a
5	3.5 ^a	3.3 ^a	3.5 ^a	3.9 ^a
P - value	0.717	0.448	0.881	0.576

หมายเหตุ อักษร a ที่เหมือนกันในแนวตั้ง แสดงว่าไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (P > 0.05)

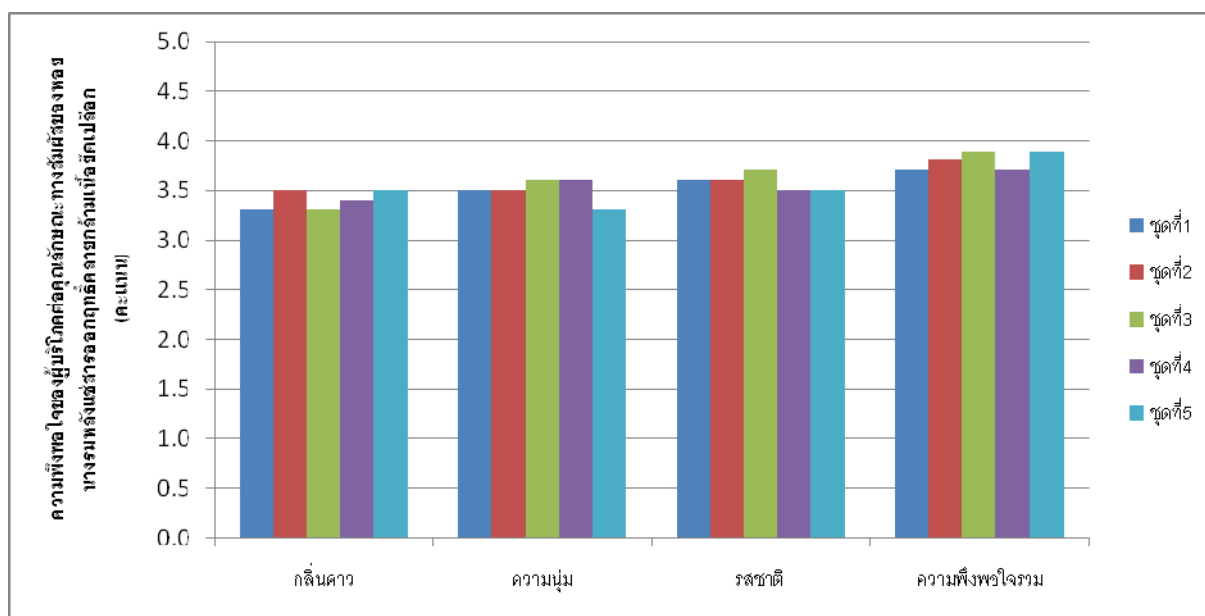
ชุดที่ 1 สารละลายของน้ำจืดที่ผสมเกลือแกงลงไปให้มีความเค็มของน้ำอยู่ที่ 30psu (ชุดควบคุม)

ชุดที่ 2 น้ำโซดา 10 เปอร์เซ็นต์ ร่วมกับ ยูจินอล 0.24 ml/L

ชุดที่ 3 น้ำโซดา 10 เปอร์เซ็นต์ ร่วมกับ เมนทอล 0.1 g/L

ชุดที่ 4 น้ำโซดา 10 เปอร์เซ็นต์ ร่วมกับ ดีเกลือ 37.98 g/L

ชุดที่ 5 น้ำโซดา 10 เปอร์เซ็นต์



ภาพที่ 6 ความพึงพอใจของผู้บริโภคต่อคุณลักษณะทางประสาทสัมผัสของหอยนางรมสดภายหลังการแช่ในสารออกฤทธิ์ในการคลายกล้ามเนื้อยืดเปลือก (คะแนน)

การทดลองที่ 4 ศึกษาผลของสารที่ออกฤทธิ์ในการคลายกล้ามเนื้อยึดเปลือกของหอยนางรมมีชีวิตที่คัดเลือกได้ต่อการลดการปนเปื้อนของแบคทีเรียที่บ่งชี้สุขภาพและแบคทีเรียก่อโรควางชนิดที่พบในตัวอย่างหอยนางรม

ในการศึกษาครั้งนี้ ได้นำหอยนางรมมาทำการศึกษารวม 4 ครั้ง การทดลองในช่วงเดือนสิงหาคม พ.ศ. 2553 และพบว่าปริมาณเฉลี่ยของแบคทีเรียรวมที่ปนเปื้อนในหอยนางรม ในชุดที่ 1, 2, 3, 4 และ 5 มีค่าเท่ากับ 1.949 ± 0.898 , 3.015 ± 0.625 , 2.482 ± 0.761 , 3.186 ± 0.627 และ 2.896 ± 0.889 log CFU/g ตามลำดับ โดยพบว่า หอยนางรมที่แช่ในน้ำโซดา 10 เปอร์เซ็นต์ ร่วมกับ เมนทอล 0.1 g/L (ชุดที่ 3) ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P > 0.05$) กับหอยนางรมแช่ในสารละลายของน้ำจืดที่ผสมเกลือแกงลงไปให้มีความเค็มของน้ำอยู่ที่ 30 psu. (ชุดควบคุม) (ตารางที่ 4.1) และพบว่าหอยนางรมที่ใช้ในการทดลองทุกชุดการทดลอง มีปริมาณแบคทีเรียรวมอยู่ในเกณฑ์มาตรฐานอาหารดิบที่เตรียมหรือปรุงในสภาพบริโภคนได้ทันทีในกลุ่มอาหารทะเลที่กำหนดว่าต้องมีปริมาณแบคทีเรียรวมน้อยกว่า 1×10^6 CFU/g (กรมวิทยาศาสตร์การแพทย์, 2553) และสอดคล้องกับรายงานของมณีย์ และคณะ (มปป.) ที่ศึกษาการปนเปื้อนของแบคทีเรียก่อโรคในหอยสองฝา บริเวณอ่าวบ้านดอน จังหวัดสุราษฎร์ธานี โดยทำการเก็บตัวอย่างระหว่างเดือนกุมภาพันธ์ 2550 ถึง เดือนมกราคม 2551 พบปริมาณแบคทีเรียรวมในหอยนางรม 1.0×10^5 CFU/g ซึ่งอยู่ในเกณฑ์มาตรฐานยอมรับสำหรับหอยสองฝาบริโภคสดของกรมวิทยาศาสตร์การแพทย์ และการศึกษาเรื่อง ปริมาณแบคทีเรียในหอยตะไกรต่างขนาดในแหล่งเลี้ยงอ่าวบ้านดอน จังหวัดสุราษฎร์ธานี โดยการตรวจสอบปริมาณแบคทีเรียในหอยตะไกรขนาดความยาวน้อยกว่า 5.0 ถึง > 12.0 เซนติเมตร รวม 5 ขนาด ในช่วงเดือนตุลาคม 2544 มีนาคม และกรกฎาคม 2545 พบปริมาณแบคทีเรียรวมเฉลี่ยทั้งปีในหอยขนาด < 5.0 , 5.1 – 7.5, 7.6 – 10.0, 10.1 – 12.0 และ > 12.0 เซนติเมตร เท่ากับ 5.5×10^5 , 5.4×10^5 , 2.4×10^5 , 2.4×10^5 และ 5.8×10^5 CFU/g ตามลำดับ ซึ่งไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P > 0.05$) และปริมาณแบคทีเรียรวมในหอยทุกขนาดเฉลี่ยทั้งปีเท่ากับ 4.3×10^5 CFU/g (ลมคาย และคณะ, 2548)

ในครั้งที่ 1 ที่ทำการตรวจวิเคราะห์ปริมาณแบคทีเรียรวม พบว่ามีปริมาณแบคทีเรียรวมในทุกชุดการทดลองมากกว่าในทุก ๆ ครั้งที่ทำการตรวจวิเคราะห์ เนื่องจากในครั้งที่ 1 ตัวอย่างที่ใช้นำมาจากร้านขายหอยนางรมสดบริเวณข้างถนนในจังหวัดสุราษฎร์ธานี เนื่องจากฟาร์มที่จำหน่ายตัวอย่างเกิดขาดแคลนหอยนางรมจึงอาจเป็นสาเหตุประการสำคัญที่ทำให้ปริมาณแบคทีเรียรวมมีปริมาณสูงกว่าครั้งอื่นๆ ส่วนในครั้งที่ 2, 3 และ 4 คณะผู้วิจัยเก็บตัวอย่างจากฟาร์มหอยนางรม ซึ่งจะได้หอยนางรมที่สด และมีระยะเวลาเก็บรักษา ก่อนนำมาตรวจวิเคราะห์หาเชื้อแบคทีเรียที่สั้นกว่าโดยใช้เวลาในการเดินทางไม่เกิน 2 ชั่วโมง (ตารางที่ 4.1) โดยการปนเปื้อนของจุลินทรีย์ สามารถจะเคลื่อนย้ายมาจากอาหารหนึ่งไปยังอาหารอื่นได้ ทั้งโดยวิธีการสัมผัสโดยตรง หรือโดยผู้ปฏิบัติงานอาหาร พื้นผิวบริเวณที่สัมผัส หรืออากาศ การป้องกันการปนเปื้อนข้ามอาจรวมถึงการป้องกันการปนเปื้อนโดยผู้ปฏิบัติเกี่ยวกับอาหาร การป้องกันการปนเปื้อนจากส่วนผสม และ

วัตถุประสงค์ การป้องกันการปนเปื้อนจากน้ำแข็งที่ใช้เป็นตัวทำความเย็น การป้องกันการปนเปื้อนจากเครื่องมือและอุปกรณ์ การป้องกันการปนเปื้อนจากสถานที่ การป้องกันการปนเปื้อนจากผู้บริโภค (มัทนา, 2548) ซึ่งปัจจัยดังกล่าวเหล่านี้ ส่งผลต่อปริมาณเชื้อแบคทีเรียก่อให้เกิดโรคในหอยนางรมทั้งสิ้น

ตารางที่ 4.1 ปริมาณแบคทีเรียรวม (log CFU/g) ที่พบในหอยนางรม เมื่อใช้สารที่ออกฤทธิ์ในการคลาย
กล้ามเนื้อยึดเปลือกของหอยนางรมมีชีวิต

ครั้งที่	ปริมาณแบคทีเรียรวม (log CFU/g) ที่พบในหอยนางรม เมื่อใช้สารที่ออกฤทธิ์ในการคลาย กล้ามเนื้อยึดเปลือกของหอยนางรมมีชีวิต				
	ชุดที่ 1	ชุดที่ 2	ชุดที่ 3	ชุดที่ 4	ชุดที่ 5
1	2.940 ± 0.000	3.264 ± 1.201	2.946 ± 0.237	3.989 ± 0.341	3.997 ± 0.165
2	1.301 ± 0.000	2.773 ± 0.379	1.929 ± 0.888	2.965 ± 0.613	2.528 ± 0.073
3	1.301 ± 0.000	3.309 ± 0.693	2.067 ± 1.083	2.984 ± 0.697	1.916 ± 0.870
4	2.253 ± 1.346	2.712 ± 0.255	2.986 ± 0.381	2.804 ± 0.125	3.142 ± 0.088
ค่าเฉลี่ย	1.949 ± 0.898 ^a	3.015 ± 0.625 ^b	2.482 ± 0.761 ^{ab}	3.186 ± 0.627 ^b	2.896 ± 0.889 ^b
P - value	0.021				

หมายเหตุ อักษร a,b ที่เหมือนกันในแนวนอนแสดงค่าไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ
ข้อมูลที่แสดงครั้งที่ 1 – 4 เป็นค่าเฉลี่ย 2 ซ้ำ
ชุดที่ 1 สารละลายของน้ำจืดที่ผสมเกลือแกงลงไปให้มีความเค็มของน้ำอยู่ที่ 30psu (ชุดควบคุม)
ชุดที่ 2 น้ำโซดา 10 เปอร์เซ็นต์ ร่วมกับ ยูจินอล 0.24 ml/L
ชุดที่ 3 น้ำโซดา 10 เปอร์เซ็นต์ ร่วมกับ เมนทอล 0.1 g/L
ชุดที่ 4 น้ำโซดา 10 เปอร์เซ็นต์ ร่วมกับ ดีเกลือ 37.98 g/L
ชุดที่ 5 น้ำโซดา 10 เปอร์เซ็นต์

