ผลของระดับอุณหภูมิต่อการผลิต ephyra ของแมงกะพรุนถ้วย (*Catostylus townsendi* Mayer, 1915)ในห้องปฏิบัติการ

Effects of Temperature on Ephyra Production of the Scyphozoan Jellyfish, (*Catostylus townsendi* Mayer, 1915) Reared in the Laboratory

ดวงทิพย์ อู่เงิน* วรเทพ มุธุวรรณ เสาวภา สวัสดิ์พีระ ศิรประภา ฟ้ากระจ่าง ธนกฤต คุ้มเศรณี
ชนะ เทศคง และ ณัฐชัย คุ้มสะอาด

Doungtip Oungern*, Vorathep Muthuwan, Saowapa Sawatpeera, Siraprapa Fakrajang, Thanakit Khumserani
Chana Teskong and Nattachai Kumsaard

สถาบันวิทยาศาสตร์ทางทะเล มหาวิทยาลัยบูรพา

Institute of Marine Science, Burapha University

Received : 7 July 2017

Accepted : 21 August 2017

Published online : 28 September 2017

บทคัดย่อ

การทดลองครั้งนี้มีวัตถุประสงค์ที่เหมาะสมจะหาระดับอุณหภูมิที่เหมาะสมต่อการผลิต ephyra ของ scyphistoma (polyp) แมงกะพรุนถ้วย (*Catostylus townsendi*) ในห้องปฏิบัติการ โดยสุ่มตัวอ่อนแมงกะพรุนถ้วยในระยะ polyp จำนวน 45 ตัว ใส่ลงในภาชนะทดลองพลาสติก ขนาดความจุ 150 มิลลิลิตร จำนวน 1 polyp ต่อหนึ่งภาชนะทดลอง แบ่งออกเป็น 3 ชุดทดลอง ชุดทดลองละ 15 ซ้ำ นำไปเลี้ยงไว้ในกล่องโฟม ที่ควบคุมอุณหภูมิ ให้อยู่ในระดับที่แตกต่างกัน 3 ระดับ คือ 25.0, 27.0 และ 30.0 (ควบคุม) องศาเซลเซียส (°C) เป็นระยะเวลา 60 วัน ผลการทดลองแสดงว่า ระดับอุณหภูมิที่แตกต่างกัน ไม่มีผลต่ออัตรารอดของ polyp เมื่อสิ้นสุดการทดลอง และจำนวนของ ephyra ที่รวบรวมได้ทั้งหมดตลอดการทดลอง ($p>0.05$) โดย polyp มีอัตรารอดเฉลี่ย (±SE) อยู่ระหว่าง 80.0 ± 10.7 - 86.7 ± 9.1 % และจำนวน ephyra ที่ผลิตได้เฉลี่ย (±SE) เท่ากับ 13.6±1.2, 15.6 ±1.9, 15.9±1.0 ตัวต่อ polyp ที่อุณหภูมิ 25.0, 27.0 และ 30.0 °C ตามลำดับ และพบว่าระดับของอุณหภูมิที่แตกต่างกัน มีผลต่อขนาดของ ephyra โดยมีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางเฉลี่ย (±SE) สูงสุดเท่ากับ 2.10 ± 0.03^{a} มิลลิเมตร เมื่อเลี้ยงที่อุณหภูมิ 25.0 °C และมีขนาดเล็กสุด เท่ากับ 1.81 ± 0.03^{b} มิลลิเมตร และ 1.78 ± 0.03^{b} มิลลิเมตร ($p<0.01$) ที่อุณหภูมิ 27.0 และ 30.0 °C ตามลำดับ นอกจากนี้ยังพบอีกว่าที่อุณหภูมิ 30.0 °C มีแนวโน้มทำให้ ephyra :มีรูปร่างที่ผิดปกติไปจากเดิมมากที่สุดเฉลี่ย (±SE) 24.8 ± 3.3^{a}% ซึ่งแตกต่างจาก ephyra ของแมงกะพรุนถ้วยที่เลี้ยงที่อุณหภูมิ 25.0 และ 27.0 °C ($p<0.01$) ที่มีความผิดปกติของ ephyra เฉลี่ย (±SE) 21.1 ± 5.5^{ab} % และ 10.4 ± 14.9^{b} % ตามลำดับ สรุปได้ว่าระดับอุณหภูมิที่เหมาะสมสำหรับการผลิต ephyra ของแมงกะพรุนถ้วยเท่ากับ 25.0 °C เพราะสามารถผลิต ephyra ในห้องปฏิบัติการ ได้มีขนาดใหญ่ และสมบูรณ์ที่สุด

