ผลของความเค็มต่อค่าออสโมลาลิตี้ของเลือดกั้งตั๊กแตน, *Miyakea nepa* (Latreille, 1828)

Effect of Salinity on Blood Osmolality of Mantis Shrimp, *Miyakea nepa* (Latreille, 1828)

นงนุช ตั้งเกริกโอฬาร* และพิชญานันท์ รักษา
ภาควิชาวาริชศาสตร์ คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยบูรพา
Nongnud Tangkrock-olan* and Pitchayarnun Ruksar
Department of Aquatic Science, Faculty of Science, Burapha University.

บทคัดย่อ

ทำการศึกษาผลของความเค็มต่อการเปลี่ยนแปลงค่าออสโมลาลิตี้ของเลือดกั้งตั๊กแตน (*Miyakea nepa*) แบบเฉียบพลันที่เวลา 0, 0.5, 1, 3, 6 และ 12 ชั่วโมง และแบบค่อยๆ เปลี่ยนแปลงความเค็มที่เวลา 24 และ 48 ชั่วโมง โดยเจาะเลือดกั้งตั๊กแตนแล้วนำไปวัดค่าออสโมลาลิตี้ด้วยเครื่องวัดความเข้มข้นของสารละลาย (Vapor Pressure Osmometer 5520) ที่ความเค็ม 4 ระดับ คือ 30, 25, 20 และ 15 psu ที่อุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียส สำหรับผลการศึกษาการเปลี่ยนแปลงความเค็มแบบเฉียบพลันพบว่า ค่าออสโมลาลิตี้ของเลือดเปลี่ยนแปลงตามความเค็มที่ลดลง ที่ระดับความเค็ม 30, 25 และ 20 psu ที่เวลา 12 ชั่วโมง มีค่าออสโมลาลิตี้เท่ากับ 982±11, 793±7 และ 686±15 mOsmol/kg ตามลำดับ ส่วนที่ระดับความเค็ม 15 psu พบว่ากั้งตั๊กแตนตายทั้งหมดหลังจากเวลาที่ 1 ชั่วโมง และมีค่าออสโมลาลิตี้ที่เวลา 1 ชั่วโมง เท่ากับ 665±15 mOsmol/kg ส่วนการเปลี่ยนแปลงความเค็มแบบค่อยๆ เปลี่ยนแปลงพบว่าค่าออสโมลาลิตี้ของเลือดเปลี่ยนแปลงตามความเค็มที่ลดลง ที่ระดับความเค็ม 30, 25, 20 และ 15 psu ที่เวลา 24 ชั่วโมง มีค่าออสโมลาลิตี้เท่ากับ 993±11, 824±6, 687±5 และ 542±7 mOsmol/kg ตามลำดับ และที่เวลา 48 ชั่วโมง มีค่าออสโมลาลิตี้เท่ากับ 985±7, 830±8, 686±4 และ 545±6 mOsmol/kg ตามลำดับ จากผลการศึกษาสามารถสรุปได้ว่า หากมีการเปลี่ยนแปลงความเค็มแบบเฉียบพลันนั้น ความเค็มที่กั้งตั๊กแตนสามารถทนอยู่ได้นั้นไม่ควรต่ำกว่า 20 psu ส่วนที่ความเค็ม 15 psu นั้น กั้งตั๊กแตนสามารถทนอยู่ได้แต่จะต้องค่อยๆ ลดระดับความเค็มลง กั้งตั๊กแตนจึงสามารถปรับตัวอยู่ได้ เมื่อเปรียบเทียบความเข้มข้นของเลือดกั้งตั๊กแตนกับน้ำที่อาศัยอยู่ พบว่ากั้งตั๊กแตนมีความสามารถในการปรับตัวต่อการเปลี่ยนแปลงความเค็มแบบ osmoconformer และมีความทนทานต่อความเค็มอยู่ในช่วงกว้าง (euryhaline) คืออยู่ในช่วง 15-30 psu

คำสำคัญ : ความเค็ม ออสโมลาลิตี้ของเลือด กั้งตั๊กแตน

***Corresponding author.** E-mail: nongnud@buu.ac.th

Abstract

The effect of decreased salinity on blood osmolality was investigated in the mantis shrimp (*Miyakea nepa*). Blood samples were measured using a Vapor pressure osmometer 5520 at salinities of 30, 25, 20 and 15 psu at a temperature of 25 °C. Blood osmolality changed with salinity in mantis shrimps that were reared in seawater where the salinity was changed abruptly. It was found that blood osmolality at 12 hr. was 982±11, 793±7 and 686±15 mOsmol/kg at salinities 30, 25 and 20 psu respectively. All mantis shrimp died after one hour at 15 psu salinity and blood osmolality at one hour was 665±15 mOsmol/kg. Blood osmolality at 24 and 48 hr. was measured in mantis shrimp that were reared in seawater that the salinity was gradually changed. It was found that blood osmolality decreased with salinity after 24 hr., blood osmolality was measured at 993±11, 824±6, 687±5 and 542±7 mOsmol/kg at salinities 30, 25, 20 and 15 psu respectively. At 48 hr. blood osmolality was 985±7, 830±8, 686±4 and 545±6 mOsmol/kg respectively. In conclusion, mantis shrimp can survive in seawater at salinity more than 20 psu. if the salinity was changed abruptly. At salinity of 15 psu, mantis shrimp can also survive but the salinity of water has to be changed gradually. The mantis shrimp *Miyakea nepa* shows characteristics of an osmoconformer and can be categorized as a euryhaline animal as being able to live in a salinity range between 15-30 psu.