ปริมาณ Coliform Bacteria ที่พบในหอยนางรม ในชุดที่ 1, 2, 3, 4 และ 5 มีปริมาณอยู่ระหว่าง $< 1.8 - 4.5$, $< 1.8 - 350$, $< 1.8 - 6.1$, $< 1.8 - 110$ และ $< 1.8 - 79$ MPN/g ทุกชุดการทดลองไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P > 0.05$) (ตารางที่ 4.2) คุณภาพทางจุลินทรีย์ (Microbial Quality) ของอาหารและน้ำเป็นเกณฑ์หนึ่งที่ใช้บ่งบอกถึงคุณภาพของอาหาร และน้ำที่มนุษย์ใช้เพื่อการบริโภคหรืออุปโภค เช่น คุณภาพทางจุลินทรีย์ของน้ำดื่ม คุณภาพทางจุลินทรีย์ของอาหารสด อาหารปรุงจำหน่าย เป็นต้น โดยทั่วไปจะมีดัชนี หรือตัวบ่งชี้การปนเปื้อนอุจจาระ (Fecal Indicator) เพื่อบ่งบอกถึงความปลอดภัยของผู้บริโภค ได้แก่ (1) เชื้อโคลิฟอร์ม (Coliform) ซึ่งเป็นกลุ่มของแบคทีเรียแกรมลบ รูปแท่งสั้น ๆ ประกอบด้วย *E. coli*, *Citrobacter*, *Klebsiella* และ *Enterobacter* โดยสามารถพบได้ในลำไส้ของมนุษย์ สัตว์ และในสิ่งแวดล้อมที่มีสิ่งปฏิกูล (2) เชื้อฟีคัลโคลิฟอร์ม (Fecal Coliform) เป็นโคลิฟอร์มกลุ่มที่ออกมากับอุจจาระของมนุษย์และสัตว์ โดยมากกว่าร้อยละ 95 ของฟีคัลโคลิฟอร์มมาจากอุจจาระของมนุษย์ (3) เชื้ออีโคไล (*E. coli*) เป็นแบคทีเรียในกลุ่มโคลิฟอร์ม อาศัยอยู่ในลำไส้ของมนุษย์ และสัตว์ออกมาสู่สิ่งแวดล้อมพร้อมอุจจาระ โดยในอุจจาระหนัก 1 กรัม สามารถตรวจพบเชื้อนี้ได้ถึง 100 ล้านเซลล์ (พิพัฒน์, 2550) ในการศึกษาของกมลยและคณะ (2548) เรื่อง ปริมาณแบคทีเรียในหอยตะกรมต่างขนาดในแหล่งเลี้ยงอ่าวบ้านดอน จังหวัดสุราษฎร์ธานี ซึ่งทำการเก็บตัวอย่างในเดือนตุลาคม 2544 มีนาคม 2545 และกรกฎาคม 2545 โดยเก็บตัวอย่างหอยขนาดต่าง ๆ กันดังนี้ < 5.0 , $5.1 - 7.5$, $7.6 - 10.0$, $10.1 - 12.0$ และ > 12.0 เซนติเมตร พบปริมาณ coliform เฉลี่ยเท่ากับ 642.76, 617.38, 613.75, 614.76 และ 299.50 MPN/g ตามลำดับ ซึ่งไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P > 0.05$) และมีปริมาณ Fecal coliform เฉลี่ยเท่ากับ 48.80, 359.65, 90.73, 361.96 และ 98.46 MPN/g ตามลำดับ และพบว่า มีปริมาณ coliform เฉลี่ยในหอยนางรมทุกขนาดเท่ากับ 557.63 MPN/g พบปริมาณ Fecal coliform เฉลี่ยในหอยนางรมทุกขนาดเท่ากับ 191.92 MPN/g ในการศึกษาเรื่อง เปรียบเทียบการเจริญเติบโต การปนเปื้อนของแบคทีเรียในหอยตะกรมกรามขาว หอยตะกรมกรามดำ และหอยนางรมปากจีบ บริเวณแหล่งเลี้ยงอ่าวบ้านดอน จังหวัดสุราษฎร์ธานี โดยทำการศึกษาระหว่างเดือนมิถุนายน 2554 ถึง เดือนธันวาคม 2541 พบการปนเปื้อนของ coliform ในหอยตะกรมกรามขาว หอยตะกรมกรามดำ และหอยนางรมปากจีบ เฉลี่ย 785.07, 373.35 และ 243.36 MPN/g ตามลำดับ fecal coliform เฉลี่ย 259.32, 41.95 และ 61.40 MPN/g ตามลำดับ (มณีย์ และจินตนา, 2543) จากผลการศึกษาในงานวิจัยต่าง ๆ แสดงให้เห็นว่า หอยนางรมบริเวณอ่าวบ้านดอน จังหวัดสุราษฎร์ธานี มีการปนเปื้อนของ Coliforms Bacteria ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยชิ้นนี้ที่พบการปนเปื้อนของ Coliforms Bacteria ในหอยนางรมเช่นกัน

ตารางที่ 4.2 ปริมาณ Coliforms Bacteria (MPN/g) ที่พบในหอยนางรม เมื่อใช้สารที่ออกฤทธิ์ในการคลายกล้ามเนื้อยึดเปลือกของหอยนางรมมีชีวิต

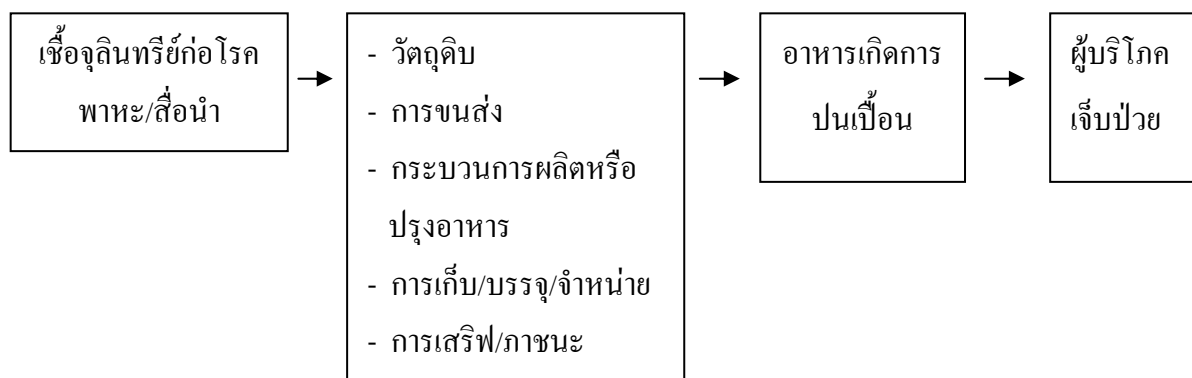
ชุดที่	ปริมาณ Coliforms Bacteria (MPN/g) ที่พบในหอยนางรม เมื่อใช้สารที่ออกฤทธิ์ในการคลายกล้ามเนื้อยึดเปลือกของหอยนางรมมีชีวิต							
	ครั้งที่ 1		ครั้งที่ 2		ครั้งที่ 3		ครั้งที่ 4	
	ซ้ำที่ 1	ซ้ำที่ 2	ซ้ำที่ 1	ซ้ำที่ 2	ซ้ำที่ 1	ซ้ำที่ 2	ซ้ำที่ 1	ซ้ำที่ 2
1	4.5	4.5	< 1.8	< 1.8	2	< 1.8	2	< 1.8
2	350	1.8	< 1.8	< 1.8	2	< 1.8	< 1.8	< 1.8
3	6.1	4.5	< 1.8	< 1.8	< 1.8	< 1.8	< 1.8	< 1.8
4	110	7.8	< 1.8	< 1.8	1.8	< 1.8	< 1.8	< 1.8
5	49	79	< 1.8	< 1.8	< 1.8	< 1.8	2	< 1.8
P - value	0.892							

หมายเหตุ ชุดที่ 1 สารละลายของน้ำจืดที่ผสมเกลือแกงลงไปให้มีความเค็มของน้ำอยู่ที่ 30psu (ชุดควบคุม)
 ชุดที่ 2 น้ำโซดา 10 เปอร์เซ็นต์ ร่วมกับ ยูจินอล 0.24 ml/L
 ชุดที่ 3 น้ำโซดา 10 เปอร์เซ็นต์ ร่วมกับ เมนทอล 0.1 g/L
 ชุดที่ 4 น้ำโซดา 10 เปอร์เซ็นต์ ร่วมกับ ดีเกลือ 37.98 g/L
 ชุดที่ 5 น้ำโซดา 10 เปอร์เซ็นต์

ปริมาณ *E. coli* ที่พบในหอยนางรม ในชุดที่ 1, 2, 3, 4 และ 5 มีปริมาณอยู่ระหว่าง $< 1.8 - 2$, $< 1.8 - 7.8$, $< 1.8 - 4$, $< 1.8 - 22$ และ $< 0.3 - 7.8$ MPN/g ตามลำดับ โดยทุกชุดการทดลองไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P > 0.05$)

ซึ่งในครั้งที่ 1 ที่ทำการตรวจวิเคราะห์ปริมาณ *E. coli* พบว่า มีปริมาณ *E. coli* มากกว่าครั้งอื่น ๆ เพราะตัวอย่างที่ใช้ได้นำมาจากร้านค้าข้างถนนในเขตจังหวัดสุราษฎร์ธานี ซึ่งเกณฑ์คุณภาพทางจุลชีววิทยาของอาหารดิบที่เตรียมหรือปรุงในสภาพบริโภคได้ทันทีในกลุ่มอาหารทะเลที่กำหนดให้มีการปนเปื้อนของ *E. coli* < 3 MPN/g (กรมวิทยาศาสตร์การแพทย์, 2553) แสดงให้เห็นว่าปริมาณ *E. coli* ในเนื้อหอยนางรมที่ทำการทดลอง มีปริมาณเกินมาตรฐานเฉพาะในครั้งที่ 1 ที่ทำการทดลองเท่านั้น

โดยมีโอกาที่หอยนางรมจะปนเปื้อน *E. coli* ได้ ดังนี้



ภาพที่ 7 ขั้นตอนนี้อาจเกิดการปนเปื้อนเชื้อจุลินทรีย์ในอาหาร และน้ำดื่ม
ที่มา : พิพัฒน์ (2550)

ปัจจัยทั้งหมดนี้ เป็นปัจจัยสำคัญที่จะทำให้เกิดการปนเปื้อน *E. coli* ในครั้งนี้ ได้

ในการศึกษาของมณีย์ และคณะ (มปป) ในเรื่อง การปนเปื้อนของแบคทีเรียก่อโรคในหอยสองฝา บริเวณอ่าวบ้านดอน จังหวัดสุราษฎร์ธานี พบปริมาณ *E. coli* ในหอยนางรม หอยแครง หอยแมลงภู่ มีการปนเปื้อนสูงมากในช่วงเดือนพฤษภาคม ถึง เดือนมิถุนายน 2550 แต่อยู่ในเกณฑ์มาตรฐานยอมรับสำหรับแหล่งเลี้ยงหอยสองฝาของกรมประมง โดยพบ *E. coli* ในหอยนางรม หอยแครง หอยแมลงภู่ และน้ำทะเลเฉลี่ย 87.83, 10.39, 60.04 MPN/100 g และ 7.06 MPN/100 mL ตามลำดับ และในการศึกษาเรื่อง ปริมาณ

แบคทีเรียในหอยตะไครมต่างขนาดในแหล่งเลี้ยงอ่าวบ้านดอน จังหวัดสุราษฎร์ธานี พบปริมาณ *E. coli* เฉลี่ยทั้งปี ในหอยนางรมขนาดต่างๆ ได้แก่ < 5.0, 5.1 – 7.5, 7.6 – 10.0, 10.1 – 12.0 และ > 12.0 เซนติเมตร เท่ากับ 3.79, 4.49, 3.11, 3.03 และ 5.16 MPN/g ตามลำดับ ซึ่งไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P > 0.05$) และมีปริมาณ *E. coli* เฉลี่ยในหอยทุกขนาดเท่ากับ 3.92 MPN/g (คมคาย และคณะ, 2548) ในการเปรียบเทียบการเจริญเติบโต การปนเปื้อนของแบคทีเรียในหอยตะไครมกรามขาว หอยตะไครมกรามดำ และหอยนางรมปากจีบ บริเวณแหล่งเลี้ยงอ่าวบ้านดอน จังหวัดสุราษฎร์ธานี พบว่าการปนเปื้อนของ *E. coli* ในหอยตะไครมกรามขาว หอยตะไครมกรามดำ และหอยนางรมปากจีบ มีปริมาณเฉลี่ยเท่ากับ 9.95, 3.42 และ 1.22 MPN/g ตามลำดับ (มณีย์ และจินตนา, 2543) จากข้อมูลผลศึกษาในงานวิจัยต่าง ๆ แสดงให้เห็นว่า หอยนางรมบริเวณอ่าวบ้านดอน จังหวัดสุราษฎร์ธานี มีการปนเปื้อนของ *E. coli*