คำสำคัญ: แมงกะพรุนถ้วย เอฟีร่า อุณหภูมิ

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

Abstract

A 60-day experiment was conducted to investigate the effects of temperature on ephyra production of the scyphozoan jellyfish, *Catostylus townsendi* reared in the laboratory. Forty-five polyps were used in the experiment which each polyp was stocked in a 150 ml plastic bowl. Fifteen replicates bowls were used for each of the 3 treatments (at25.0, 27.0 and 30.0 °C). Each replicate was kept in a foam box to maintain the temperature via a chiller. The results showed that there were no significant differences in average survival rates of polyp or average number of ephyrae produced at different temperatures. The survival rates at the end of the experiment ranged between 80.0±10.7 and 86.7±9.1% (± SE), and the average number of ephyrae released were 13.6±1.2, 15.6 ±1.9, 15.9±1.0 individual per polyp (± SE) at 25.0, 27.0 and 30.0 °C, respectively. Increased in temperature greatly decreased the average diameter of ephyra which the largest ephyra was found at 25.0 °C (2.10±0.03^{a} mm) while the smaller ephyrae were found at 27.0 and 30.0°C. (1.8±0.03^{b} mm and 1.7±0.03^{b} mm) (± SE) ($p<0.01$). Additionally temperature increasing also increased the number of abnormal ephyrae. The highest percentage was found at 30.0 °C (24.8±3.3%^{a}) while the lower percentages were 21.1±5.5%^{ab} and 10.1±4.9%^{b} at 25.0 °C and 27.0 °C, respectively ($p<0.01$). The overall results suggest that the jellyfish polyp, *Catostylus* townsendi reared at 25.0 °C in the laboratory were most suitable for ephyrae production as it has no affected on the survival rate of the polyp, produced the largest number of ephyrae with lowest but produced larger and low percentage of abnormalities.

Keyword: *Catostylus townsendi*, ephyra, temperature

บทนำ

ปัญหาการเพิ่มจำนวนของแมงกะพรุนในแหล่งน้ำธรรมชาติทั่วโลก นับว่าเป็นปัญหาสำคัญที่ส่งผลกระทบโดยตรงต่อระบบนิเวศและเศรษฐกิจ ซึ่งสาเหตุหนึ่งพบว่ามาจากสภาวะแวดล้อมที่เสื่อมโทรมลง (Arai, 2001; Liu Wen-Cheng *et al*., 2009; Hamner & Dawson, 2009; Purcell, 1999) จำนวนแมงกะพรุนที่เพิ่มขึ้น ส่งผลให้ปริมาณของแพลงก์ตอน ไข่ปลาและลูกปลาวัยอ่อน ในธรรมชาติลดลง เพราะถูกกินเป็นอาหาร (Moller, 1980) จากการประเมินมูลค่าความเสียหายทางเศรษฐกิจต่ออุตสาหกรรมการประมง ของประเทศเกาหลีใต้ พบว่ามีมูลค่าสูงถึง 68.2 ถึง 204.6 ล้านดอลลาร์สหรัฐต่อปี (Kim, *et al*., 2012) และการศึกษาถึงผลกระทบของจำนวนแมงกะพรุนที่เพิ่มขึ้นในปี ค.ศ. 2004 ของประเทศสโลวีเนีย แสดงให้เห็นว่า ไม่เพียงแต่ปริมาณของผลผลิตทางการประมงเท่านั้นที่ลดลง แต่ส่งผลต่อเนื่องไปถึงมูลค่าของผลิตภัณฑ์ รายได้ และการจ้างงานในอุตสาหกรรมประมงอีกด้วย (Nastav *et al.,* 2013)

สำหรับประเทศไทย ยังไม่พบว่ามีรายงานความเสียหายที่รุนแรงของการเพิ่มจำนวนของแมงกะพรุนทางเศรษฐกิจเช่น ที่พบในต่างประเทศ แต่ในทางกลับกัน พบว่ามีรายงานการทำประมงแมงกะพรุน เพื่อบริโภคและมีการแปรรูปเป็นแมงกะพรุนดองเค็ม เพื่อส่งออกไปยังต่างประเทศ เช่น ญี่ปุ่น ไต้หวัน และเกาหลีใต้ (Wongsa-Ngasri *et al*., 2008) โดยเฉพาะประเทศญี่ปุ่น ที่พบว่าตั้งแต่ปี ค.ศ.1988 ถึง 1999 มีการนำเข้าแมงกะพรุนดองเค็มอยู่ระหว่าง 5,400-10,000 ตันต่อปี เฉลี่ยปีละ 7,874 ตัน มูลค่า 25.5 พันล้านเหรียญสหรัฐ โดยประเทศไทย เป็นประเทศใน 5 อันดับแรก ที่เป็นผู้ส่งออกแมงกะพรุนดองเค็มไปยังประเทศต่างๆดังกล่าว (Omori & Nakano, 2001) นอกจากนี้การเกิดการรวมตัวกันของแมงกะพรุนบริเวณแนวชายฝั่ง

ยังช่วยส่งเสริมให้เกิดการท่องเที่ยวในท้องถิ่น เช่น ปรากฏการณ์การเกิดแมงกะพรุนหลากสี ที่เกิดขึ้นในพื้นที่ต่างๆ ของจังหวัดตราด ในช่วงหลายปีที่ผ่านมา ทำให้มีนักท่องเที่ยวเข้ามาชมปรากฏการณ์ดังกล่าว เกิดการสร้างรายได้ให้ประชาชนในพื้นที่