Keywords : salinity, hemolymph, osmolality, mantis shrimp, *Miyakea nepa*

บทนำ

กั้งตั๊กแตน (mantis shrimp) เป็นสัตว์ไม่มีกระดูกสันหลังในกลุ่มสัตว์ขาข้อ (arthropod) จัดอยู่ในกลุ่มครัสเตเชียน (crustacean) เช่นเดียวกับพวกกุ้งและปู โดยกั้งตั๊กแตนจัดอยู่ใน Order Stomatopoda ส่วนกุ้งและปู จัดอยู่ใน Order Decapoda กั้งตั๊กแตนพบอาศัยเฉพาะในทะเลและบริเวณน้ำกร่อย โดยเฉพาะในบริเวณเขตร้อน โดยพบอาศัยอยู่ในรูที่ขุดขึ้นเอง หรือตามซอกหินและปะการัง กั้งตั๊กแตนส่วนใหญ่ชอบอาศัยในบริเวณพื้นทะเลที่มีลักษณะเป็นโคลนปนทราย พบชุกชุมแถบชายฝั่งอ่าวไทย ตั้งแต่แนวเขตน้ำขึ้นน้ำลงไปจนถึงระดับความลึก 1,500 เมตร (ธนาคม บัณฑิตวงศ์รัตน์, 2549) บางชนิดพบบริเวณปากแม่น้ำ มีรายงานพบกั้งตั๊กแตนทั่วโลกประมาณ 450 ชนิด สำหรับในประเทศไทยมีรายงานพบแล้วอย่างน้อย 61 ชนิด (Naiyayetr, 2007) ในจำนวนนี้มีหลายชนิดถูกนำมาบริโภคเป็นอาหาร ซึ่งชนิดที่นิยมนำมาเป็นอาหารของคนไทยนั้นได้แก่ กั้งตั๊กแตนในสกุล *Harpiosquilla* ซึ่งเป็นกั้งตั๊กแตนสกุลที่มีขนาดใหญ่ ความยาวประมาณ 16-29 เซนติเมตร ตัวอย่างได้แก่ *H. rahidea* และ *H. harpax* มีราคาค่อนข้างแพง และมักนำมาใช้ประกอบอาหารในภัตตาคาร เช่น กั้งตั๊กแตนผัดพริกไทยดำ นอกจากนี้กั้งตั๊กแตนชนิด *Miyakea nepa* มีขนาดปานกลาง มีความยาวประมาณ 10-17 เซนติเมตร ถูกจับได้จากการประมงอวนลากในปริมาณมาก โดยพบได้ทั้งในอ่าวไทยและทะเลอันดามัน ในอดีตคนไทยเชื้อสายจีนนิยมนำมาดองน้ำปลาหรือแช่เกลือ และถูกบริโภคในรูปของกั้งดองรับประทานกับข้าวต้ม แต่ในปัจจุบันพบว่ากั้งตั๊กแตนชนิดนี้ ได้ถูกนำมาบริโภคในรูปแบบอื่นๆ เช่น กั้งตั๊กแตนทอดกระเทียม และยำกั้งตั๊กแตน เป็นต้น โดยแหล่งตัวอย่างกั้งตั๊กแตนชนิดนี้พบมากที่สุดในเขตจังหวัดชลบุรี โดยเฉพาะบริเวณท่าเทียบเรือประมงอ่างศิลา สามารถพบกั้งตั๊กแตนชนิดนี้ได้ตลอดทั้งปี (สาธิต โกวิทวที, 2537)

กั้งตั๊กแตนเป็นสัตว์เศรษฐกิจที่ได้รับความนิยมบริโภคมากขึ้น ในขณะที่จำนวนกั้งตั๊กแตนที่จับได้จากธรรมชาติเริ่มลดน้อยลง (สถิติการประมงแห่งประเทศไทย พ.ศ. 2552) ปัจจุบันจึงหันมาให้ความสนใจเกี่ยวกับการเพาะเลี้ยงสัตว์ชนิดนี้มากขึ้น โดยมีการศึกษาเกี่ยวกับการเพาะและอนุบาลกั้งตั๊กแตนมาตั้งแต่ปี 2537 (บังอร ศรีมุกดา และ สรณัญช์ จำปาศรี, 2537) และในปี 2551 จนถึงปัจจุบันทางศูนย์วิจัยและพัฒนาประมงชายฝั่งสงขลาและศูนย์วิจัยและพัฒนาประมงชายฝั่งจันทบุรี ได้ทำการวิจัยการเพาะและอนุบาลกั้งตั๊กแตนเพื่อเป็นการช่วยปล่อยคืนกั้งตั๊กแตนสู่ท้องทะเล แต่ก็ยังมีอัตราการรอดตายที่ต่ำ ทั้งนี้อาจเนื่องมาจากปัจจัยต่างๆ ทั้งภายในและภายนอก ซึ่งปัจจัยหนึ่งที่มีความสำคัญได้แก่ ความเค็มของน้ำที่ใช้ในการเพาะเลี้ยง ทั้งนี้เนื่องจาก ความเค็มของน้ำจะมีผลโดยตรงต่อความสามารถในการควบคุมสมดุลของน้ำภายในร่างกายของสัตว์ (Castille and Lawrence, 1981) โดยทั่วไปสัตว์ไม่มีกระดูกสันหลังที่อาศัยอยู่ในทะเล หากนำมาไว้ในน้ำที่มีความเค็มเปลี่ยนแปลงไป จะต้องมีการปรับตัวเพื่อให้ปริมาณน้ำและอิออนต่างๆ ภายในใกล้เคียงกับภายนอก โดยการออสโมซีสของน้ำหรือการแพร่เข้า-ออกของอิออน ซึ่งหากความเค็มของน้ำเปลี่ยนแปลงน้อย สัตว์ก็ยังสามารถดำรงชีวิตอยู่ได้ แต่หากความเค็มเปลี่ยนแปลงมาก ก็อาจมีผลทำให้สัตว์ตายได้ สัตว์เหล่านี้จึงต้องพยายามรักษาระดับความเข้มข้นของของเหลวในร่างกายให้คงที่อยู่ตลอดเวลา ไม่ว่าความเข้มข้นของของเหลวในสิ่งแวดล้อมจะมีการเปลี่ยนแปลงไปก็ตาม (นงนุช ตั้งเกริกโอฬาร, 2542) การควบคุมสมดุลของของเหลวและอิออนในตัวสัตว์ไม่มีกระดูกสันหลังในทะเลนั้น ได้มีการศึกษากันอย่างแพร่หลายในครัสเตเชียนกลุ่มอื่นๆ เช่น Lin *et al*. (2002) ศึกษาเปรียบเทียบการควบคุมสมดุลของของเหลวในร่างกายของปูก้ามดาบ 4 ชนิด ในประเทศไต้หวัน พบว่าสองชนิดแรกสามารถทนความเค็มได้ในช่วงกว้าง และปูอีกสองชนิด มีรูปแบบการควบคุมสมดุลน้ำและอิออนเป็นแบบ hypo-osmoregulator และ weak-osmoregulator ตามลำดับ และ Robert (1978) ศึกษารูปแบบของการควบคุมสมดุลของน้ำและอิออนในเส้นใยกล้ามเนื้อของสัตว์ทะเลที่มีเปลือกแข็งจำพวกปู พบว่าปู 3 ชนิดแรก มีรูปแบบการควบคุมสมดุลน้ำและอิออนเป็น osmoconformers และปูอีกหนึ่งชนิดมีรูปแบบเป็น weak-osmoregulator สำหรับสัตว์ไม่มีกระดูกสันหลังจำพวกกั้งตั๊กแตนนั้น พบว่าการศึกษาเกี่ยวกับเรื่องเหล่านี้มีน้อยมาก ดังนั้นในการศึกษาครั้งนี้ จึงมีจุดมุ่งหมายที่จะศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างความเข้มข้นของเลือดกั้งตั๊กแตนกับความเข้มข้นของน้ำที่มันอาศัยอยู่ และรูปแบบในการควบคุมสมดุลของของเหลวภายในร่างกายของกั้งตั๊กแตนทั้งนี้เพื่อเป็นข้อมูลพื้นฐานทางด้านสรีรวิทยา สำหรับนำมาใช้ประกอบการวิจัยทางด้านการเพาะเลี้ยงต่อไปในอนาคตข้างหน้า