ตารางที่ 4.3 ปริมาณ *E. coli* (MPN/g) ที่พบในหอยนางรม เมื่อใช้สารที่ออกฤทธิ์ในการคลายกล้ามเนื้อยึดเปลือกของหอยนางรมมีชีวิต

ชุดที่	ปริมาณ <i>E. coli</i> (MPN/g) ที่พบในหอยนางรม เมื่อใช้สารที่ออกฤทธิ์ในการคลายกล้ามเนื้อยึดเปลือกของหอยนางรมมีชีวิต							
	ครั้งที่ 1		ครั้งที่ 2		ครั้งที่ 3		ครั้งที่ 4	
	ซ้ำที่ 1	ซ้ำที่ 2	ซ้ำที่ 1	ซ้ำที่ 2	ซ้ำที่ 1	ซ้ำที่ 2	ซ้ำที่ 1	ซ้ำที่ 2
1	2	2	< 1.8	< 1.8	< 1.8	< 1.8	< 1.8	< 1.8
2	7.8	< 1.8	< 1.8	< 1.8	< 1.8	< 1.8	< 1.8	< 1.8
3	4	2	< 1.8	< 1.8	< 1.8	< 1.8	< 1.8	< 1.8
4	22	< 1.8	< 1.8	< 1.8	1.8	< 1.8	< 1.8	< 1.8
5	7.8	< 0.3	< 1.8	< 1.8	< 0.3	< 1.8	< 1.8	< 1.8
P-value	0.875							

หมายเหตุ ชุดที่ 1 สารละลายของน้ำจืดที่ผสมเกลือแกงลงไปให้มีความเค็มของน้ำอยู่ที่ 30psu (ชุดควบคุม)
 ชุดที่ 2 น้ำโซดา 10 เปอร์เซ็นต์ ร่วมกับ ยูจินอล 0.24 ml/L
 ชุดที่ 3 น้ำโซดา 10 เปอร์เซ็นต์ ร่วมกับ เมนทอล 0.1 g/L
 ชุดที่ 4 น้ำโซดา 10 เปอร์เซ็นต์ ร่วมกับ ดีเกลือ 37.98 g/L
 ชุดที่ 5 น้ำโซดา 10 เปอร์เซ็นต์

ปริมาณ *Vibrio parahaemolyticus* ที่พบในหอยนางรม ในชุดที่ 1, 2, 3, 4 และ 5 มีปริมาณอยู่ระหว่าง $< 0.3 - 460$, $< 0.3 - 2.14$, $0.3 - 93$, $0.3 - 2.64$ และ $< 0.3 - 460$ MPN/g ตามลำดับ ทุกชุดการทดลองไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P > 0.05$) ซึ่งเกณฑ์คุณภาพทางจุลชีววิทยาของอาหารดิบที่เตรียมหรือปรุงในสภาพบริโภคนได้ทันทีในกลุ่มอาหารทะเลที่กำหนดว่าต้องไม่ตรวจพบ *V. parahaemolyticus* ในตัวอย่าง 25 กรัม (กรมวิทยาศาสตร์การแพทย์, 2553) *V. parahaemolyticus* มีการแพร่กระจายทั่วไปตามแถบต่าง ๆ ของโลก โดยจะพบในอาหารทะเล และผลิตภัณฑ์จากอาหารทะเล ซึ่งนับว่าเป็นแหล่งสำคัญที่สุดในการแพร่ระบาดของเชื้อนี้ (พิไลพรรณ และบัญญัติ, 2521) *V. parahaemolyticus* มีถิ่นอาศัยอยู่ในทะเล มีช่วงการเจริญแตกต่างกันไป ในช่วงฤดูหนาว เชื้อจะอาศัยอยู่ในตะกอน เมื่ออุณหภูมิสูงขึ้น เชื้อจะแพร่กระจายเข้าสู่แพลงก์ตอนสัตว์ (ประภัสสร, 2536) ในฤดูร้อนจะมีการแพร่กระจายของเชื้อสูง และลดลงในฤดูหนาวที่เป็นเช่นนี้ เนื่องจากการแพร่กระจายของเชื้อมีความสัมพันธ์กับอุณหภูมิของน้ำทะเล และจะไม่พบเชื้อนี้เมื่ออุณหภูมिन้อยกว่า 15 องศาเซลเซียส (ทศวรรณ, 2548)

โรคอาหารเป็นพิษ ที่เกิดจากเชื้อ *V. parahaemolyticus* จะต้องเป็นชนิด Kanagawa Positive ผู้ป่วยที่เป็นโรคนี้อาจต้องบริโภคอาหารที่มีเชื้อปะปนอยู่เข้าไปในปริมาณมากพอประมาณ $10^6 \times 10^9$ เซลล์/กรัม จึงจะสามารถก่อให้เกิดโรคอาหารเป็นพิษได้ อาการของโรคมักจะปรากฏหลังจากรับประทานอาหารที่มีเชื้อนี้ปะปนอยู่ 10 – 20 ชั่วโมง ในบางกรณีอาจจะแสดงอาการภายใน 2 – 48 ชั่วโมง ขึ้นอยู่กับจำนวนเชื้อ และความเป็นกรดเป็นด่างในระบบทางเดินอาหารของแต่ละบุคคล อาการของโรคจะรุนแรงหรือไม่รุนแรงขึ้นอยู่กับภูมิคุ้มกันโรคของแต่ละบุคคลด้วย อาการอาหารเป็นพิษ เนื่องจาก *V. parahaemolyticus* จะมีอาการปวดท้อง ท้องร่วง คลื่นไส้ อาเจียน มีไข้ต่ำ หนาวสั่น ปวดศีรษะ แต่โดยทั่วไปจะมีอาการท้องร่วงถ่ายอุจจาระบ่อยครั้ง แต่ไม่มีเชื้อเมื่อกลืนหรือเลือดปนออกมา อาการของผู้ป่วยจะเป็นติดต่อกันได้ยาวนานถึง 10 วัน แต่โดยเฉลี่ยแล้วจะแสดงอาการอยู่ประมาณ 72 ชั่วโมง (โสภณ, 2524; Wong *et al.*, 2000) จากการศึกษาของมณีชัย และคณะ (มปป.) ในเรื่อง การปนเปื้อนของแบคทีเรียก่อโรคในหอยสองฝา บริเวณอ่าวบ้านดอน จังหวัดสุราษฎร์ธานี โดยทำการเก็บตัวอย่างในตัวอย่างหอยนางรม (*Crassostrea belcheri*) หอยแครง (*Anadara granosa*, Linn.) หอยแมลงภู่ (*Perna viridis*, Linn.) ตั้งแต่เดือน กุมภาพันธ์ 2550 ถึง เดือนมกราคม 2551 พบปริมาณ *V. parahaemolyticus* เฉลี่ย 5.5×10^2 , 7.4×10^2 , 7.0×10^2 CFU/g ตามลำดับ ซึ่งต่ำกว่าเกณฑ์มาตรฐานยอมรับสำหรับหอยสองฝาเพื่อบริโภคสดของกรมวิทยาศาสตร์การแพทย์ และในการศึกษาเรื่อง ปริมาณแบคทีเรียในหอยตะโกรมต่างขนาดในแหล่งเลี้ยงอ่าวบ้านดอน จังหวัดสุราษฎร์ธานี โดยทำการเก็บตัวอย่างในช่วงเดือนตุลาคม 2544 มีนาคม 2545 และกรกฎาคม 2545 พบปริมาณ *V. parahaemolyticus* เฉลี่ยในหอยตะโกรม 5 ขนาด คือ < 5.0 , $5.1 - 7.5$, $7.6 - 10.0$, $10.1 - 12.0$ และ > 12.0 เซนติเมตร เท่ากับ 4.4×10^3 , 4.0×10^3 , 3.9×10^3 , 1.8×10^3 และ 2.3×10^3 CFU/g ตามลำดับ ซึ่งไม่มี

ความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P > 0.05$) (คมคาย และคณะ, 2548) รวมถึงจากการศึกษาของ มณีย์ และจินตนา (2543) เรื่อง เปรียบเทียบการเจริญเติบโต การปนเปื้อนของแบคทีเรียในหอยตะไกรทรามขาว หอยตะไกรทรามดำ และหอยนางรมปากจีบ บริเวณแหล่งเลี้ยงอ่าวบ้านดอน จังหวัดสุราษฎร์ธานี โดยทำการเก็บตัวอย่างในช่วงเดือนมิถุนายน 2540 ถึง เดือนธันวาคม 2541 พบการปนเปื้อนของ *V. parahaemolyticus* ในตัวอย่างหอยตะไกรทรามขาว หอยตะไกรทรามดำ และหอยนางรมปากจีบ 500, 5388 และ 139 CFU/g ตามลำดับ จากข้อมูลผลการศึกษาในงานวิจัยต่าง ๆ แสดงให้เห็นว่า หอยนางรมบริเวณอ่าวบ้านดอน จังหวัดสุราษฎร์ธานี มีการปนเปื้อนของ *V. parahaemolyticus*

ตารางที่ 4.4 ปริมาณ *V. parahaemolyticus* (MPN/g) ที่พบในหอยนางรม เมื่อใช้สารที่ออกฤทธิ์ในการ คลายกล้ามเนื้อเยื่อเปลือกของหอยนางรมมีชีวิต

ชุดที่	ปริมาณ <i>V. parahaemolyticus</i> (MPN/g) ที่พบในหอยนางรม เมื่อใช้สารที่ออกฤทธิ์ในการคลายกล้ามเนื้อเยื่อเปลือกของหอยนางรมมีชีวิต							
	ครั้งที่ 1		ครั้งที่ 2		ครั้งที่ 3		ครั้งที่ 4	
	ซ้ำที่ 1	ซ้ำที่ 2	ซ้ำที่ 1	ซ้ำที่ 2	ซ้ำที่ 1	ซ้ำที่ 2	ซ้ำที่ 1	ซ้ำที่ 2
1	< 0.3	< 0.3	460	6.0	0.9	0.3	1.58	0.30
2	< 0.3	0.36	2.14	1.9	0.6	0.6	1.47	0.74
3	0.72	1.1	3.5	93	0.3	1.07	1.55	0.3
4	1.1	0.93	1.2	0.36	0.3	0.93	2.64	0.6
5	< 0.3	< 0.3	1.9	460	< 0.3	< 0.3	< 0.3	0.6
P-value	0.692							

หมายเหตุ ชุดที่ 1 สารละลายของน้ำจืดที่ผสมเกลือแกล่งลงไปให้มีความเค็มของน้ำอยู่ที่ 30psu (ชุดควบคุม)
 ชุดที่ 2 น้ำโซดา 10 เปอร์เซ็นต์ ร่วมกับ ยูจินอล 0.24 ml/L
 ชุดที่ 3 น้ำโซดา 10 เปอร์เซ็นต์ ร่วมกับ เมนทอล 0.1 g/L
 ชุดที่ 4 น้ำโซดา 10 เปอร์เซ็นต์ ร่วมกับ ดีเกลือ 37.98 g/L
 ชุดที่ 5 น้ำโซดา 10 เปอร์เซ็นต์