แมงกะพรุนสืบพันธุ์ได้ทั้งแบบอาศัยเพศ (sexual reproduction) และแบบไม่อาศัยเพศ (asexual reproduction) โดยจะเริ่มจากพ่อแม่พันธุ์ปล่อยไข่และสเปิร์มออกมาในมวลน้ำ ไข่ที่ได้รับการผสมจะเจริญเป็นตัวอ่อน ระยะพลานูล่า (planula) ลอยอยู่ในมวลน้ำ ราว 2-7 วัน หลังจากนั้นจะลงไปเกาะอยู่กับวัตถุใต้น้ำ เรียกระยะ โซฟิสโตมา (scyphistoma) หรือ โพลิบ (polyp) ซึ่งในสภาพแวดล้อมที่เหมาะสม polyp จะเกิดการสืบพันธุ์แบบไม่อาศัยเพศ ด้วยการแบ่งตัวตามขวาง จนได้ตัวอ่อนในระยะเอฟิรา (ephyra) ที่หลุด ออกมาในน้ำ :ซึ่งกระบวนการดังกล่าวนี้เรียกว่า สโตรบิเลชัน (strobilation) โดย ephyra นี้จะเจริญเติบโต กลายเป็นแมงกะพรุนเต็มวัย (adult medusa) ต่อไป ทั้งนี้ polyp ยังสามารถสืบพันธุ์แบบไม่อาศัยเพศ ในรูปแบบอื่น ได้อีก ได้แก่ budding (formation of bud) planuloid และการสร้าง cysts รวมถึง podocysts (Arai, 1997)

การสืบพันธุ์แบบไม่อาศัยเพศ รวมทั้ง ephyra เป็นปัจจัยสำคัญที่ทำให้แมงกะพุรนตัวเต็มวัยเพิ่มจำนวนขึ้นอย่างรวดเร็ว โดยเมื่ออุณหภูมิสูงขึ้นจะเร่งให้เกิดการสืบพันธุ์แบบไม่อาศัยเพศ และ Strobilatiion ทำให้เกิด polyp ใหม่และจำนวน ephyra เพิ่มขึ้น (Liu et al, 2009) สะท้อนให้เห็นการสืบพันธุ์แบบไม่อาศัยเพศของ polyp ที่มีมาก (Grondahl, 1988; Lucas, 2001) ความเข้าใจถึงปัจจัยสิ่งแวดล้อมที่มีผลต่อการสืบพันธุ์แบบไม่อาศัยเพศ จึงเป็นสิ่งจำเป็น หากต้องการทราบถึงปัจจัยที่เป็นสาเหตุที่แท้จริงในการเพิ่มและลดจำนวนของแมงกะพรุน (Mills, 2001) ซึ่งอุณหภูมินับว่าเป็นปัจจัยหนึ่งที่มีอิทธิพลต่อการสะพรั่งของแมงกะพรุน การเพิ่มจำนวนของแมงกะพรุนอย่างรวดเร็วส่งผลต่อการเจริญเติบโตของ polyp และการเกิด ephyra (Xie, *et. al*., 2015) เช่น ในแมงกะพรุน *Aurelia aurita* polyp เริ่มเกิดกระบวนการ strobilation เพื่อผลิต ephyra ได้จำนวนมากขึ้นเมื่ออุณหภูมิเริ่มสูงขึ้น (Miyake *et al*., 2002) หรือแมงกะพรุน *Nemopilema nomurai* เมื่อทำการเลี้ยง polyp ไว้ที่อุณหภูมิ 13-23 °C จะกระตุ้นให้เพิ่มกระบวนการ strobilation ของ polyp เพื่อผลิต ephyra (Kawahara & Uye, 2006) นอกจากนี้ยังพบอีกว่า อุณหภูมิมีผลต่อการสืบพันธุ์แบบไม่อาศัยเพศ ของแมงกะพรุนกลุ่ม Scyphozoan ในทะเลเหนือจำนวน 3 สายพันธุ์ ได้แก่ *Aurelia aurita, Cotylorhiza tuberculata* และ *Rhizostoma pulma* ที่ทดลองเลี้ยงในห้องปฏิบัติการ พบว่า polyp จะตายหมดหากทำการเลี้ยงที่อุณหภูมิ 28 °C โดยผลจากการศึกษาผลของอุณหภูมิที่แตกต่างกัน 14, 21, 28 °C ต่ออัตรารอด การเกิด polyp ใหม่และการผลิต ephyra โดยแมงกะพรุน *Aurelia aurita* และ *Rhizostoma pulma* จะมีอัตรารอดสูงหากเลี้ยง polyp ไว้ที่อุณหภูมิ 14 °C และที่อุณหภูมิ 21 °C แมงกะพรุน *Cotylorhiza tuberculata* จะเกิดการสืบพันธุ์แบบไม่อาศัยเพศ (Purcell *et al.,* 2012) ในแมงกะพรุนหัวกลับ *Cassiopea xamachana* ที่เลี้ยงในห้องปฏิบัติการ จะมีการพัฒนาของหนวดของ polyp ดีที่สุดเมื่อเลี้ยงที่อุณหภูมิ 33 °C หรือจะเห็นได้จากการที่มีการใช้อุณหภูมิเป็นตัวเหนี่ยวนำให้เกิดการผลิต ephyra จากตัวของ polyp เช่น ในแมงกะพรุนพระจันทร์ *Aurelia aurita* ที่อุณหภูมิ 10-18 °C (Fuchs *et al*., 2014)