วัสดุอุปกรณ์และวิธีการวิจัย

สัตว์ทดลอง

สัตว์ที่ใช้ทดลองคือ กั้งตั๊กแตน (*Miyakea nepa*) ซึ่งได้มาจากชาวประมงบริเวณสะพานปลาอ่างศิลาจังหวัดชลบุรี กั้งตั๊กแตนที่นำมาทดลองเป็นกั้งที่มีลักษณะแข็งแรง มีรยางค์ต่างๆ ครบสมบูรณ์ และมีขนาดความยาวใกล้เคียงกันมากที่สุด โดยมีความยาวและน้ำหนักเฉลี่ย 14±1 เซนติเมตร และ 36±7 กรัม ตามลำดับ นำมาเลี้ยงปรับสภาพที่ความเค็ม 30 psu และอุณหภูมิ

อยู่ประมาณ 25 องศาเซลเซียส เป็นเวลาประมาณ 1 สัปดาห์ ณ ห้องปฏิบัติการของภาควิชาวาริชศาสตร์ มหาวิทยาลัยบูรพา จังหวัดชลบุรี ระหว่างการเลี้ยงปรับสภาพให้หอยแมลงภู่เป็นอาหารวันละ 1 ครั้ง และเปลี่ยนถ่ายน้ำทุกวัน

การเตรียมน้ำสำหรับใช้ในการทดลอง

นำน้ำทะเลจากบ่อเก็บน้ำของภาควิชาวาริชศาสตร์ คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยบูรพา ซึ่งมีความเค็ม 33 psu มาปรับให้ได้ความเค็มโดยการเติมน้ำจืดลงไปให้ได้ความเค็ม 30 psu จากนั้นปรับความเค็มน้ำให้ได้ระดับความเค็มต่างๆ ด้วยการคำนวณแล้วเจือจาง (dilute) จนได้ระดับความเค็มที่ต้องการ คือ 30, 25, 20 และ 15 psu นำน้ำทะเลความเค็มระดับต่างๆ ที่เตรียมไว้มาวัดค่าความเข้มข้นของสารละลายอย่างละเอียดอีกครั้งหนึ่ง โดยใช้เครื่องวัดความเข้มข้นของสารละลาย (Vapor Pressure Osmometer 5520) ซึ่งค่าความเข้มข้นที่ได้จากน้ำทะเลจะมีหน่วยเป็น mOsmol/kg ดังแสดงในตารางที่ 1

ตารางที่ 1 แสดงค่าความเข้มข้นของน้ำทะเลที่ใช้ในการทดลอง

Salinity (psu)	30	25	20	15
Osmolality (mOsmol/kg)	995±3	780±15	655±15	472±7

การศึกษาความสามารถในการควบคุมสมดุลน้ำ ในเลือดของกั้งตั๊กแตนที่ระดับความเค็มต่างๆ

ทำการทดลองหาค่าออสโมลาลิตี้ของเลือดกั้งตั๊กแตนในน้ำทะเลที่ความเค็ม 4 ระดับ คือ 30 (กลุ่มควบคุม), 25, 20 และ 15 psu โดยเปลี่ยนแปลงระดับความเค็ม 2 แบบ คือ แบบเฉียบพลันและแบบค่อยๆ เปลี่ยนแปลง ดังนี้

1. แบบเฉียบพลัน โดยนำกั้งตั๊กแตนไปไว้ในน้ำที่มีระดับความเค็มที่ใช้สำหรับการทดลองคือ 30, 25, 20 และ 10 psu จากนั้นเจาะเลือดกั้งตั๊กแตนเพื่อนำมาหาค่าความเข้มข้นของเลือดกั้งตั๊กแตน ที่เวลา 0, 0.5, 1, 3, 6 และ 12 ชั่วโมง ตามลำดับ

2. แบบค่อยๆ เปลี่ยนแปลง โดยทำการลดระดับความเค็มลงครั้งละ 5 psu ภายในระยะเวลา 6 ชั่วโมง จนได้ความเค็ม 4 ระดับที่ใช้สำหรับการทดลองคือ 30, 25, 20 และ 10 psu จากนั้นเจาะเลือดกั้งตั๊กแตนเพื่อนำมาหาค่าความเข้มข้นของเลือดกั้งตั๊กแตนที่เวลา 24 และ 48 ชั่วโมง ตามลำดับ