ตรวจไม่พบ *V. cholerae* ในตัวอย่างหอยนางรม 25 กรัม เมื่อใช้สารที่ออกฤทธิ์ในการคลายกล้ามเนื้อยึดเปลือกของหอยนางรมมีชีวิต ทุกครั้งที่ทำการตรวจวิเคราะห์ (ตารางที่ 4.5) ซึ่งเกณฑ์คุณภาพทางจุลชีววิทยาของอาหารดิบที่เตรียมหรือปรุงในสภาพบริโภคได้ทันทีในกลุ่มอาหารทะเลกำหนดว่าต้องตรวจไม่พบ *V. cholerae* ในตัวอย่างหอยนางรม 25 กรัม (กรมวิทยาศาสตร์การแพทย์, 2553) การแพร่ระบาดของ *V. cholerae* พบมากในช่วงฤดูร้อน มักแพร่ผ่านทางอาหาร และน้ำดื่มที่มีการปนเปื้อนของเชื้อ การแพร่ระบาดมักพบในพื้นที่ที่มีประชาชนหนาแน่น เป็นศูนย์กลางของการติดต่อค้าขาย หรือแหล่งท่องเที่ยวตามชายทะเล (โสภณ, 2524) การทำให้เกิดโรคของ *V. cholerae* จะต้องมีเชื้อจำนวนมากพอในลำไส้ จึงจะทำให้เกิดโรคได้ โดยทั่วไปเมื่อเชื้อเข้าสู่ร่างกาย เชื้อบางส่วนจะถูกฆ่าโดยกรดในกระเพาะอาหาร จำนวนเชื้อประมาณ 100 เซลล์ต่อมิลลิลิตร สามารถทำให้เกิดโรคในคนที่มีกรดในกระเพาะอาหารลดลง ซึ่งอาจเนื่องมาจากการเกิดกรดในกระเพาะอาหาร หรือทานยาลดกรด เมื่อเชื้ออยู่บริเวณลำไส้เล็กเชื้อจะสามารถลอดผ่านเมือกที่คลุมอยู่บนเยื่อผิวของลำไส้ และจับกับเซลล์บุผิวของลำไส้เล็ก อาการของโรคอหิวาต์คโคร มักจะเกิดหลังจากรับประทานอาหารที่มีเชื้อเข้าไปภายใน 5 – 12 ชั่วโมง ผู้ป่วยจะมีอาการถ่ายอุจจาระเหลวเป็นสีขาวคล้ายน้ำซาวข้าว มีกลิ่นเหม็นคาว ทำให้ร่างกายสูญเสียน้ำ และเกลือแร่มากส่งผลให้เกิดภาวะขาดน้ำ ความดันเลือดต่ำ ซ็อก และเสียชีวิตได้ (ทศวรรณ, 2548) ในการศึกษาการปนเปื้อนของแบคทีเรียก่อโรคในหอยสองฝา บริเวณอ่าวบ้านดอน จังหวัดสุราษฎร์ธานี โดยมณีย์ และคณะ (มปป.) ทำการเก็บตัวอย่างในช่วงเดือน กุมภาพันธ์ 2550 ถึง เดือน มกราคม 2551 พบการปนเปื้อนของ *V. cholerae* ในหอยนางรม หอยแครง และ หอยแมลงภู่ คิดเป็นร้อยละ 8.15 ของจำนวนตัวอย่างทั้งหมด

ตารางที่ 4.5 *V. cholerae* ที่พบในหอยนางรม เมื่อใช้สารที่ออกฤทธิ์ในการคลายกล้ามเนื้อขี้ดเปลือกของหอยนางรมมีชีวิต

ชุดที่	<i>V. cholerae</i> ที่พบในหอยนางรม เมื่อใช้สารที่ออกฤทธิ์ในการคลายกล้ามเนื้อขี้ดเปลือกของหอยนางรมมีชีวิต			
	ครั้งที่ 1	ครั้งที่ 2	ครั้งที่ 3	ครั้งที่ 4
1	ND	ND	ND	ND
2	ND	ND	ND	ND
3	ND	ND	ND	ND
4	ND	ND	ND	ND
5	ND	ND	ND	ND

หมายเหตุ ND หมายถึง ตรวจไม่พบการปนเปื้อนในตัวอย่าง 25 กรัม เมื่อทำการตรวจวิเคราะห์ 2 ชุด
 ชุดที่ 1 สารละลายของน้ำจืดที่ผสมเกลือแกงลงไปให้มีความเค็มของน้ำอยู่ที่ 30psu (ชุดควบคุม)
 ชุดที่ 2 น้ำโซดา 10 เปอร์เซ็นต์ ร่วมกับ ยูจินอล 0.24 ml/L
 ชุดที่ 3 น้ำโซดา 10 เปอร์เซ็นต์ ร่วมกับ เมนทอล 0.1 g/L
 ชุดที่ 4 น้ำโซดา 10 เปอร์เซ็นต์ ร่วมกับ ดีเกลือ 37.98 g/L
 ชุดที่ 5 น้ำโซดา 10 เปอร์เซ็นต์

Salmonella spp. ที่พบในหอยนางรม ในชุดที่ 1, 3, 4 และ 5 พบ *Salmonella* กลุ่ม (group) E ส่วนชุดที่ 2 พบ *Salmonella* กลุ่ม C และ E โดยพบเฉพาะในครั้งที่ 1 ที่ทำการตรวจวิเคราะห์เท่านั้น (ตารางที่ 4.6) ซึ่งเกณฑ์คุณภาพทางจุลชีววิทยาของอาหารดิบที่เตรียมหรือปรุงในสภาพบริโภคได้ทันทีในกลุ่มอาหารทะเล กำหนดว่า ต้องตรวจไม่พบ *Salmonella* spp. ในตัวอย่างอาหาร 25 กรัม (กรมวิทยาศาสตร์การแพทย์, 2553) *Salmonella* spp. ทุก serotypes ทำให้เกิดโรคอาหารเป็นพิษ โดยมีความรุนแรงต่างกัน ชนิดที่มีความรุนแรงมากคือ พวกที่ทำให้เกิดโรคไทฟอยด์ และพาราไทฟอยด์ หรือ โรคไขกระดูกน้อย ตัวที่ทำให้เกิดโรค คือ *Salmonella* Typhi และ *S. Paratyphi* ตามลำดับ ส่วนโรคอาหารเป็นพิษธรรมดา (Salmonellosis) ซึ่งเกิดจาก *Salmonella* Typhimurium หรือ *Salmonella* spp. จะมีความรุนแรงไม่มาก *Salmonella* ไม่ใช้น้ำตาลแล็กโตส ไม่ให้กรด และแก๊ส (รัตนา, 2535; มัทนา, 2548) จากการศึกษาการปนเปื้อนของแบคทีเรียก่อโรคในหอยสองฝา (หอยนางรม หอยแครง และ หอยแมลงภู่) บริเวณอ่าวบ้านดอน จังหวัดสุราษฎร์ธานี โดยมณีย์ และคณะ (มปป.) ทำการเก็บตัวอย่างในช่วงเดือน กุมภาพันธ์ 2550 ถึง เดือน มกราคม 2551 พบการปนเปื้อนของ *Salmonella* spp. คิดเป็นร้อยละ 6.47 ของจำนวนตัวอย่างทั้งหมด จากข้อมูลแสดงให้เห็นว่า บริเวณอ่าวบ้านดอน จังหวัดสุราษฎร์ธานี มีการปนเปื้อนของ *Salmonella* spp. ในหอยนางรม

ตารางที่ 4.6 *Salmonella* spp. ที่พบในหอยนางรม เมื่อใช้สารที่ออกฤทธิ์ในการคลายกล้ำมเนื้อยึดเปลือกของหอยนางรมมีชีวิต

ชุดที่	<i>Salmonella</i> spp. ที่พบในหอยนางรม เมื่อใช้สารที่ออกฤทธิ์ในการคลายกล้ำมเนื้อยึดเปลือกของหอยนางรมมีชีวิต			
	ครั้งที่ 1	ครั้งที่ 2	ครั้งที่ 3	ครั้งที่ 4
1	พบ (กลุ่ม E)	ND	ND	ND
2	พบ (กลุ่ม C,E)	ND	ND	ND
3	พบ (กลุ่ม E)	ND	ND	ND
4	พบ (กลุ่ม E)	ND	ND	ND
5	พบ (กลุ่ม E)	ND	ND	ND

หมายเหตุ ND หมายถึง ตรวจไม่พบการปนเปื้อนในตัวอย่าง 25 กรัม เมื่อทำการตรวจวิเคราะห์ 2 ชั่วโมง

ชุดที่ 1 สารละลายของน้ำจืดที่ผสมเกลือแกงลงไปให้มีความเค็มของน้ำอยู่ที่ 30psu (ชุดควบคุม)

ชุดที่ 2 น้ำโซดา 10 เปอร์เซ็นต์ ร่วมกับ ยูจินอล 0.24 ml/L

ชุดที่ 3 น้ำโซดา 10 เปอร์เซ็นต์ ร่วมกับ เมนทอล 0.1 g/L

ชุดที่ 4 น้ำโซดา 10 เปอร์เซ็นต์ ร่วมกับ ดีเกลือ 37.98 g/L

ชุดที่ 5 น้ำโซดา 10 เปอร์เซ็นต์

การใช้สารออกฤทธิ์คล้ายกลูตามีนอยด์เปลือกหอยนางรมมีชีวิต ได้แก่ น้ำโซดา 10 เปอร์เซ็นต์ ร่วมกับ ยูจีนอล 0.24 ml/L น้ำโซดา 10 เปอร์เซ็นต์ ร่วมกับ เมนทอล 0.1 g/L น้ำโซดา 10 เปอร์เซ็นต์ ร่วมกับ ดีเกลือ 37.98 g/L และน้ำโซดา 10 เปอร์เซ็นต์ ไม่ช่วยให้ปริมาณของแบคทีเรียรวม Coliform Bacteria, *E. coli*, *V. parahaemolyticus* ลดลง เนื่องจากการใช้สารออกฤทธิ์ดังกล่าว น่าจะมีระยะเวลา และความเข้มข้นค่อนข้างต่ำเกินไป ซึ่งจากการศึกษาของ Hemaiswarya and Doble (2009) เรื่อง ผลกระทบที่เกิดขึ้นระหว่าง ยูจีนอล และยาปฏิชีวนะ ต่อเชื้อแบคทีเรียแกรมลบ พบว่ายูจีนอลเป็นสารประกอบอยู่ในน้ำมัน กานพลู ที่สามารถยับยั้งเชื้อแบคทีเรีย โดยยูจีนอลความเข้มข้น 1 mM จะทำลายเยื่อหุ้มเซลล์แบคทีเรียเกือบ 50 เปอร์เซ็นต์ ยูจีนอลยังสามารถเพิ่มการทำงานของ lysozyme, Triton X – 100 และ SDS ที่เป็นอันตรายต่อเยื่อหุ้มเซลล์ได้อีกด้วย นอกจากนี้ยังมีสมุนไพรไทย เช่น กระเทียม และกานพลูช่วยยับยั้ง *Salmonella* Typhimurium และ *Staphylococcus aureus* ในไก่สดแช่เย็น (ศิริพร, 2538) มีสมุนไพรอีกหลายชนิดที่มีคุณสมบัติช่วยในการยับยั้งเชื้อแบคทีเรีย เช่น โหระพา กานพลู กระเทียม horseradish marjoram โอริกาโน ดอกโรสแมรี่ และ โหระพา (thyme) เมื่อต้มไว้ที่อุณหภูมิ 30 °C (Yutaka *et al.*, 2006) ส่วน *V. cholerae* ตรวจไม่พบทั้งในชุดควบคุมและในชุดทดลองอื่นๆ ในทุกครั้งที่ทำการตรวจวิเคราะห์ ส่วน *Salmonella* spp. ตรวจพบเฉพาะในครั้งที่ 1 ของการเก็บตัวอย่างเท่านั้น

ส่วนเมนทอลสามารถออกฤทธิ์ในการยับยั้งแบคทีเรียบางชนิดได้ดีเช่นกัน ซึ่งจากการศึกษาของ Bin *et al.* (2007) พบว่าสารสกัดจากใบและก้านของมินต์สามารถยับยั้งการเจริญของ *Staphylococcus aureus*, *Bacillus cereus*, *E. coli*, *Salmonella* Anatum และ *Listeria monocytogenes* และในการสกัดเหง้าไพล ด้วยตัวทำละลายอินทรีย์ 3 ชนิด คือ เฮกเซน, เอทิล อะซิเตท และเมทานอล พบว่า สารสกัดหยาบด้วย เฮกเซน มีฤทธิ์ยับยั้งเชื้อราได้ดี แต่กลับยับยั้งแบคทีเรีย และยีสต์ได้น้อย ส่วนสารสกัดหยาบในชั้นเอทิลอะซิเตท และเมทานอล ยับยั้งแบคทีเรียได้ดี (เชษฐ, 2548) ซึ่งในผลการวิจัยครั้งนี้ การใช้เมนทอลระดับความเข้มข้น 0.1 g/L ร่วมกับ น้ำโซดา 10 % ไม่ช่วยให้ลดการปนเปื้อนของเชื้อแบคทีเรียก่อโรคได้

สรุปผลการทดลอง

การวิจัยและพัฒนาการใช้ประโยชน์จากสารที่ออกฤทธิ์คล้ายกลูตามีนของสัตว์น้ำในการคลายกลูตามีนที่ยึดเปลือกของหอยนางรมมีชีวิต พบว่าการใช้น้ำโซดา 10 เปอร์เซ็นต์ ร่วมกับ ดีเกลือ 37.98 g/L ช่วยทำให้ผู้ทดลองแกะเปลือกหอยนางรมได้สำเร็จมากที่สุด โดยผู้ทดลองสามารถแกะเปลือกหอยนางรมได้สำเร็จสูงถึง 48 เปอร์เซ็นต์