แมงกะพรุนถ้วย *Catostylus townsendi* เป็นแมงกะพรุนที่พบได้ในบริเวณชายฝั่งของประเทศไทย การรวมตัวกันของแมงกะพรุนชนิดนี้บริเวณแนวชายฝั่ง จังหวัดตราด ตอนปลายฤดูฝนต่อกับต้นฤดูหนาว (เดือนมิถุนายน-ธันวาคม) ส่งเสริมให้เกิดการท่องเที่ยวในพื้นที่ ในเบื้องต้นคณะผู้วิจัยสามารถเลี้ยงแมงกะพรุนตั้งแต่ระยะ polyp จนถึง large medusa ได้แต่พบว่า polyp ที่ทำการเก็บรวบรวมไว้ได้ตายหมดหลังจากทำการเลี้ยง polyp ไว้ประมาณ 4-5 เดือน ซึ่งสาเหตุอาจจะเกิดจากปัจจัยหลายอย่างที่เข้ามาเกี่ยวข้อง เช่น อุณหภูมิ ที่เลี้ยงแมงกะพรุนถ้วยในระยะต่างๆ ไม่เหมาะสม (Willcox *et al*.,2007; Purcell *et al*., 2009; Liu *et al*., 2009; Han & Uye, 2010) หรือแม้แต่ลักษณะจำเพาะของแมงกะพรุนแต่ละสายพันธุ์ที่เมื่อเกิดการ strobilation ของ polyp เพื่อผลิต ephyra แล้วจะหยุดการเจริญเติบโตเมื่ออุณหภูมิมีการเพิ่มขึ้นหรือลดลง โดยการเหนี่ยวนำ

ของอุณหภูมิเป็นหลัก (Fuchs *et al*, 2014) ซึ่งในปัจจุบันประเทศไทยมีการศึกษาวิจัยด้านต่างๆ เกี่ยวกับแมงกะพรุนน้อยมาก และขาดการวิจัยในเรื่องของวงจรชีวิต และผลกระทบของปัจจัยสิ่งแวดล้อมต่อการดำรงชีวิตของแมงกะพรุน การศึกษาปัจจัยสิ่งแวดล้อม โดยเฉพาะผลของอุณหภูมิ ต่อการแบ่งตัวต่อการผลิต ephyra ของ polyp แมงกะพรุนถ้วย จึงมีความสำคัญเพราะผลการวิจัยสามารถใช้เป็นฐานข้อมูลเบื้องต้นเป็นองค์ความรู้ใหม่ที่ใช้ในการเพาะเลี้ยงแมงกะพรุนถ้วยและแมงกะพรุนสายพันธุ์ต่างๆ ในห้องปฏิบัติการ และสามารถนำไปใช้อธิบาย ถึงปรากฏการณ์การเพิ่มจำนวนของแมงกะพรุนในธรรมชาติ ผลของอุณหภูมิที่เปลี่ยนแปลงไปต่อการเพิ่มจำนวนของแมงกะพรุนในธรรมชาติต่อไป

วัตถุประสงค์ของโครงการวิจัย

เพื่อศึกษาถึงระดับของอุณหภูมิที่เหมาะสม ต่อการผลิต ephyra ของ polyp แมงกะพรุนถ้วย ภายในห้องปฏิบัติการ

วิธีดำเนินการวิจัย

พ่อแม่พันธุ์และ polyp ที่ใช้ในการทดลอง

พ่อแม่พันธุ์แมงกะพรุนถ้วย ที่ใช้ผลิต polyp ในการทดลองในครั้งนี้ จำนวน 18 ตัว มีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางร่มอยู่ระหว่าง 20 ถึง 25 เซนติเมตร น้ำหนักเฉลี่ย 200-300 กรัม ถูกช้อนด้วยสวิง จากบริเวณชายหาดชะอำ จังหวัดเพชรบุรี โดยแยกแมงกะพรุนบรรจุใส่ถุงพลาสติก ขนาด 8 x 12 นิ้ว ถุงละตัว พร้อมกับน้ำทะเลในบริเวณที่พบแมงกะพรุน (ความเค็มเท่ากับ 30 ส่วนในพัน อุณหภูมิเท่ากับ 30 °C) มัดปากถุงให้แน่นไม่ให้มีอากาศอยู่ภายใน เพื่อป้องกันฟองอากาศเข้าไปติดอยู่ภายใต้ร่มของแมงกะพรุน แล้วบรรจุถุงใส่ลังโฟมที่มีฝาปิด ขนย้ายไปยังสถานที่ทดลอง โดยนำถุงที่บรรจุพ่อแม่พันธุ์ มาลอยพักไว้ในบ่อไฟเบอร์กลาสขนาดความจุน้ำ 300-500 ลิตร เพื่อปรับอุณหภูมิน้ำในถุงให้ใกล้เคียงกัน เปิดถุงออกเทน้ำในถุงออกครึ่งหนึ่งแล้วค่อยๆ เติมน้ำใหม่เข้าไปในถุงทีละน้อยจนเต็มแล้วจึงปล่อยแมงกะพรุนออกจากถุงให้อากาศในบ่อเลี้ยงเบาๆ เลี้ยงไว้ที่อุณหภูมิปกติ