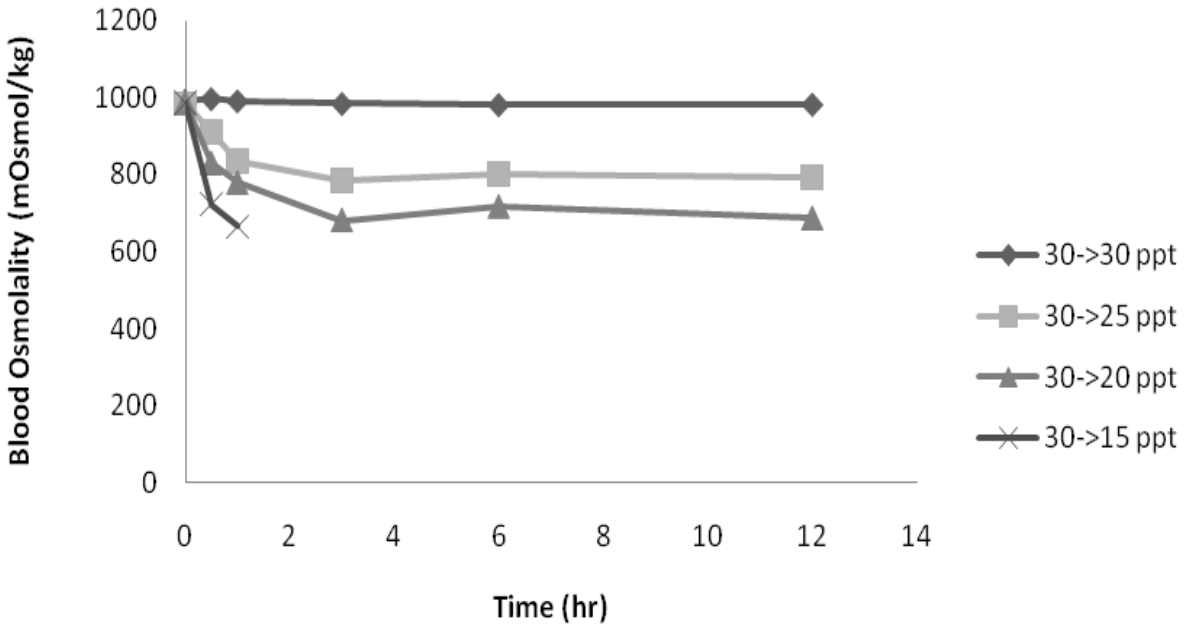
การทดลองทั้งสองแบบดังกล่าวข้างต้นนั้น ใช้กั้งตั๊กแตนทั้งสิ้น 80 ตัว โดยแบ่งออกเป็น 4 หน่วยการทดลอง (treatment) ตามความเค็มที่กำหนดไว้คือ 30, 25, 20 และ 15 psu ในแต่ละหน่วยการทดลองมี 10 ซ้ำ ทดลองในภาชนะที่มีขนาด 25 ลิตร ใส่น้ำลงไปในภาชนะปริมาตร 10 ลิตร และให้อากาศตลอดเวลา วัดค่าออสโมลาลิตี้ของเลือดกั้งตั๊กแตนโดยใช้เครื่องวัดความเข้มข้นของสารละลาย (Vapor Pressure Osmometer 5520) ตามระยะเวลาที่กำหนด

การวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติ

นำข้อมูลที่ได้จากการวัดค่าออสโมลาลิตี้ของเลือดที่ระดับความเค็ม 30, 25, 20 และ 15 psu ที่เวลาต่างๆ มาหาความสัมพันธ์ระหว่างค่าออสโมลาลิตี้ของน้ำที่ใช้เลี้ยงและค่าออสโมลาลิตี้ของเลือด ทำการวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติแบบ One Way Analysis of Variance เพื่อหาค่าความแปรปรวนของข้อมูลและเปรียบเทียบความแตกต่างระหว่างกลุ่มที่ระดับความเชื่อมั่น 95% ($P<0.05$) โดยใช้วิธีของ Duncan's Multiple Range Test โดยใช้โปรแกรม SPSS for window Version 14

ผลการวิจัยและวิจารณ์ผล

จากผลการทดลองหาค่าออสโมลาลิตี้ของเลือด (Blood osmolality) กั้งตั๊กแตนที่มีความยาวและน้ำหนักเฉลี่ยเท่ากับ 14±1 เซนติเมตร และ 36±7 กรัม ตามลำดับ โดยการเปลี่ยนแปลงความเค็มแบบเฉียบพลันที่ระดับ 30, 25, 20 และ 15 psu ในห้องที่ควบคุมอุณหภูมิ 25 °C พบว่า ที่ความเค็ม 30 psu ค่าออสโมลาลิตี้ของเลือดกั้งตั๊กแตนมีค่าเท่ากับ 992±5, 997±6, 991±6, 984±11, 981±13 และ 982±11 mOsmol/kg ที่เวลา 0, 0.5, 1, 3, 6 และ 12 ชั่วโมง ตามลำดับ ซึ่งไม่แตกต่างกันมากนัก ส่วนที่ความเค็ม 25 และ 20 psu นั้น พบว่า ค่าออสโมลาลิตี้ของเลือดกั้งตั๊กแตนลดลงเมื่อเวลาผ่านไป ที่ระดับความเค็ม 25 psu มีค่าออสโมลาลิตี้ของเลือดเท่ากับ 984±7, 910±16, 834±5, 784±7, 802±13 และ 793±7 mOsmol/kg ที่เวลา 0, 0.5, 1, 3, 6 และ 12 ชั่วโมง ตามลำดับ และที่ระดับความเค็ม 20 psu มีค่าออสโมลาลิตี้ของเลือดเท่ากับ 986±5, 829±20, 778±7, 681±8, 716±22 และ 686±15 mOsmol/kg ที่เวลา 0, 0.5, 1, 3, 6 และ 12 ชั่วโมง ตามลำดับ ส่วนที่ระดับความเค็ม 15 psu นั้นพบว่าค่าออสโมลาลิตี้ของเลือดกั้งตั๊กแตนลดลงเมื่อเวลาผ่านไปเช่นเดียวกับที่ความเค็ม 25 และ 20 psu แต่ที่เวลา 3 ชั่วโมง ไม่สามารถวัดค่าออสโมลาลิตี้ของเลือดได้ เนื่องจากกั้งตั๊กแตนตายหมด ค่าออสโมลาลิตี้ของเลือดที่เวลา 0, 0.5 และ 1 ชั่วโมง มีค่าเท่ากับ 986±4, 723±22 และ 665±14 mOsmol/kg ตามลำดับ