การใช้สารออกฤทธิ์คล้ายกลูตามีนที่ยึดเปลือกหอยนางรมมีชีวิต ได้แก่ น้ำโซดา 10 เปอร์เซ็นต์ ร่วมกับ ยูจินอล 0.24 ml/L น้ำโซดา 10 เปอร์เซ็นต์ ร่วมกับ เมนทอล 0.1 g/L น้ำโซดา 10 เปอร์เซ็นต์ ร่วมกับ ดีเกลือ 37.98 g/L และน้ำโซดา 10 เปอร์เซ็นต์ โดยการแช่เป็นเวลา 30 นาที ไม่สามารถทำให้ปริมาณของแบคทีเรียรวม Coliform Bacteria, *E. coli*, *V. parahaemolyticus* ลดลง เมื่อเปรียบเทียบกับชุดควบคุม ($P > 0.05$)

การแนะนำให้เกษตรกร หรือผู้บริโภคที่ต้องการแกะเปลือกหอยนางรมได้ง่ายขึ้น ควรใช้น้ำโซดา 10 เปอร์เซ็นต์ ร่วมกับ ดีเกลือ 37.98 g/L แช่หอยนางรมนาน 30 นาที จะช่วยทำให้แกะเปลือกหอยนางรมได้ง่ายขึ้น โดยไม่ส่งผลกระทบต่อคุณลักษณะทางประสาทสัมผัสของหอยนางรมสดในเรื่อง กลิ่นคาว ความนุ่ม และรสชาติ

เอกสารอ้างอิง

กรมวิทยาศาสตร์การแพทย์. 2551. เข้าถึงได้เมื่อ 6 เมษายน พ.ศ. 2552.

http://www.dmsc.moph.go.th/webroot/secretary/Homepage/pr/mass-news/mass-news_2551/july/15/001.pdf

กรมวิทยาศาสตร์การแพทย์. 2553. **เกณฑ์คุณภาพทางจุลชีววิทยาของอาหารและภาชนะสัมผัสอาหาร.** ประกาศกรมวิทยาศาสตร์การแพทย์ ฉบับที่ 2.

กลุ่มงานพัฒนาวิชาการแพทย์แผนไทยและสมุนไพร, สถาบันการแพทย์แผนไทย. 2552. เข้าถึงได้เมื่อ 6 เมษายน พ.ศ. 2552 http://ittm.dtam.moph.go.th/data_articles/t10.html

คมคาย ลาวัณยวุฒิ มณีชัย กรรณรงค์ และชรินทร์ เมธิชเดช. 2548. **ปริมาณแบคทีเรียในหอยตะไกรมต่างขนาดในแหล่งเลี้ยงอ่าวบ้านดอน จังหวัดสุราษฎร์ธานี.** เอกสารวิชาการฉบับที่ 54/2548, ศูนย์วิจัยและพัฒนาประมงชายฝั่งสุราษฎร์ธานี, สุราษฎร์ธานี, 19 น.

ชยันต์ พิเชียรสุนทร และวิเชียร จีรวงศ์. 2546. **คู่มือเภสัชกรรมแผนไทย เล่ม 4 เครื่องยาธาตุวัตถุ.** อมรินทร์. กรุงเทพฯ. 155 น.

เชษฐ รัตนจารย์. 2548. **ผลของสารสกัดไพลต่อการยับยั้งการเจริญของเชื้อจุลินทรีย์.** วิทยานิพนธ์ปริญญาโท, สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง, กรุงเทพฯ, 129 หน้า

ฉุลล วงศ์เสถียร และธีรพงศ์ โปธา. 2550. **ระยะเวลาการสลบและพื้นสลบของน้ำมันดอกกานพลูในปลาทอง (*Carassium auratus* Linn).** วารสารสัตวแพทยศาสตร์ มข. ปีที่ 17 ฉบับที่ 3 หน้า 1-11.

คนัย สมใจ, อรุมา พาลเสื่อ และสมหมาย เชื้อววาริสัจจะ. 2551. **ความเป็นพิษและประสิทธิภาพของน้ำมันกานพลูในการสลบปลากัดจีน.** วารสารมหาวิทยาลัยทักษิณ. ปีที่ 11 ฉบับที่ 2 หน้า 30 – 38.

ทัศนีย์ คชสิทธิ์. 2546. **การใช้ตะไคร้หอมบ้านเป็นแหล่งโปรตีนในอาหารปลาดุกลูกผสม.** วิทยานิพนธ์ปริญญาโท, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ

- ทัศนวรรณ ขาวสีจาน. 2548. ผลของฤดูกาล และวิธีการเลี้ยงต่อการปนเปื้อนของโลหะหนัก และแบคทีเรียกลุ่ม vibrio ในหอยนางรม บริเวณอ่างศิลา จังหวัดชลบุรี. วิทยานิพนธ์ปริญญาโท, สาขาวิชาสัตวศาสตร์, คณะวิทยาศาสตร์, มหาวิทยาลัยบูรพา. ชลบุรี.
- ชานนท์ ธรรมนิยมจัด และปรัชญา คุณานนท์. 2552. การพัฒนาตัวรับสเปร์ย์ระงับกลิ่นปากจากน้ำมันกานพลู และเลมอนออยล์. เข้าถึงได้เมื่อ 13 พฤษภาคม พ.ศ. 2552.
http://pharm.swu.ac.th/senior_project/2547/abstract8.pdf
- ธีรพร กงบังเกิด. 2538. ประสิทธิภาพของกระเทียมและกานพลูในการยับยั้งการเจริญของ *Salmonella typhimurium* และ *Staphylococcus aureus* ในไก่สดแช่เย็น. วิทยานิพนธ์ปริญญาโท, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ. 117 หน้า
- นาวิน มหาวงศ์, เมธา คชากิชาติ, ปฏิพัทธ์ อภิชนกุล และประโยชน์ บุญประเสริฐ. 2549. กานพลูพืชสารพัดประโยชน์ และการทดลองเบื้องต้นในการใช้น้ำมันกานพลู เป็นยาผสมในปลาน้ำจืดที่สำคัญทางเศรษฐกิจบางชนิด. วารสารการประมง. 6. หน้า 524-532.
- ประภัสสร ชาญสมร. 2536. ผลของความเค็ม pH และอุณหภูมิต่อการเจริญเพิ่มจำนวนของ *Vibrio parahaemolyticus*. วิทยานิพนธ์ปริญญาโท. ภาควิชาจุลชีววิทยา, คณะวิทยาศาสตร์, มหาวิทยาลัยบูรพา. ชลบุรี.
- พิพัฒน์ ลักขมมีจรัสกุล. 2550. การประเมินความเสี่ยงทางจุลินทรีย์และการจัดการ. เจริญดีการพิมพ์. กรุงเทพฯ. 327 น.
- พิไลพรรณ พงษ์พูล และ บัญญัติ สุขศรีงาม. 2521. การสำรวจเชื้อ *Vibrio parahaemolyticus* ในอาหารสดจากทะเล. ภาควิชาชีววิทยา, คณะวิทยาศาสตร์, มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ วิทยาเขตบางแสน. ชลบุรี.
- พูนทรัพย์ โสภารัตน์. 2527. การคล้ายตัวของกล้ามเนื้อตลก และกล้ามเนื้อเรียบอื่น ๆ จากสาร D ซึ่งสกัดได้จากไพล. วิทยานิพนธ์ปริญญาโท. มหาวิทยาลัยเชียงใหม่, เชียงใหม่. 122 หน้า

มณีย์ วรรณรงค์ และจินตนา โสภาคกุล. 2543. **เปรียบเทียบการเจริญเติบโต การปนเปื้อนของแบคทีเรียใน หอยตะไคร้กรมกรามขาว, หอยตะไคร้กรมกรามดำ และหอยนางรมปากจีบ บริเวณแหล่งเลี้ยงอ่าว บ้านดอน จังหวัดสุราษฎร์ธานี.** เอกสารวิชาการฉบับที่ 30/2543, ศูนย์พัฒนาการเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำชายฝั่งสุราษฎร์ธานี, สุราษฎร์ธานี. 16 น.

_____ สมนึก พรหมसर และสกุลทิพย์ พุทธแก้ว. มปป. **การปนเปื้อนของแบคทีเรียก่อโรคในหอยสองฝา บริเวณอ่าวบ้านดอน จังหวัดสุราษฎร์ธานี.** ศูนย์วิจัยและตรวจสอบคุณภาพสัตว์น้ำและผลิตภัณฑ์สัตว์น้ำ สุราษฎร์ธานี, สุราษฎร์ธานี. (ระบบออนไลน์). แหล่งข้อมูล <http://www.fisheries.go.th/quality/%E0%B8%AB%E0%B8%AD%E0%B8%A2%E0%B8%AA%E0%B8%AD%E0%B8%87%E0%B8%9D%E0%B8%B2.pdf> (20 สิงหาคม 2554)

มัทนา แสงจินดาวงษ์. 2548. **ผลิตภัณฑ์ประมงของไทย.** สำนักพิมพ์มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์. กรุงเทพฯ. 322 น.

มันสิน ตันทุลเวสม์ และไพพรรณ พรประภา. 2544. **การจัดการคุณภาพน้ำและการบำบัดน้ำเสียในบ่อเลี้ยงปลาและสัตว์น้ำอื่นๆ เล่ม 1 การจัดการคุณภาพน้ำ.** โรงพิมพ์แห่งจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย. กรุงเทพฯ. 319 น.

รัตนา สุขธรรมค์. 2535. **เอกสารประกอบการสอนวิชาจุลชีววิทยาของผลิตภัณฑ์ประมง.** 17 น.

รัตนา อินทรานุปกรณ์. 2547. **การตรวจสอบและการสกัดแยกสารสำคัญจากสमु่นไพร.** สำนักพิมพ์แห่งจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, กรุงเทพฯ. 215 น.

ราชบัณฑิตยสถาน. 2546. **พจนานุกรม ฉบับราชบัณฑิตยสถาน พ.ศ. 2542.** นานมีบุ๊คส์พับลิเคชั่นส์. กรุงเทพฯ. 1488 น.

เรณู โกยสุโข, พุฒิพงศ์ วรวิทย์, ชีรวิทย์ ปิ่นทอง และจงกลณี วัฒนาเพิ่มพูน. 2533. **การศึกษาทางเภสัชจลนศาสตร์ของไพลินสัตว์ทดลอง.** รายงานโครงการวิจัยย่อยที่ 4, สำนักงานกองทุนสนับสนุนการวิจัย (สกว.), กรุงเทพฯ. 71 น.