หลังจากปล่อยพ่อแม่พันธุ์แมงกะพรุนถ้วยไปแล้ว 6 ชั่วโมง กรองน้ำในบ่อเลี้ยงพ่อแม่พันธุ์แมงกะพรุนถ้วย ด้วยสวิงกรองแพลงก์ตอนขนาด 45 ไมโครเมตร ใช้หลอดหยดดูดน้ำที่กรองไว้ หยดใส่สไลด์หลุม นำไปตรวจสอบใต้กล้องจุลทรรศน์ชนิด Compound microscope (Olympus CX21) พบว่าแมงกะพรุนวางไข่แล้ว และไข่ได้รับการผสมด้วยเสปิร์ม เพราะพบไซโกตที่กำลังแบ่งตัว และหลังจากปล่อยแมงกะพรุนไปแล้ว 18 ชั่วโมง พบตัวอ่อนระยะ planula จึงทำการรวบรวมตัวอ่อนระยะ planula โดยการกรองน้ำในบ่อเลี้ยงพ่อแม่พันธุ์ผ่านสวิง ขนาด 45 ไมโครเมตร

ตัวอ่อนระยะ planula ที่ถูกรวบรวมได้ ถูกย้ายไปเลี้ยงในตู้กระจกที่ความจุน้ำ 10 ลิตร ความหนาแน่น 2 ตัวต่อมิลลิลิตร จำนวน 4 ตู้ ให้อากาศเบาเบา เพียงเล็กน้อย ภายในตู้กระจกแขวนและวางแผ่นพลาสติกใส ขนาด 1-2 นิ้ว จำนวน 6 ชิ้น เพื่อให้ตัวอ่อน planula ลงเกาะ เมื่อตัวอ่อน planula ลงเกาะแล้ว ใช้เวลาประมาณ 2-3 วันทำการตรวจสอบระยะการพัฒนาของตัวอ่อนบนแผ่นพลาสติกด้วยกล้องจุลทรรศน์ เมื่อพบว่าตัวอ่อนพัฒนาเข้าสู่ระยะ polyp ที่มีหนวดตั้งแต่ 4 เส้น แล้วจึงเริ่มให้โรติเฟอร์เป็นอาหาร เมื่อ polyp มีขนาดใหญ่ขึ้น จนสามารถจับอาร์ทีเมียวัยอ่อนเป็นอาหารได้แล้ว จึงลดสัดส่วนของโรติเฟอร์ลง แล้วเพิ่มอาร์ทีเมียวัยอ่อนเข้าไปจนสามารถให้อาร์ทีเมียวัยอ่อนเพียงอย่างเดียว ตามวิธีการของ (Webster & Lucas, 2012) ตู้เลี้ยงตั้งไว้บริเวณที่มีแสงส่องผ่าน ระหว่างการเลี้ยงรักษาระดับความเค็มอยู่ระหว่าง 30-34 ส่วนในพันและอุณหภูมิของน้ำทะเลอยู่ระหว่าง 28-30 °C โดยในช่วง 2-7 วันแรก ไม่มีการเปลี่ยนถ่ายน้ำ หลังจากนั้นเปลี่ยนถ่ายน้ำ 20

เปอร์เซ็นต์ ทุกๆ 2 วัน โดยน้ำที่ใช้เปลี่ยนถ่าย ถูกปรับความเค็มและอุณหภูมิ ให้ใกล้เคียงกับน้ำทะเลที่ใช้เลี้ยงขณะนั้นด้วย (Liu *et al*., 2009) polyp ที่นำไปใช้ในการทดลองเป็น polyp ที่มีการพัฒนาจนมีหนวดครบ 16 เส้น ซึ่งมีอายุเฉลี่ยประมาณ 23 วัน หลังจากเข้าสู่ระยะ polyp

Polyp ที่ใช้ในการทดลอง

เมื่อ polyp เจริญเติบโตจนมีหนวดครบ 16 เส้น ทำการย้าย polyp ออกมาจากแผ่นพลาสติกที่เกาะอยู่ทีละตัว โดยใช้ใบมีดโกน ขูดบริเวณฐานของ polyp ให้หลุดออกมา แล้วใช้หลอดหยด (dropper) ดูดย้ายไปใส่ไว้ในภาชนะพลาสติกใสทรงกลม ขนาดความจุน้ำ 150 มิลลิลิตร ซึ่งใช้เป็นภาชนะทดลอง จำนวน 45 ใบ จำนวน 1 polyp ต่อ1 ใบ แล้วปล่อยให้ polyp ที่ย้ายมาเกาะติดกับภาชนะทดลอง ความเค็มของน้ำที่ใช้เท่ากับ 30 ส่วนในพัน ไม่มีการให้อาหารและให้อากาศ แยกภาชนะทดลองออกเป็น 3 ชุด ชุดละ 15 ใบ นำไปเลี้ยงไว้ในที่ควบคุมอุณหภูมิ เท่ากับอุณหภูมิที่จะทำการทดลองต่อไป (25.0, 27.0, 30.0 (ควบคุม) °C) โดย polyp ของแมงกะพรุนถ้วยจะเกาะติดกับภาชนะทดลองภายในเวลา 3-4 วัน