ภาพที่ 1 การเปลี่ยนแปลงค่าออสโมลาลิตี้ในการเปลี่ยนแปลงความเค็มแบบเฉียบพลัน 276 ที่เวลา 0, 0.5, 1, 3, 6, 12 ชั่วโมง ที่ความเค็มระดับต่างๆ

(ภาพที่ 1) เมื่อทำการทดสอบทางสถิติ พบว่า ที่ระดับความเค็ม 25 และ 20 psu ค่าความเข้มข้นของเลือดที่เวลา 0, 0.5, 1 และ 3 ชั่วโมง แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ส่วนที่เวลา 3, 6 และ 12 ชั่วโมงนั้น ไม่แตกต่างกันทางสถิติ และที่ระดับความเค็ม 15 psu นั้น ค่าความเข้มข้นของเลือดที่เวลา 0, 0.5 และ 1 ชั่วโมง มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ดังแสดงในตารางที่ 2 สำหรับการทดลองค่าออสโมลาลิตี้ของเลือดกั้งตั๊กแตนแบบค่อยๆ เปลี่ยนแปลงความเค็มนั้นพบว่า ที่เวลา 24 ชั่วโมง มีค่าออสโมลาลิตี้ของเลือดเท่ากับ 993±11, 824±6, 687±5 และ 542±7 mOsmol/kg ที่ความเค็ม 30, 25, 20 และ 15 psu ตามลำดับ ส่วนที่เวลา 48 ชั่วโมง มีค่าออสโมลาลิตี้ของเลือดเท่ากับ 985±7, 830±8, 686±4 และ 545±6 mOsmol/kg ที่ความเค็ม 30, 25, 20 และ 15 psu ตามลำดับ และจากการทดสอบทางสถิติพบว่า ความเข้มข้นของเลือดกั้งตั๊กแตนที่เวลา 24 และ 48 ชั่วโมง ในทุกระดับความเค็มที่ทดสอบไม่แตกต่างกัน ดังแสดงในตารางที่ 3

ตารางที่ 2 ค่าออสโมลาลิตี้ (Mean ± S.D, n=10.) ของเลือดกั้งตั๊กแตนในการเปลี่ยนแปลงความเค็มแบบเฉียบพลันที่เวลา 0, 0.5, 1, 3, 6 และ 12 ชั่วโมง

เวลา (ชั่วโมง)	ค่าออสโมลาลิตี้ (Mean ± S.D.) ของเลือดกั้งตั๊กแตน (mOsmol/kg)			
	30 psu	25 psu	20 psu	15 psu
0	992±5[a]	984±7[a]	986±5[a]	986±4[a]
0.5	997±6[a]	910±16[b]	829±20[b]	723±22[b]
1	991±6[a]	834±5[c]	778±7[c]	665±14[c]
3	984±11[a]	784±7[d]	681±8[d]	*
6	981±13[a]	802±13[d]	716±22[d]	*
12	982±11[a]	793±7[d]	686±15[d]	*

หมายเหตุ ตัวอักษรภาษาอังกฤษที่เหมือนกันในแนวตั้ง แสดงว่าไม่แตกต่างกันทางสถิติ

* หมายถึงกั้งตั๊กแตนตายทั้งหมด

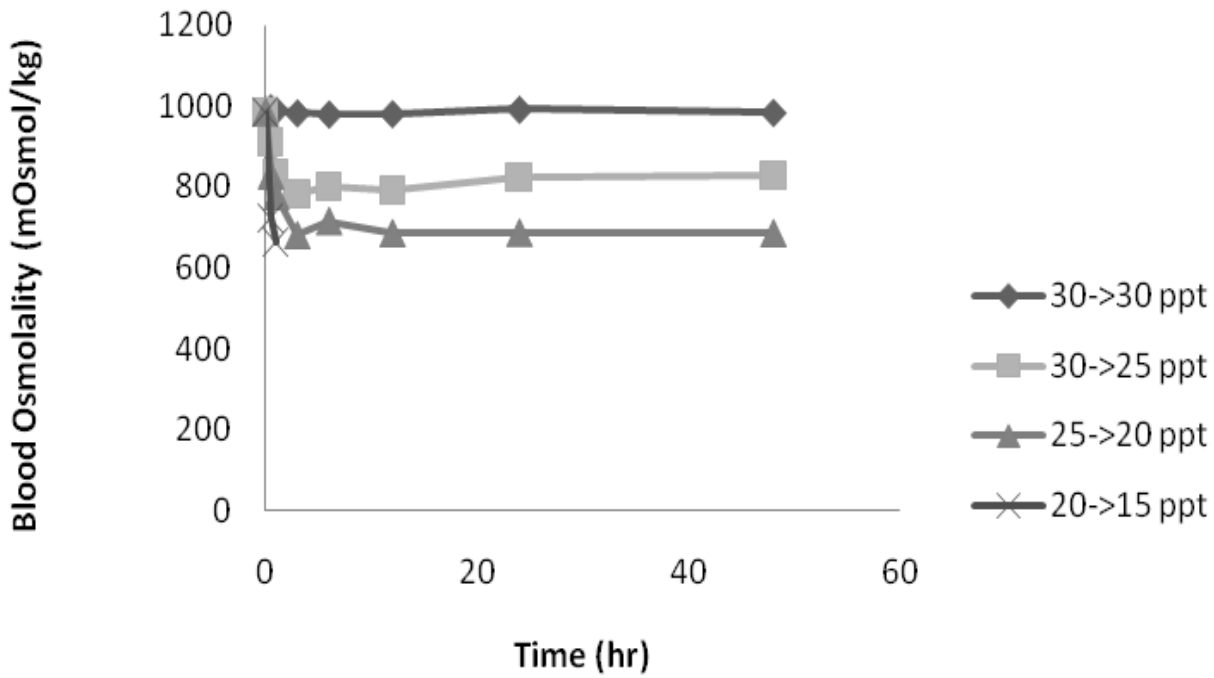
ตารางที่ 3 ค่าออสโมลาลิตี้ (Mean ± S.D, n=10) ของเลือดกั้งตั๊กแตนในการเปลี่ยนแปลงความเค็มแบบค่อยๆ เปลี่ยนแปลงที่เวลา 24 และ 48 ชั่วโมง