- วนิดา ไทรชมภู. 2542. **ฤทธิ์ต้านจุลชีพของน้ำมันระเหย และสารเคอร์คูมินอยด์จากขมิ้นชัน**. วิทยานิพนธ์ปริญญาโท. มหาวิทยาลัยมหิดล, กรุงเทพฯ.
- วันทนา อยู่สุข, สมชัย บุศราวิช, ศิราวุธ กลิ่นบุหงา, อลงกต อินทรชาติ และธีระพงศ์ ศิวังดี. 2544. **อนุกรมวิธานของหอยนางรมที่มีความสำคัญในเชิงพาณิชย์ของไทย**. รายงานการวิจัยฉบับสมบูรณ์, สำนักงานกองทุนสนับสนุนการวิจัย (สกว.), กรุงเทพฯ. 484 น.
- สถาบันวิทยาศาสตร์ทางทะเล. 2543. **เรียนรู้วิธีการเก็บรักษาสัตว์ทะเล**. จุลสาร สถาบันวิทยาศาสตร์ทางทะเล บางแสน มหาวิทยาลัยบูรพา. (ระบบออนไลน์) ใน แหล่งข้อมูล <http://www.bims.buu.ac.th/j3/pdf/book.pdf> (6 เมษายน พ.ศ. 2552).
- สุชาติ อุปถัมภ์, มาลีษา เครือตราช, เขวลักษณ์ จิตรามวงศ์ และศิริวรรณ จันทเดมิย์. 2538. **สังขวิทยา**. ศักดิ์โสภการพิมพ์. กรุงเทพฯ. 517 น.
- สุทรวัดน์ เบญจกุล. 2548. **เคมีและคุณภาพสัตว์น้ำ**. สำนักพิมพ์โอเดียนสโตร์, กรุงเทพฯ. 335 น.
- ส่งศรี มหาสวัสดิ์. 2533. **สรวิทยาสัตว์น้ำ**. ภาควิชาชีววิทยา, คณะประมง. มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์. กรุงเทพฯ. 185 น.
- สมภพ ประธานธรรารักษ์ และพร้อมจิต ศรีลัมพ์. 2552. **สมุนไพร การพัฒนาเพื่อการใช้ประโยชน์ที่ยั่งยืน**. สามลดา, กรุงเทพฯ. 176 น.
- สมศักดิ์ วรรณสิน. 2547. **มหัศจรรย์ แมกนีเซียม**. บริษัท สามเจริญพาณิชย์ (กรุงเทพ) จำกัด. กรุงเทพฯ. 251 น.
- โสภณ คงสำราญ. 2524. **แบคทีเรียทางการแพทย์**. โอ. เอส. พรินติ้งส์เฮาส์. กรุงเทพฯ.
- อุทร เจริญเดช นนทวิทย์ อารีชชน ประพันธ์ศักดิ์ ศิริษะภูมิ และดวงดาว ฉันทศาสตร์. 2552. **ประสิทธิภาพของสารยูจีนอลสังเคราะห์ในการสลบลูกปลานิล (*Oreochromis niloticus* Linn.) การประชุมวิชาการครั้งที่ 47, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ. หน้า 9-18.**

- Baby S., Mathew D., Anil J. J., Rajani K., Nediamparambu S. P., Renju K. V. and Varughese G. 2006. Caryophyllene – rich rhizome oil of *Zingiber nimmonii* from South India : Chemical characterization and antimicrobial activity. **Phytochemistry** 67 : 2469 – 2473.
- Bin, S., Yi - Zhong C., John D. B. and Harold C. 2007. The in vitro antibacterial activity of dietary spice and medicinal herb extracts. **International Journal of Food Microbiology** (117) Issue 1 : 112-119.
- Charles A. K. and Angelo D. Jr. 2004. Bacteriological Analytical Manual, Chapter 9, (Online). Available. [http://www.fda.gov/Food/ScienceResearch/LaboratoryMethods/BacteriologicalAnalytical Manual BAM/default.htm](http://www.fda.gov/Food/ScienceResearch/LaboratoryMethods/BacteriologicalAnalyticalManualBAM/default.htm) (6 April, 2010).
- Daniel, B., Stephan J. O., Rhiannon K., Wayne A. O. and David A. R. 2008. Effect of the muscle relaxant, magnesium chloride, on the Sydney rock oyster (*Saccostrea glomerata*). **Aquaculture** (275) : 342-346.
- Habsah M., Amran M., Mackeen M. M., Lajis N. H., Kikuzaki H., Nakatani N., Rahman A. A., Ghafar and Ali A. M. 2000. Screening of *Zingiberaceae* extract for antimicrobial and antioxidant activities. **Journal of Ethnopharmacol** (72) : 403-410.
- Héctor, A., Erika M. and Paul C. S. 2005. Use of relaxants to obtain saibo tissue from the blacklip pearl oyster (*Pinctada margaritifera*) and the Akoya pearl oyster (*Pinctada fucata*). **Aquaculture** (246) : 167-172.
- _____ and Megan D. 2007. Inducing relaxation in the queen conch *Strombus gigas* (L.) for cultured pearl production. **Aquaculture** (262) : 73–77.
- Hemaiswarya, S. and Doble M.. 2009. Synergistic interaction of eugenol with antibiotics against Gram negative bacteria. **Phytomedicine**.

- Hermien I. W., Thomas H. and Benjamin P. 1996. The effect of four anaesthetics on *Haliotis midae* and their suitability for application in commercial abalone culture. **Aquaculture** (140) : 145-151.
- Hiromasa Y., Yoshinari I., Saburo U. and Hisateru M. 1988. Changes in Depth of Anesthesia of the Carp Anesthetized with a Constant Level of CO₂. **Nippon Suisan Gakkaishi** 54 (3) : 457-462.
- Huss H. H. 1988. Quality and Quality Changes in Fresh Fish. **FAO Fisheries Series** (29). FAO. Rome, Italy.
- ICMSF (International Commission on Microbiological Specification for Foods). 1974. Sampling for Microbiological Analysis : Principles and Specific Applications. **Microorganisms in Food Vol. 2**. University of Toronto Press, Canada.
- John, H. N., Mareya D. and Toni M. L. and Robert J. M. 1996. An evaluation of some relaxants for use with pearl oysters. **Aquaculture** (144) : 39–52.
- Larry M. and James T. P. 2011. Bacteriological Analytical Manual, Chapter 3, (Online). Available. <http://www.fda.gov/Food/ScienceResearch/LaboratoryMethods/BacteriologicalAnalyticalManual/BAM/ucm063346.htm> (6 April, 2010).
- Malco, C. C., Joseph P. K. and Alan. L. K. 2007. Fatty acids, volatile compounds and colour changes in high-pressure-treated oysters (*Crassostrea gigas*). **Innovative Food Science and Emerging Technologies** (9) : 54-61.
- _____, _____ and _____. 2008. Changes in the microbiological and physicochemical duality of high-pressure-treated oysters (*Crassostrea gigas*) during chilled storage. **Food Control** (19) : 1139-1147.

- Martins A. P., Salgueiro L., Goncalves M. J., da Cunha A. P., Vila R., Caniguel S., Mazzoni V., Tomi F. and Casanova J. 2001. Essential oil composition and antimicrobial activity of three *Zingiberaceae* from S. Tome e Principe. **Planta Medica** (67) : 580-584.
- Messenger J. B., Nixon M. and Ryan K. p. 1985. Mannesium Chloride as an anaesthetic for cephalopods. **Comparative Pharmacology** (82) : 203-205.
- Michael P. H., Wayne A. O'Connor, Allen W. J. F. 1995. Induction of anaesthesia in the commercial scallop, *Pecten fumatus* Reeve. **Aquaculture** (131) : 231-238.
- Peter F., Stephen D. W., Michael A. G. 2002. Bacteriological Analytical Manual, Chapter 4, (Online). Available.
<http://www.fda.gov/Food/ScienceResearch/LaboratoryMethods/BacteriologicalAnalyticalManualBAM/ucm064948.htm> (6 April, 2010)
- Ross, L. G. and Ross, B. 1999. **Anaesthetic and Sedative Techniques for Aquatic Animals**. Blackwell Science. Oxford, England. 159 p.
- Saint – Erne N. 2001. **Advanced Koi Care : for Veterinarians and Professional Koi Keepers**. Erne Enterprises. Arizona, USA. 194 p.
- Sarah, C. C. and Máire. F. M. 1992. An evaluation of anaesthetics for *Ostrea edulis* (L.). **Aquaculture** (107) : 249-252.
- Shewan J. M. 1977. The bacteriology of fresh and spoiling fish and the biochemical changes induced by bacterial action. **Handling, Processing and Marketing of Tropical Fish** : 51-66.
- Small, B. C. 2003. Anesthetic efficacy of metomidate and comparison of plasma cortisol responses to tricaine methanesulfonate, quinadine and clove oil anesthetized channel catfish *Ictalurus punctatus*. **Aquaculture** 218 : 177-185.

Stoskopf M. 1993. **Aquaculture for Veterinarians : Fish Husbandry and Medicine**. Pergamon Press. Oxford, England. 447 p.

Sun-Young L. and Dong-Hyun K. 2009. Combined effects of heat, acetic acid, and salt for inactivating *Escherichia coli* O157:H7 in laboratory media. **Food Control** (20) Issue 11 : 1006-1012.

Treves – Brown K. M. 2000. **Applied Fish Pharmacology**. Kluwer Academic Publisher. Dordrecht, Netherlands. 309 p.

Yutaka Y., Masataka S. and Hiroshi O. 2006. Antimicrobial effect of spices and herbs on *Vibrio parahaemolyticus*. **International Journal of Food Microbiology** 111 : 6-11.

Wallace H. A. and Thomas H. 2004. Bacteriological Analytical Manual, Chapter 5, (Online). Available. <http://www.fda.gov/Food/ScienceResearch/LaboratoryMethods/BacteriologicalAnalyticalManual/BAM/default.htm> (6 April, 2010).

Wong H. C., Liu S. H., Wang T. K., Lee C. L., Chiou C. H., Liu D. P., Nishibuchi M. and Lee B. K. 2000. Characteristics of *Vibrio parahaemolyticus* O3 : K6 from Asia. **Applied and Environmental Microbiology** (9) : 66.

ภาคผนวก



ภาพผนวกที่ 1 ตู้กระจกที่ใช้ในการทดลอง



ภาพผนวกที่ 2 สารยูจินอล



ภาพผนวกที่ 3 สารเมนทอล



ภาพผนวกที่ 4 สารดีเกลือ



ภาพผนวกที่ 5 สารโพลีโพรพิลีนสำเร็จรูป



ภาพผนวกที่ 6 น้ำโซดา



ภาพผนวกที่ 7 การละลายสารที่ใช้ในการทดลอง



ภาพผนวกที่ 8 การขัดหอยนางรม



ภาพผนวกที่ 9 การพักหอยนางรมหลังขัด



ภาพผนวกที่ 10 การสุ่มตัวอย่างหอยนางรม



ภาพผนวกที่ 11 การกระตุ้นหอยนางรมด้วยเครื่องกระตุ้นไฟฟ้า



ภาพผนวกที่ 12 ลักษณะหอยนางรมที่มีการเปิดฝาเปลือก



ภาพผนวกที่ 13 การใช้คีมถ่างแกะเปลือกหอยนางรม



ภาพผนวกที่ 14 ลักษณะหอยนางรมที่แกะเปลือกเรียบร้อยแล้ว

แบบบันทึกผลการทดลอง

เรื่อง

รหัสทดสอบ

วันที่ทดสอบ

ชนิดตัวอย่าง หอยนางรม.....

เวลาเริ่มทดสอบ

ลักษณะเฉพาะ.....ความยากง่ายในการแกะเปลือกหอยนางรมรหัส / ชื่อผู้ทดสอบ.....

การทดลองที่ 2 ศึกษาความพึงพอใจของผู้ทดลองเปิดเปลือกหอยนางรม โดยการแช่ด้วยสารออกฤทธิ์คล้ายน้ำเนื้อยึดเปลือก

คำชี้แจง โปรดทำเครื่องหมาย ✓ ลงในช่องว่างที่แสดงระดับความแตกต่างของความยากง่ายในการแกะเปลือกหอยนางรมตามความเป็นจริง เมื่อเปรียบเทียบตัวอย่างรหัส 01 – 04 กับตัวอย่างรหัส 00

ระยะเวลา	30 นาที			
ตัวอย่างรหัส	01	02	03	04
การทดสอบ				
แกะเปลือกง่ายกว่า 00				
แกะเปลือกง่ายเท่ากับ 00				
แกะเปลือกง่ายน้อยกว่า 00				

คำชี้แจง โปรดทำเครื่องหมาย ✓ ลงในช่องว่างที่แสดงความสำเร็จในการแกะเปลือกหอยนางรมของผู้ทดลองเมื่อแช่ด้วยสารออกฤทธิ์คล้ายน้ำเนื้อยึดเปลือกตามความเป็นจริง

รายการประเมิน	รหัสตัวอย่าง				
	00	01	02	03	04
ความสำเร็จในการแกะเปลือก					

การยอมรับในวิธีการใช้สารออกฤทธิ์คล้ายน้ำเนื้อยึดเปลือกทั้ง 4 ชนิด

 ขอมรับ

 ไม่ยอมรับ

แบบบันทึกผลการทดลอง

วันที่ทดสอบ

ชนิดตัวอย่างหอยนางรม.....

เวลาเริ่มทดสอบ

ลักษณะเฉพาะ.....ความยากง่ายในการแกะเปลือกหอยนางรม

รหัส / ชื่อผู้ทดสอบ.....