วิธีดำเนินการวิจัย

เมื่อ polyp ที่เตรียมไว้สำหรับทำการทดลองเกาะติดกับภาชนะแล้ว จึงเริ่มต้นทำการทดลอง โดยทำการศึกษาผลของอุณหภูมิที่ต่างกัน 3 ระดับ คือ 25.0, 27.0, 30.0(ควบคุม) °C ต่อการเกิด Strobilation ปล่อย ephyra เป็นระยะเวลา 60 วัน โดยวางแผนการทดลองแบบสุ่มตลอด (Complete randomizied design: CRD) อุณหภูมิที่ทำการทดลองถูกควบคุมให้คงที่ด้วยอุปกรณ์ทำความเย็น ชิลเลอร์ (chiller Hailea Hs-28A) ซึ่งแต่ละชุดทดลองประกอบด้วย ชิลเลอร์ ลังโฟม ตู้กระจกที่ใช้วางภาชนะทดลอง (ขนาด 45*60*30 เซนติเมตร) และปั๊ม (AP 2500) ที่ใช้สำหรับหมุนเวียนน้ำระหว่างลังโฟมและชิลเลอร์ (ภาพที่1) การตรวจสอบ บันทึก และควบคุมอุณหภูมิ ให้คงที่ ทำโดยการวางเทอร์โมมิเตอร์ชนิดวัดอุณหภูมิสูงสุด ต่ำสุด เอาไว้เพื่อบันทึกอุณหภูมิของน้ำภายในลังโฟม และตรวจสอบกับชิลเลอร์ทุก 2 ชั่วโมง เพื่อควบคุมอุณหภูมิให้เป็นไปตามที่กำหนดไว้ในแต่ละชุดทดลอง แสงที่ให้จะถูกควบคุมโดยใช้การปิดด้วยฝาลังโฟมเพื่อควบคุมแสงและอุณหภูมิให้คงที่ ภายในลังโฟมจะใส่น้ำทะเลกรอง ความเค็ม 30 ส่วนในพันไว้ เพื่อใช้สำหรับเปลี่ยนถ่ายน้ำ และใช้สำหรับควบคุมอุณหภูมิของน้ำในภาชนะทดลอง โดยภาชนะทดลองที่มี polyp อยู่จำนวน 15 ใบ (ซ้ำ)ในแต่ละชุดทดลอง จะถูกนำมาวางไว้ในน้ำภายในกล่องโฟม บนชั้นกระจกที่มีแผ่นพลาสติกสีดำวางรองไว้ เพื่อให้ง่ายต่อการสังเกต polyp และการเปลี่ยนแปลงที่เกิดขึ้นในภาชนะทดลอง ซึ่งอุณหภูมิที่ทำการควบคุม ตลอดการทดลองของแต่ละชุดทดลองมีค่าเฉลี่ย (± SD) เท่ากับ 25.0±0.1, 27.0±0.1, 30.0±0.1 (ควบคุม) °C ตามลำดับ

ภาพที่ 1 การควบคุมอุณหภูมิของภาชนะทดลองที่แตกต่างกัน 3 ระดับ คือ 25.0, 27.0, 30.0 (ควบคุม) °C ด้วยการใช้อุปกรณ์ทำความเย็น-(chiller) รุ่น Hailea Hs-28A และลังโฟมสำหรับป้องกันการเปลี่ยนแปลงของอุณหภูมิจากภายนอก

ระหว่างการทดลองมีการเปลี่ยนถ่ายน้ำในภาชนะทดลองทุกๆ 2 วัน เวลา 9.00 น. โดยใช้น้ำภายในลังโฟม ที่มีความเค็ม และอุณหภูมิเท่ากับน้ำที่อยู่ในภาชนะทดลอง พร้อมกับการให้อาร์ทีเมียวัยอ่อนเป็นอาหารที่ความหนาแน่น 4.5 ตัวต่อมิลลิลิตร ทุก 14 วัน ก่อนเปลี่ยนถ่ายน้ำ ทำการเก็บตัวอย่างน้ำจากภาชนะทดลองของทุกชุดการทดลอง โดยใช้ auto pipette ขนาด 10 มิลลิลิตร ค่อยๆ ดูดน้ำตัวอย่างในภาชนะทดลองขึ้นมาตามปริมาณที่ต้องการ แล้วนำไปตรวจสอบคุณภาพน้ำจนสิ้นสุดการทดลอง ตามตัวแปรคุณภาพน้ำ ดังนี้ อุณหภูมิของน้ำ (Hach-senION2) และความเค็ม (Salino-refractometer ATAGO รุ่น master-S10M) ทุกวัน และค่าความเป็นด่าง (Alkalinity) ด้วยการไตเตรทกับสารละลายกรดมาตรฐาน (APHA, 1980) ปริมาณไนไตรท์–ไนโตรเจน ด้วยวิธี Azo dye (Strickland & Parsons, 1972) ปริมาณแอมโมเนียรวม ด้วยวิธี Phenolhypochlorite (Solorzano, 1977) ทุก 14 วัน หลังจากเก็บตัวอย่างน้ำแล้วจึงเติมน้ำใหม่ลงไปให้ปริมาตรที่ระบุไว้ในการทดลองตามเดิม

ในระหว่างการทดลองทุกวัน ทำการสังเกตการเปลี่ยนแปลงของ polyp และการเปลี่ยนแปลงที่เกิดขึ้นภายในภาชนะทดลอง ของทุกชุดการทดลอง หากพบ ephyra จึงทำการบันทึกจำนวน วัดขนาด ephyra และบันทึกภาพของ ephyra ที่พบของแต่ละภาชนะ โดยกล้องจุลทรรศน์ (Olympus CX 21)