เวลา (ชั่วโมง)	ค่าออสโมลาลิตี้ (Mean ± S.D.) ของเลือดกั้งตั๊กแตน (mOsmol/kg)			
	30 psu	25 psu	20 psu	15 psu
24	993±11[a]	824±6[b]	687±5[c]	542±7[d]
48	985±7[a]	830±8[b]	686±4[c]	545±6[d]

หมายเหตุ ตัวอักษรภาษาอังกฤษที่เหมือนกันในแนวตั้ง แสดงว่าไม่แตกต่างกันทางสถิติ

เมื่อนำข้อมูลของผลการทดลองทั้งสองแบบมาวิเคราะห์และเขียนกราฟร่วมกันพบว่าที่เวลา 12 และ 24 ชั่วโมงนั้น ค่าออสโมลาลิตี้ของเลือดกั้งตั๊กแตนในทุกๆ ระดับความเค็มมีค่าไม่แตกต่างกันมากนัก (ภาพที่ 2) และจากการทดสอบทางสถิติก็พบว่าไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ ดังแสดงในตารางที่ 4 นอกจากนี้ จากผลการศึกษาพบว่า ค่าออสโมลาลิตี้ของเลือดกั้งตั๊กแตนที่เวลา 12, 24 และ 48 ชั่วโมง ในทุกๆ ระดับความเค็มที่ทดลองนั้น เป็นค่าออสโมลาลิตี้ที่คงที่ ดังนั้นจึงนำค่าออสโมลาลิตี้ของเลือดกั้งตั๊กแตนที่เวลา 24 ชั่วโมง มาทำการพลอตกราฟความสัมพันธ์ระหว่างค่าออสโมลาลิตี้ของน้ำที่ระดับความเค็มต่างๆ ได้ผลดังแสดงในภาพที่ 3 ซึ่งพบว่ากั้งตั๊กแตนมีความสามารถในการปรับตัวต่อการเปลี่ยนแปลงความเค็มโดยมีการรักษาสมดุลแบบ osmoconformer ซึ่งคล้ายคลึงกับสัตว์ทะเลหลายชนิดที่มีรูปแบบการรักษาสมดุลแบบ osmoconformer โดยสัตว์เหล่านี้จะไม่มีความสามารถในการรักษาสมดุลของของเหลวภายในให้คงที่ได้ แต่จะเปลี่ยนแปลงไปตามสภาพแวดล้อมภายนอก (Gilles, 1979) นอกจากนี้ พบว่ากั้งตั๊กแตนชนิดนี้มีความทนทานต่อความเค็มอยู่ในช่วงกว้าง (euryhaline) คืออยู่ในช่วง 15-30 psu

กั้งตั๊กแตนเป็นสัตว์ทะเล โดยธรรมชาติแล้วจะอาศัยอยู่ในน้ำทะเลที่มีความเค็มปกติประมาณ 30-35 psu ดังนั้น เมื่อกั้งตั๊กแตนต้องมาอาศัยอยู่ในน้ำที่มีความเค็มลดต่ำลง กั้งตั๊กแตนอาจต้องใช้พลังงานมากขึ้นในการรักษาสมดุลของเลือดให้คงที่ ดังนั้นพลังงานในส่วนอื่นๆ เช่น พลังงานที่นำไปใช้ในการเจริญเติบโตอาจลดลง ซึ่งอาจส่งผลทำให้กั้งตั๊กแตนที่เลี้ยงไว้ในน้ำที่มีความเค็ม

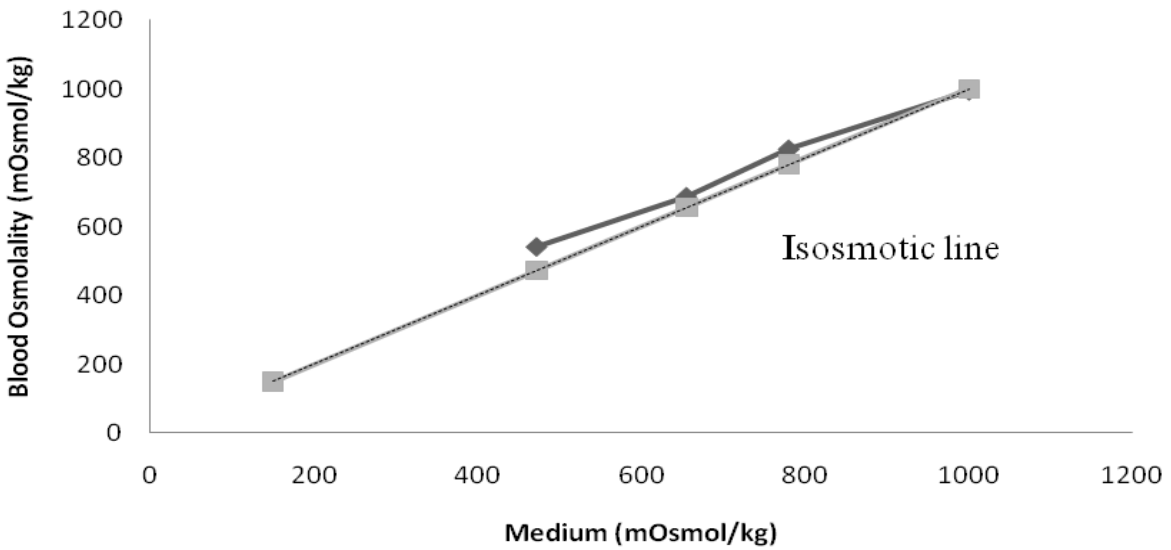


ภาพที่ 2 การเปลี่ยนแปลงค่าออสโมลาลิตี้ในการเปลี่ยนแปลงความเค็มแบบเฉียบพลัน ที่เวลา 0, 0.5, 1, 3, 6, 12 ชั่วโมง และแบบค่อยๆ เปลี่ยนแปลง ที่เวลา 24, 48 ชั่วโมง ที่ความเค็มระดับต่างๆ