การทดลองที่ 3 ศึกษาความพึงพอใจของผู้บริโภคหอยนางรมสด เมื่อใช้สารออกฤทธิ์ช่วยในการคลายกล้ามเนื้อยึดเปลือกหอยนางรมมีชีวิต

คำชี้แจง โปรดทำเครื่องหมาย ✓ ลงในช่องว่างที่แสดงระดับความพึงพอใจของผู้บริโภคหอยนางรมสดของแต่ละตัวอย่างตามความเป็นจริง

ลักษณะที่ ประเมิน	กลิ่นคาว					ความนุ่มของหอย					รสชาติ					ความพึงพอใจโดยรวม				
	มากที่สุด	มาก	ปานกลาง	น้อย	น้อยที่สุด	มากที่สุด	มาก	ปานกลาง	น้อย	น้อยที่สุด	มากที่สุด	มาก	ปานกลาง	น้อย	น้อยที่สุด	มากที่สุด	มาก	ปานกลาง	น้อย	น้อยที่สุด
ตัวอย่างรหัส																				
00																				
01																				
02																				
03																				
04																				

ตารางผนวกที่ 1 ปริมาณแบคทีเรียรวม (CFU/g) ที่พบในหอยนางรม เมื่อใช้สารที่ออกฤทธิ์ในการคลายกล้ามเนื้อยึดเปลือกของหอยนางรมมีชีวิต

ชุดที่	ปริมาณแบคทีเรียรวม (CFU/g) ที่พบในหอยนางรม เมื่อใช้สารที่ออกฤทธิ์ในการคลายกล้ามเนื้อยึดเปลือกของหอยนางรมมีชีวิต							
	ครั้งที่ 1		ครั้งที่ 2		ครั้งที่ 3		ครั้งที่ 4	
	ซ้ำที่ 1	ซ้ำที่ 2	ซ้ำที่ 1	ซ้ำที่ 2	ซ้ำที่ 1	ซ้ำที่ 2	ซ้ำที่ 1	ซ้ำที่ 2
1	8.7×10^2	8.7×10^2	< 25	< 25	< 25	< 25	< 25	1.6×10^3
2	1.3×10^4	2.6×10^2	3.2×10^2	1.1×10^3	6.3×10^3	6.6×10^2	7.8×10^2	3.4×10^2
3	1.3×10^3	6.0×10^2	3.6×10^2	< 25	6.8×10^2	< 25	1.8×10^3	5.2×10^2
4	1.7×10^4	5.6×10^3	2.5×10^3	3.4×10^2	3.0×10^3	3.1×10^2	5.2×10^2	7.8×10^2
5	1.3×10^4	7.6×10^3	3.8×10^2	3.0×10^2	3.4×10^2	< 25	1.2×10^3	1.6×10^3

หมายเหตุ ชุดที่ 1 สารละลายของน้ำจืดที่ผสมเกลือแกลงไปให้มีความเค็มของน้ำอยู่ที่ 30psu. (ชุดควบคุม)

ชุดที่ 2 น้ำโซดา 10 เปอร์เซ็นต์ ร่วมกับ ยูจินอล 0.24 ml/L

ชุดที่ 3 น้ำโซดา 10 เปอร์เซ็นต์ ร่วมกับ เมนทอล 0.1 g/L

ชุดที่ 4 น้ำโซดา 10 เปอร์เซ็นต์ ร่วมกับ ดิเกลือ 37.98 g/L

ชุดที่ 5 น้ำโซดา 10 เปอร์เซ็นต์

ตารางผนวกที่ 2 ปริมาณ Coliforms Bacteria (MPN/g) ที่พบในหอยนางรม เมื่อใช้สารที่ออกฤทธิ์ในการ
 คลายกล้ามเนื้อยึดเปลือกของหอยนางรมมีชีวิต

ชุดที่	ปริมาณ Coliforms Bacteria (MPN/g) ที่พบในหอยนางรม เมื่อใช้สารที่ออกฤทธิ์ในการคลาย กล้ามเนื้อยึดเปลือกของหอยนางรมมีชีวิต							
	ครั้งที่ 1		ครั้งที่ 2		ครั้งที่ 3		ครั้งที่ 4	
	ซ้ำที่ 1	ซ้ำที่ 2	ซ้ำที่ 1	ซ้ำที่ 2	ซ้ำที่ 1	ซ้ำที่ 2	ซ้ำที่ 1	ซ้ำที่ 2
1	4.5	4.5	< 1.8	< 1.8	2	< 1.8	2	< 1.8
2	350	1.8	< 1.8	< 1.8	2	< 1.8	< 1.8	< 1.8
3	6.1	4.5	< 1.8	< 1.8	< 1.8	< 1.8	< 1.8	< 1.8
4	110	7.8	< 1.8	< 1.8	1.8	< 1.8	< 1.8	< 1.8
5	49	79	< 1.8	< 1.8	< 1.8	< 1.8	2	< 1.8

หมายเหตุ ชุดที่ 1 สารละลายของน้ำจืดที่ผสมเกลือแกงลงไปให้มีความเค็มของน้ำอยู่ที่ 30psu (ชุดควบคุม)
 ชุดที่ 2 น้ำโซดา 10 เปอร์เซ็นต์ ร่วมกับ ยูจินอล 0.24 ml/L
 ชุดที่ 3 น้ำโซดา 10 เปอร์เซ็นต์ ร่วมกับ เมนทอล 0.1 g/L
 ชุดที่ 4 น้ำโซดา 10 เปอร์เซ็นต์ ร่วมกับ ดีเกลือ 37.98 g/L
 ชุดที่ 5 น้ำโซดา 10 เปอร์เซ็นต์

ตารางผนวกที่ 3 ปริมาณ *E. coli* (MPN/g) ที่พบในหอยนางรม เมื่อใช้สารที่ออกฤทธิ์ในการคลาย
กล้ามเนื้อยึดเปลือกของหอยนางรมมีชีวิต

ชุดที่	ปริมาณ <i>E. coli</i> (MPN/g) ที่พบในหอยนางรม เมื่อใช้สารที่ออกฤทธิ์ในการคลายกล้ามเนื้อยึดเปลือกของหอยนางรมมีชีวิต							
	ครั้งที่ 1		ครั้งที่ 2		ครั้งที่ 3		ครั้งที่ 4	
	ซ้ำที่ 1	ซ้ำที่ 2	ซ้ำที่ 1	ซ้ำที่ 2	ซ้ำที่ 1	ซ้ำที่ 2	ซ้ำที่ 1	ซ้ำที่ 2
1	2	2	< 1.8	< 1.8	< 1.8	< 1.8	< 1.8	< 1.8
2	7.8	< 1.8	< 1.8	< 1.8	< 1.8	< 1.8	< 1.8	< 1.8
3	4	2	< 1.8	< 1.8	< 1.8	< 1.8	< 1.8	< 1.8
4	22	< 1.8	< 1.8	< 1.8	1.8	< 1.8	< 1.8	< 1.8
5	7.8	< 0.3	< 1.8	< 1.8	< 0.3	< 1.8	< 1.8	< 1.8

หมายเหตุ ชุดที่ 1 สารละลายของน้ำจืดที่ผสมเกลือแกลงไปให้มีความเค็มของน้ำอยู่ที่ 30psu (ชุดควบคุม)
ชุดที่ 2 น้ำโซดา 10 เปอร์เซ็นต์ ร่วมกับ ยูจินอล 0.24 ml/L
ชุดที่ 3 น้ำโซดา 10 เปอร์เซ็นต์ ร่วมกับ เมนทอล 0.1 g/L
ชุดที่ 4 น้ำโซดา 10 เปอร์เซ็นต์ ร่วมกับ ดีเกลือ 37.98 g/L
ชุดที่ 5 น้ำโซดา 10 เปอร์เซ็นต์

ตารางผนวกที่ 4 ปริมาณ *V. parahaemolyticus* (MPN/g) ที่พบในหอยนางรม เมื่อใช้สารที่ออกฤทธิ์ในการ
 คลายกล้ามเนื้อยึดเปลือกของหอยนางรมมีชีวิต

ชุดที่	ปริมาณ <i>V. parahaemolyticus</i> (MPN/g) ที่พบในหอยนางรม เมื่อใช้สารที่ออกฤทธิ์ในการคลาย กล้ามเนื้อยึดเปลือกของหอยนางรมมีชีวิต							
	ครั้งที่ 1		ครั้งที่ 2		ครั้งที่ 3		ครั้งที่ 4	
	ซ้ำที่ 1	ซ้ำที่ 2	ซ้ำที่ 1	ซ้ำที่ 2	ซ้ำที่ 1	ซ้ำที่ 2	ซ้ำที่ 1	ซ้ำที่ 2
1	< 0.3	< 0.3	460	6.0	0.9	0.3	1.58	0.30
2	< 0.3	0.36	2.14	1.9	0.6	0.6	1.47	0.74
3	0.72	1.1	3.5	93	0.3	1.07	1.55	0.3
4	1.1	0.93	1.2	0.36	0.3	0.93	2.64	0.6
5	< 0.3	< 0.3	1.9	460	< 0.3	< 0.3	< 0.3	0.6

หมายเหตุ ชุดที่ 1 สารละลายของน้ำจืดที่ผสมเกลือแกงลงไปให้มีความเค็มของน้ำอยู่ที่ 30psu (ชุดควบคุม)
 ชุดที่ 2 น้ำโซดา 10 เปอร์เซ็นต์ ร่วมกับ ยูจินอล 0.24 ml/L
 ชุดที่ 3 น้ำโซดา 10 เปอร์เซ็นต์ ร่วมกับ เมนทอล 0.1 g/L
 ชุดที่ 4 น้ำโซดา 10 เปอร์เซ็นต์ ร่วมกับ ดีเกลือ 37.98 g/L
 ชุดที่ 5 น้ำโซดา 10 เปอร์เซ็นต์

ตารางผนวกที่ 5 *V. cholerae* ที่พบในหอยนางรม เมื่อใช้สารที่ออกฤทธิ์ในการคลายกล้ามเนื้อยัดเปลือกของหอยนางรมมีชีวิต

ชุดที่	<i>V. cholerae</i> ที่พบในหอยนางรม เมื่อใช้สารที่ออกฤทธิ์ในการคลายกล้ามเนื้อยัดเปลือกของหอยนางรมมีชีวิต							
	ครั้งที่ 1		ครั้งที่ 2		ครั้งที่ 3		ครั้งที่ 4	
	ซำที่ 1	ซำที่ 2	ซำที่ 1	ซำที่ 2	ซำที่ 1	ซำที่ 2	ซำที่ 1	ซำที่ 2
1	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
2	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
3	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
4	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
5	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND

หมายเหตุ ND หมายถึง ตรวจไม่พบการปนเปื้อนในตัวอย่าง 25 กรัม
 ชุดที่ 1 สารละลายของน้ำจืดที่ผสมเกลือแกลงไปให้มีความเค็มของน้ำอยู่ที่ 30psu (ชุดควบคุม)
 ชุดที่ 2 น้ำโซดา 10 เปอร์เซ็นต์ ร่วมกับ ยูจินอล 0.24 ml/L
 ชุดที่ 3 น้ำโซดา 10 เปอร์เซ็นต์ ร่วมกับ เมนทอล 0.1 g/L
 ชุดที่ 4 น้ำโซดา 10 เปอร์เซ็นต์ ร่วมกับ ดีเกลือ 37.98 g/L
 ชุดที่ 5 น้ำโซดา 10 เปอร์เซ็นต์

ตารางผนวกที่ 6 *Salmonella* spp. ที่พบในหอยนางรม เมื่อใช้สารที่ออกฤทธิ์ในการคลายกล้ามเนื้อยึดเปลือกของหอยนางรมมีชีวิต

ชุดที่	<i>Salmonella</i> spp. ที่พบในหอยนางรม เมื่อใช้สารที่ออกฤทธิ์ในการคลายกล้ามเนื้อยึดเปลือกของหอยนางรมมีชีวิต							
	ครั้งที่ 1		ครั้งที่ 2		ครั้งที่ 3		ครั้งที่ 4	
	ซ้ำที่ 1	ซ้ำที่ 2	ซ้ำที่ 1	ซ้ำที่ 2	ซ้ำที่ 1	ซ้ำที่ 2	ซ้ำที่ 1	ซ้ำที่ 2
1	พบ (กลุ่ม E)	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
2	พบ (กลุ่ม C,E)	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
3	พบ (กลุ่ม E)	พบ (กลุ่ม E)	ND	ND	ND	ND	ND	ND
4	พบ (กลุ่ม E)	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
5	พบ (กลุ่ม E)	พบ (กลุ่ม E)	ND	ND	ND	ND	ND	ND