เมื่อสิ้นสุดการทดลอง ทำการเปรียบเทียบจำนวนของ ephyra ที่เกิดขึ้นในแต่ละชุดทดลอง ด้วยการวิเคราะห์ค่าความแปรปรวน (Analysis of variance: ANOVA) และเปรียบเทียบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยโดยวิธี Duncan's new multiple range test: DMRT) ที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์ โดยใช้โปรแกรมสำเร็จรูปทางสถิติ (SPSS 17.0)

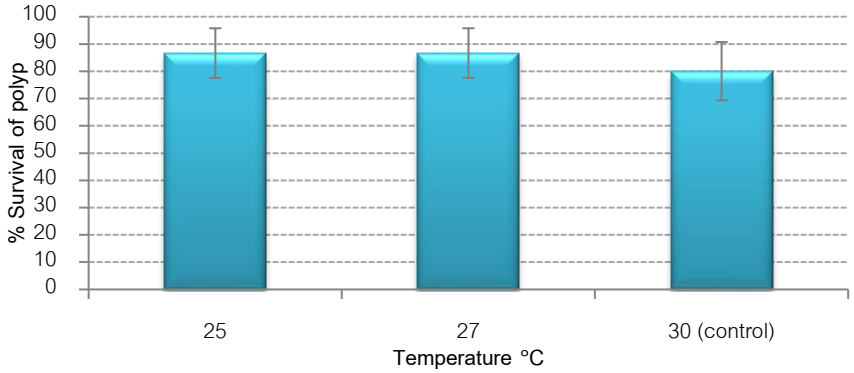
ผลการวิจัยและวิจารณ์ผล

ผลของอุณหภูมิต่ออัตรารอดของ polyp

การสะพรั่ง (bloom) ของแมงกะพรุนเกิดขึ้นจากหลายสาเหตุ เช่น อาจเกิดขึ้นจาก มลภาวะทางน้ำ หรือการทำประมงที่มากเกินไป หรือเกิดจากการภาวะโลกร้อน (Belmar *et al*., 2017) ซึ่งปัจจัยสิ่งแวดล้อม โดยเฉพาะอุณหภูมินับว่าเป็นปัจจัยหนึ่งที่มีอิทธิพลต่อการสะพรั่งของแมงกะพรุน เพราะส่งผลต่อการเจริญเติบโตของ polyp และการเกิด ephyra (Xie *et al*., 2015) แต่จากการทดลองเลี้ยง polyp ของแมงกะพรุนถ้วย ภายในห้องปฏิบัติการ ที่อุณหภูมิแตกต่างกัน 3 ระดับ คือ

25.0, 27.0, 30.0 (ควบคุม) °C เป็นระยะเวลา 60 วัน กลับแสดงให้เห็นว่าช่วงของอุณหภูมิที่แตกต่างกันในการทดลองครั้งนี้ไม่มีผลต่ออัตรารอดของ polyp แมงกะพรุนถ้วย ($p>0.05$) (Figure 2) แม้ผลการทดลองในครั้งนี้พบว่าอัตราการตายของ polyp สูงสุดที่อุณหภูมิ 30 °C แต่ไม่มีความแตกต่างทางสถิติ ซึ่งสอดคล้องผลการทดลองของ Liu *et al.,* (2009) ที่ผลการทดลองแสดงให้เห็นว่า อุณหภูมิที่สูงขึ้น จะทำให้อัตราการตายของ polyp ของแมงกะพรุนพระจันทร์ (*Aurelia aurita*) สูงขึ้น โดยอัตราการตายจะสูงมากถึง 34% ที่อุณหภูมิ 30 °C และลดลง เหลือเพียง 17% และ 0% ที่อุณหภูมิ 25 °C และ 20 °C ตามลำดับ ซึ่งแม้ผลการทดลองในครั้งนี้พบว่าอัตราการตายของ polyp สูงสุดที่อุณหภูมิสูงสุด คือ 30 °C เช่นเดียวกัน แต่ไม่พบว่ามีความแตกต่างทางสถิติ

ความแตกต่างดังกล่าวของการทดลองทั้งสองนี้ คาดว่าเป็นผลสืบเนื่องมาจากความแตกต่างของชนิดของแมงกะพรุน ที่มีถิ่นอาศัยที่มีสภาพแวดล้อมที่แตกต่างกัน เช่น polyp ของแมงกะพรุนที่พบบริเวณแถบทะเล Mediterranean 3 ชนิด คือ *Aurelia aurita*, *Cotylorhiza tuberculata* และ *Rhizostoma pulma* จะไม่สามารถมีชีวิตอยู่ได้ หากเลี้ยงที่อุณหภูมิเท่ากับ 28 °C (Purcell *et al*., 2012) หรือแม้แต่แมงกะพรุนชนิดเดียวกัน แต่มาจากถิ่นที่อยู่ต่างกัน ก็ยังตอบสนองต่ออุณหภูมิแตกต่างกัน เช่น polyp แมงกะพรุนพระจันทร์ ชนิด *Aurelia aurita* s จากทะเลแดง ที่นำมาเลี้ยงที่อุณหภูมิ 14, 21 และ 28 °C พบว่ามีอัตรารอดต่ำกว่า แมงกะพรุนพระจันทร์ที่นำมาจากทะเลบอลติก และทะเลเมดิเตอร์เรเนียน (Pascual *et al*., 2015) ส่วนแมงกะพรุนถ้วย ที่ใช้ในการทดลองครั้งนี้ นำมาจากอ่าวไทยซึ่งเป็นเขตร้อน มีอุณหภูมิของน้ำทะเลอยู่ระหว่าง 25.8 °C ถึง 33.0 °C Rungsupa, (2013) ; Musika *et al.,* (2557) ดังนั้นอุณหภูมิที่สูงสุด (30°C) ในการทดลองครั้งนี้ ยังอยู่ในช่วงอุณหภูมิปกติในถิ่นที่อยู่อาศัย จึงไม่ส่งผลต่ออัตรารอดของ polyp อย่างชัดเจน เหมือนกับที่พบในแมงกะพรุนพระจันทร์ที่อาศัยอยู่ในอุณหภูมิน้ำที่ต่ำกว่าในการทดลองของ Liu *et al*., (2009) ซึ่งอุณหภูมิของน้ำทะเลอยู่ระหว่าง 19 °C ถึง 32 °C