ตารางที่ 4 ค่าออสโมลาลิตี้ (Mean ± S.D, n = 10.) ของเลือดกั้งตั๊กแตนในการเปลี่ยนแปลงความเค็มแบบเฉียบพลัน ที่เวลา 0, 0.5, 1, 3, 6 และ 12 ชั่วโมง และแบบค่อยๆ เปลี่ยนแปลงที่เวลา 24 และ 48 ชั่วโมง

เวลา (ชั่วโมง)	ค่าออสโมลาลิตี้ (Mean ± S.D.) ของเลือดกั้งตั๊กแตน (mOsmol/kg)			
	30 psu	25 psu	20 psu	15 psu
0	992±5[a]	984±7[a]	986±5[a]	986±4[a]
0.5	997±6[a]	910±16[b]	829±20[b]	723±22[b]
1	991±6[a]	834±5[c]	778±7[c]	665±14[c]
3	984±11[a]	784±7[d]	681±8[d]	*
6	981±13[a]	802±13[d]	716±22[d]	*
12	982±11[a]	793±7[d]	686±15[d]	*
24	993±11[a]	824±6[cd]	687±5[d]	542±7[d]
48	985±7[a]	830±8[cd]	686±4[d]	545±6[d]

หมายเหตุ ตัวอักษรภาษาอังกฤษที่เหมือนกันในแนวตั้ง แสดงว่าไม่แตกต่างกันทางสถิติ
* หมายถึงกั้งตั๊กแตนตายทั้งหมด



ภาพที่ 3 ความสัมพันธ์ระหว่างค่าออสโมลาลิตี้ของน้ำและค่าออสโมลาลิตี้ของเลือดกั้งตั๊กแตนที่เวลา 24 ชั่วโมง ที่ระดับความเค็มต่างๆ

ต่ำกว่าน้ำทะเลปกติ มีการเจริญเติบโตช้าลง (Willmer *et al*, 1988) จากการสังเกตพบว่า กั้งตั๊กแตนจะแสดงอาการเคลื่อนไหวมากกว่าปกติในช่วงแรกของการเปลี่ยนความเค็ม ทั้งนี้อาจเนื่องมาจากกั้งตั๊กแตนพยายามที่จะหลีกหนีจากสภาพความเค็มที่ลดต่ำลงและไม่เหมาะสมกับการดำรงชีวิตของมัน อย่างไรก็ตาม เมื่อเวลาผ่านไป 12 ชั่วโมง กั้งตั๊กแตนเริ่มหยุดนิ่ง ซึ่งอาจเป็นไปได้ว่ากั้งตั๊กแตนเริ่มมีความสามารถในการปรับสมดุลของเลือดให้เข้าสู่สภาวะที่สามารถทนได้ โดยอาจใช้พลังงานที่ได้จากการเผาผลาญอาหารเพิ่มมากขึ้น ดังนั้น หากเลี้ยงกั้งตั๊กแตนในน้ำที่มีความเค็มต่ำเป็นระยะเวลานาน อาจส่งผลให้กั้งตั๊กแตนโตช้า เนื่องจากต้องใช้พลังงานในส่วนที่จะนำไปใช้ในการเจริญเติบโตมาใช้ในการปรับสมดุลของน้ำและไอออนในร่างกาย Burkey *et al*. (2007) ทดสอบความทนทานต่อความเค็มของตัวอ่อนปลา ที่ระดับความเค็มต่ำๆ พบว่า ที่ระดับความเค็ม 2% ปลารอดตายทั้งหมดภายใน 24 ชั่วโมง

แต่ 73% ของปลาทั้งหมด ตายภายใน 24 ชั่วโมง ที่ระดับความเค็ม 1% ค่าออสโมลาลิตี้ลดลงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ จากผลการทดลองพบว่า ปลามีความสามารถในการทนทานอยู่ในช่วงกว้าง (eurthaline) แต่ในสภาพระดับความเค็มต่ำๆ นั้นไม่เหมาะสมต่อการดำรงชีวิตของปลาชนิดนี้