หมายเหตุ ND หมายถึง ตรวจไม่พบการปนเปื้อนในตัวอย่าง 25 กรัม
 ชุดที่ 1 สารละลายของน้ำจืดที่ผสมเกลือแกลงไปให้มีความเค็มของน้ำอยู่ที่ 30psu (ชุดควบคุม)
 ชุดที่ 2 น้ำโซดา 10 เปอร์เซ็นต์ ร่วมกับ ยูจินอล 0.24 ml/L
 ชุดที่ 3 น้ำโซดา 10 เปอร์เซ็นต์ ร่วมกับ เมนทอล 0.1 g/L
 ชุดที่ 4 น้ำโซดา 10 เปอร์เซ็นต์ ร่วมกับ ดีเกลือ 37.98 g/L
 ชุดที่ 5 น้ำโซดา 10 เปอร์เซ็นต์

ตารางแผนงานประกอบ

ตารางผนวกที่ 7 แผนกิจกรรมหลักที่สอดคล้องกับวัตถุประสงค์

วัตถุประสงค์	กิจกรรมหลัก	กิจกรรมรอง	ช่วงระยะเวลา ดำเนินการ	จำนวน วันที่ใช้	ผู้รับผิดชอบ
1. ศึกษาแนวทางการใช้ประโยชน์จากสารที่ออกฤทธิ์คล้ายกล้ามเนื้อของสัตว์น้ำในการคล้ายกล้ามเนื้อยืดเปลือกของหอยนางรมมีชีวิต	1.1 ศึกษาชนิดและระดับความเข้มข้นที่เหมาะสมของสารออกฤทธิ์ในการคล้ายกล้ามเนื้อยืดเปลือกของหอยนางรมมีชีวิต เพื่อให้ง่ายต่อการแกะเปลือกหอย	1.1.1 ศึกษาหา ระดับความ เข้มข้นที่ เหมาะสมของ ยูจีนอล	ก.ย.52 ถึง ต.ค. 52	12	อ. กมลวรรณ และผู้ช่วย นักวิจัย
		1.1.2 ศึกษาหา ระดับความ เข้มข้นที่ เหมาะสมของ ไพลผง	ต.ค. 52 ถึง พ.ย. 52	12	อ. กมลวรรณ และผู้ช่วย นักวิจัย
		1.1.3 ศึกษา หาระดับ ความเข้มข้น ที่เหมาะสม ของเมนทอล	พ.ย.52 ถึง ธ.ค. 52	12	อ. กมลวรรณ และผู้ช่วย นักวิจัย

ตารางผนวกที่ 7 (ต่อ)

วัตถุประสงค์	กิจกรรมหลัก	กิจกรรมรอง	ช่วงระยะเวลา ดำเนินการ	จำนวน วันที่ใช้	ผู้รับผิดชอบ
		1.1.4 ศึกษาหา ระดับความ เข้มข้นที่ เหมาะสมของ ดีเกลือ 1.1.5 ศึกษาหา ระดับความ เข้มข้นที่ เหมาะสมของ น้ำโซดา	ธ.ค.52 ถึง ม.ค. 53 ม.ค.53 ถึง ก.พ. 53	12	อ. กมลวรรณ และผู้ช่วย นักวิจัย อ. กมลวรรณ และผู้ช่วย นักวิจัย
	1.2 ศึกษาความพึง พอใจของผู้ที่ ทดลองเปิดเปลือก หอยนางรม ภายหลังจากการ แช่ในสารออก ฤทธิ์ในการคลาย กล้ามเนื้อยึด เปลือกของหอย นางรมมีชีวิต	1.2.1 ประเมิน ความพึงพอใจ ของผู้ที่ทำการ ทดสอบต่อ การแกะ เปลือกของ หอยนางรม 1.2.2 ประเมิน ความสำเร็จ ในการแกะ เปลือกหอย นางรมของผู้ ที่ทำการ ทดสอบ	มิ.ย. ถึง ก.ค. 53 มิ.ย. ถึง ก.ค. 53	8 8	อ. กมลวรรณ อ. ยุทธนา คุณนิชาพล และผู้ช่วย นักวิจัย อ. กมลวรรณ อ. ยุทธนา คุณนิชาพล และผู้ช่วย นักวิจัย

ตารางผนวกที่ 7 (ต่อ)

วัตถุประสงค์	กิจกรรมหลัก	กิจกรรมรอง	ช่วงระยะเวลา ดำเนินการ	จำนวน วันที่ใช้	ผู้รับผิดชอบ
	1.3 ศึกษาความพึงพอใจของผู้บริโภคต่อคุณลักษณะทางประสาทสัมผัสของหอยนางรมสด ภายหลังการแช่ในสารออกฤทธิ์ในการคลายกล้ามเนื้อเยื่อเปลือกของหอยนางรมมีชีวิต ทั้ง 5 ชนิด	ประเมินผลความพึงพอใจของผู้บริโภคต่อคุณลักษณะทางประสาทสัมผัสของหอยนางรมสดที่ผ่านการทดลอง เพื่อนำไปเป็นข้อมูลสำหรับการคัดเลือกชนิดและความเข้มข้นของสารที่เหมาะสม	มิ.ย. ถึง ก.ค. 53	8	อ. กมลวรรณ อ. ยุทธนา คุณฉิชาพลและ ผู้ช่วยนักวิจัย
	1.4 ประเมินผลและกำหนดแนวทางการใช้ประโยชน์จากสารที่ออกฤทธิ์ในการคลายกล้ามเนื้อเยื่อเปลือกของหอยนางรมมีชีวิต	คัดเลือกชนิดและความเข้มข้นของสารที่ออกฤทธิ์ในการคลายกล้ามเนื้อเยื่อเปลือกของหอยนางรมมีชีวิตอย่างมีประสิทธิภาพ			

ตารางผนวกที่ 7 (ต่อ)

วัตถุประสงค์	กิจกรรมหลัก	กิจกรรมรอง	ช่วงระยะเวลา ดำเนินการ	จำนวน วันที่ใช้	ผู้รับผิดชอบ
2. ศึกษาผลของสารที่ ออกฤทธิ์ในการคลาย กล้ามเนื้อยึดเปลือก ของหอยนางรมมี ชีวิต ต่อการลดการ ปนเปื้อนของ แบคทีเรียที่พบใน ตัวอย่างหอยนางรม	2.1 ศึกษาผลของ สารที่ออกฤทธิ์ใน การคลาย กล้ามเนื้อยึด เปลือกของหอย นางรมมีชีวิต ที่ คัดเลือกได้ต่อการ ลดการปนเปื้อน ของแบคทีเรียที่ บ่งชี้สุขภาพและ และแบคทีเรียที่ ก่อโรคบางชนิดที่ พบในตัวอย่าง หอย	ประเมิน ประสิทธิภาพ ของสารที่ ออกฤทธิ์ใน การคลาย กล้ามเนื้อยึด เปลือกของ หอยนางรมมี ชีวิต ในการ ลดการ ปนเปื้อนของ แบคทีเรียที่ พบใน ตัวอย่างหอย นางรม	ก.ค. ถึง ส.ค. 53	32	อ. กมลวรรณ

ตารางผนวกที่ 8 แสดงการเปรียบเทียบ Output ที่เสนอในข้อเสนอโครงการ และที่ไ้จริง

Output		ในกรณีล่าช้า (ผลสำเร็จไม่ถึง 100 เปอร์เซ็นต์) ให้ท่านระบุสาเหตุและการแก้ไขที่ท่านดำเนินการ
กิจกรรมในข้อเสนอโครงการ/หรือจากการปรับแผน	ผลสำเร็จ (เปอร์เซ็นต์)	
1. ศึกษาหาระดับความเข้มข้นที่เหมาะสมของ ยูจีนอลในการคลายกล้ำมเนื้อยัดเปลือกหอยนางรมมีชีวิต	100	
2. ศึกษาหาระดับความเข้มข้นที่เหมาะสมของ เมนทอลในการคลายกล้ำมเนื้อยัดเปลือกหอยนางรมมีชีวิต	100	
3. ศึกษาหาระดับความเข้มข้นที่เหมาะสมของ ดีเกลือในการคลายกล้ำมเนื้อยัดเปลือกหอยนางรมมีชีวิต	100	
4. ศึกษาหาระดับความเข้มข้นที่เหมาะสมของ ไพลผงในการคลายกล้ำมเนื้อยัดเปลือกหอยนางรมมีชีวิต	100	
5. ศึกษาหาระดับความเข้มข้นที่เหมาะสมของ น้ำโซดาในการคลายกล้ำมเนื้อยัดเปลือกหอยนางรมมีชีวิต	100	
6. สรุปผลและเขียนรายงานศึกษาชนิดและระดับความเข้มข้นที่เหมาะสมของสารออกฤทธิ์ในการคลายกล้ำมเนื้อยัดเปลือกของหอยนางรมมีชีวิต เพื่อให้ง่ายต่อการแกะเปลือกหอย	100	
7. ศึกษาความพึงพอใจของผู้ที่ทดลองเปิดเปลือกหอยนางรม ภายหลังจากการแช่ในสารออกฤทธิ์ในการคลายกล้ำมเนื้อยัดเปลือกของหอยนางรมมีชีวิต	100	
8. ศึกษาความพึงพอใจของผู้บริโภคต่อคุณลักษณะทางประสาทสัมผัสของหอยนางรมสด ภายหลังจากการแช่ในสารออกฤทธิ์ในการคลายกล้ำมเนื้อยัดเปลือกของหอย	100	

ตารางผนวกที่ 8 (ต่อ)

Output		ในกรณีล่าช้า (ผลสำเร็จไม่ถึง 100 เปอร์เซ็นต์) ให้ท่านระบุสาเหตุและการแก้ไขที่ท่านดำเนินการ
กิจกรรมในข้อเสนอ โครงการ/หรือจากการปรับเปลี่ยน	ผลสำเร็จ (เปอร์เซ็นต์)	
9. ประเมินผลและกำหนดแนวทางในการใช้ประโยชน์จากสารที่ออกฤทธิ์ในการคลายกล้ามเนื้อยึดเปลือกของหอยนางรมมีชีวิต	100	
10. ศึกษาผลของสารที่ออกฤทธิ์ในการคลายกล้ามเนื้อยึดเปลือกของหอยนางรมมีชีวิต ที่คัดเลือกได้ต่อการลดการปนเปื้อนของแบคทีเรียที่บ่งชี้สู่ลักษณะ และแบคทีเรียที่ก่อโรคบางชนิดที่พบในตัวอย่างหอย	100	
11. สรุปผลและเขียนรายงาน	100	

กิจกรรมที่เกี่ยวข้องกับการนำผลงานไปใช้ประโยชน์

1. การจัดเผยแพร่ผลงานวิจัย 1 ครั้ง โดยจัดนิทรรศการ และบริการวิชาการ ในงานเกษตรแฟร์ ปาล์ม น้ำมัน และของดีชุมพร ประจำปี 2554 ตั้งแต่วันที่ 27 พฤษภาคม 2554 ถึงวันที่ 5 มิถุนายน 2554 ซึ่งในการนำเสนอผลงานวิจัยในครั้งนี้ ผู้เข้าร่วมงานส่วนใหญ่ให้ความสนใจเป็นจำนวนมาก โดยเฉพาะเมื่อเข้ามาดู และฟังวิธีการใช้สารออกฤทธิ์คล้ายเนื้อเปลือกหอยนางรมครั้งแรก ผู้เข้าฟังส่วนใหญ่มีความคิดว่า ไม่น่าจะทำได้ แต่เมื่อได้ทดลองปฏิบัติกลับพบว่า สามารถใช้งานได้จริง เห็นผลในระยะเวลาไม่นาน จึงทำให้สนใจในผลงานวิจัย และสารที่ใช้หาซื้อได้ง่าย โดยเฉพาะน้ำโซดา



ภาพผนวกที่ 15 การจัดเผยแพร่ผลงานวิจัย “การวิจัยและพัฒนาการใช้สารออกฤทธิ์ในการคล้ายเนื้อเยื่อเปลือกหอยนางรมมีชีวิตเพื่อการบริโภคในรูปแบบสด”



ภาพผนวกที่ 16 การติดตั้งโปสเตอร์เผยแพร่ผลงานวิจัย



ภาพผนวกที่ 17 อธิบายวิธีการใช้สารออกฤทธิ์ในการคลายกล้ามเนื้อยึดเปลือกหอยนางรมมีชีวิตเพื่อการบริโภคในรูปแบบสด และแจกเอกสารแก่ผู้สนใจ



ภาพผนวกที่ 18 ผู้เข้าร่วมงานทดลองแกะเปลือกหอยนางรม และชิมหอยนางรม



ภาพผนวกที่ 19 นักเรียนที่สนใจเข้าศึกษา และดูงานวิจัย

ลงนาม..... *An d/s*(หัวหน้าโครงการวิจัยผู้รับทุน)

วันที่ 25 ตุลาคม 2554