หากมีการเปลี่ยนแปลงความเค็มแบบเฉียบพลันนั้นพบว่าความเค็มที่กั้งตั๊กแตนสามารถทนอยู่ได้ที่ระดับความเค็ม 20 psu ส่วนที่ความเค็ม 15 psu นั้น กั้งตั๊กแตนก็สามารถทนอยู่ได้เช่นกัน แต่จะต้องค่อยๆ ลดระดับความเค็มลง กั้งตั๊กแตนจึงสามารถปรับตัวอยู่ได้ ซึ่งสอดคล้องกับการทดลองของ Lotan (1966) ศึกษาระดับความเค็มที่ปลานิลสามารถทนได้ พบว่าปลานิล (*Oreochromis niloticus*) ที่เลี้ยงไว้ในน้ำที่เปลี่ยนระดับความเค็มทีละน้อย สามารถทนความเค็มได้ถึง 51.8 psu แต่หากเปลี่ยนระดับความเค็มอย่างเฉียบพลันจะสามารถทนความเค็มได้เพียง 21 psu โดยทั่วไป เมื่อสัตว์เผชิญกับสภาพสิ่งแวดล้อมเปลี่ยนแปลงไป เช่น ความเค็มที่เปลี่ยนแปลง สัตว์จะมีการปรับตัวต่อการเปลี่ยนแปลงดังกล่าวใน 2 รูปแบบ คือการเปลี่ยนแปลงร่างกายตามสภาพสิ่งแวดล้อมภายนอก เช่น ปรับสมดุลของน้ำและอิออนภายในร่างกายให้เท่ากับหรือใกล้เคียงกับภายนอก สัตว์เหล่านี้จะถูกจัดให้อยู่ในกลุ่มหรือมีรูปแบบการควบคุมสมดุลร่างกายแบบ osmoconformer ซึ่งส่วนใหญ่พบในสัตว์ที่อาศัยอยู่ในทะเลเปิด สำหรับสัตว์ที่อาศัยอยู่ในสภาพแวดล้อม ที่มีการเปลี่ยนแปลงของปัจจัยของสิ่งแวดล้อมในช่วงกว้าง จะกระตุ้นตัวเองให้มีความสามารถในการควบคุมสมดุลของร่างกายให้คงที่อยู่ตลอดเวลา โดยมีการปรับตัวและแสดงออกในรูปแบบ osmoregulater อย่างไรก็ตาม เนื่องจากอยู่ในสภาพแวดล้อมที่เปลี่ยนแปลงไป สัตว์จึงต้องใช้พลังงานเพิ่มมากขึ้น ในการควบคุมสมดุลของร่างกาย แต่ในความเป็นจริงแล้วไม่มีสัตว์ชนิดใดที่ perfect osmoregulater และ perfect osmoconformer แต่การควบคุมสมดุลในร่างกายของสัตว์ตามธรรมชาตินั้น จะแสดงออกมาในระหว่างการควบคุมสมดุล 2 แบบดังกล่าว (Willmer *et al*, 1988)

สรุปผลการวิจัย

จากผลการศึกษาสามารถสรุปได้ว่า ความเค็มที่เปลี่ยนแปลงไป จะมีผลต่อความสามารถในการควบคุมสมดุลน้ำและอิออนภายในร่างกายของกั้งตั๊กแตน โดยทำให้ค่าออสโมลาลิตี้ของเลือดกั้งตั๊กแตน เปลี่ยนแปลงตามความเค็มของน้ำที่เปลี่ยนแปลงไป และหากมีการเปลี่ยนแปลงความเค็มแบบเฉียบพลันนั้น ความเค็มที่กั้งตั๊กแตนสามารถทนอยู่ได้ที่ระดับความเค็ม 20 psu ส่วนการเปลี่ยนแปลงความเค็มแบบค่อยๆ เปลี่ยนแปลงนั้น กั้งตั๊กแตนสามารถทนอยู่ได้ ในน้ำที่ระดับความเค็ม 15 psu กั้งตั๊กแตนมีความสามารถในการปรับตัวต่อการเปลี่ยนแปลงความเค็มแบบ Osmoconformer และมีความทนทานต่อความเค็มอยู่ในช่วงกว้าง (euryhaline) คืออยู่ในช่วง 15-30 psu

เอกสารอ้างอิง

ธนาคม บัณฑิตวงศ์รัตน์. (2549). กั้งตั๊กแตน. *จดหมายข่าวคณะประมง* ปีที่ 3 ฉบับที่ 4 ประจำเดือน กรกฎาคม สิงหาคม.

นงนุช ตั้งเกริกโอฬาร. (2542). *เอกสารประกอบการสอนวิชา 309423 คาร์ซิโนโลยี*. ภาควิชาวาริชศาสตร์ คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยบูรพา, 187 หน้า

บังอร ศรีมุกดา และสรณัญช์ จำปาศรี. (2537). *ศึกษาเบื้องต้นเกี่ยวกับการเพาะและการอนุบาลกั้งตั๊กแตน Harpiosquilla raphidae (Fabricius, 1798)*. ศูนย์พัฒนาการเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำชายฝั่งจันทบุรี, กองเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำชายฝั่ง, กรมประมง, 51 หน้า

สาธิต โกวิทวที. (2537). *การศึกษาอนุกรมวิธานของกั้งตั๊กแตนบริเวณชายฝั่งทะเลภาคตะวันออก*. ภาควิชา เกษตรศาสตร์ คณะวิชาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี สถาบันราชภัฏบ้านสมเด็จเจ้าพระยา.

สถิติการประมงแห่งประเทศไทย พ.ศ. 2552. ศูนย์สารสนเทศ กรมประมง กระทรวงเกษตรและสหกรณ์ เอกสารฉบับที่ 9/2554

Bukey, K., Young, S.P., Smith, T.I.J. & Tomasso, J.R. (2007). Low-Salinity resistance of juvenile Cobias. *Journal of Aquaculture, 69*, 271–274.

Castille Jr, F.K. & Lawrence, A.L. (1981). The effect of salinity on the osmotic, sodium and chloride concentration in the hemolymph of the rock shrimp, *Sicyonia brevirostris and Sicyonia dorsalis. Comparative Biochemistry and Physiology Part A: Physiology., 70*(4), 519-523.

Gilles, R. (1979). *Mechanisms of Osmoregulation in Animal*. John Wiley & Sons: Belgium.

Lin, H.C., Y. C., Su and S.H., Su. (2002). A Comparative study of osmoregulation in four fiddler crabs (Ocypodidae: *Uca*). *Journal of Zoological science, 19*, 643-650.

Lotan, R. (1966). Oxygen consumption in the gills of *Tilapia aurea* (Steindachner) (Pisces, Cichlidae) in various saline conditions. *Israel Journal Zoology, 15*(2), 33-37.

Naiyanetr, P. (2007). *Checklist of Crustacean fauna in Thailand. (Decapoda, Stomatopoda, Anostraca, Myodocopa and Isopod)*. Office of Natural Resource and Environmental Policy and Planning, Thailand, 195 pp.

Robert, W. R. (1978). Patterns of water and solute regulation in the muscle fibres of osmoconforming marine decapods crustaceans. *Journal of Experimental Biology, 72*, 107-126.

Willmer, P., Stone, G. & Johnson, I. (1988). *Environmental Physiology of Animal*. USA:Blackwell Science.