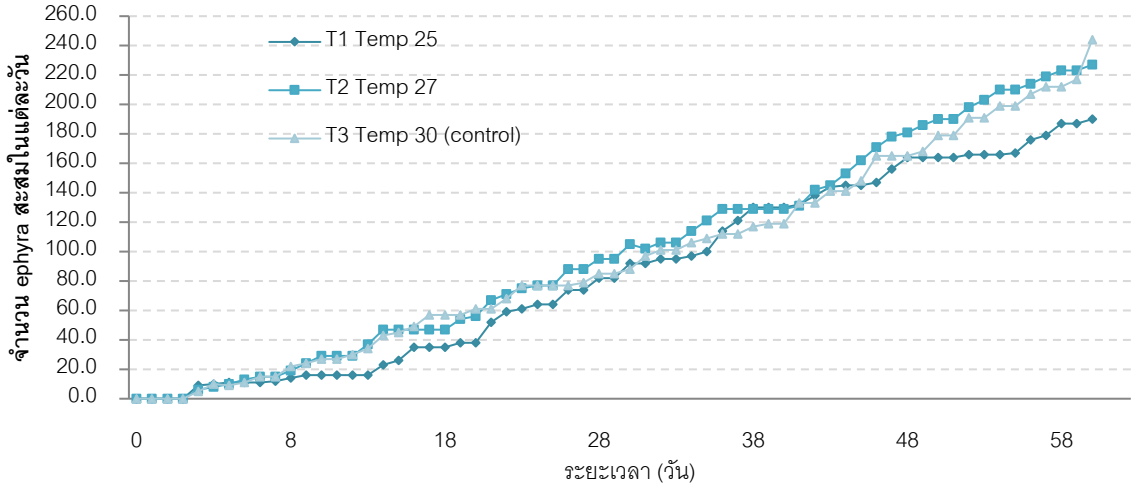
ภาพที่ 2 เปอร์เซ็นต์อัตรารอด (±SE) ของ polyp แมงกะพรุนถ้วยเลี้ยงที่อุณหภูมิแตกต่างกัน เมื่อสิ้นสุดการทดลองเป็นเวลา 60 วัน

ผลของอุณหภูมิกับการเกิดสโตรบิเลชัน (Strobilation) และจำนวนของ ephyra

แมงกะพรุนจะดำรงชีวิตสลับกันไประหว่างช่วงชีวิตที่เกาะนิ่งอยู่กับที่ คือ ระยะ polyp และระยะที่เป็นแพลงก์ตอน คือ ระยะ medusa :โดยเมื่อสภาวะแวดล้อมเหมาะสม polyp ที่เกาะนิ่งอยู่กับวัตถุใต้น้ำจะเกิดการแบ่งตัวตามขวางของลำตัว แล้วปล่อยแมงกะพรุนในระยะ medusa ที่เรียกว่า ephyra ออกมา ซึ่งกระบวนการทั้งหมดนี้เรียกว่า “Strobilation”

กระบวนการนี้ถูกกระตุ้นด้วยปัจจัยทั้งภายในและภายนอก เช่น อุณหภูมิ ความเค็ม ปริมาณและช่วงระยะเวลาของการมีแสง อาหาร สารอินทรีย์ และสารเคมีในน้ำ (Arai, 1997; Olive, 1985) โดยเฉพาะอุณหภูมินับว่าเป็นปัจจัยหนึ่งที่มีอิทธิพลต่อการสะพรั่งของแมงกะพรุน เพราะส่งผลต่อการเจริญเติบโตของ polyp และการเกิด ephyra (Xie *et al*., 2015)

จากผลของการทดลองเลี้ยง polyp ของแมงกะพรุนถ้วย ในห้องปฏิบัติการ ที่อุณหภูมิแตกต่างกัน 3 ระดับ คือ 25.0, 27.0, 30.0 (ควบคุม) °C เป็นระยะเวลา 60 วัน เมื่อสิ้นสุดการทดลอง พบว่าอุณหภูมิที่แตกต่างกัน ไม่มีผลต่อจำนวนของ ephyra ที่เกิดขึ้น โดยจำนวน ephyra ที่เก็บรวบรวมได้ทั้งหมดแสดงดังภาพที่ 3 โดยค่าเฉลี่ยของ ephyra ที่ผลิตได้ต่อ polyp (±SE) เท่ากับ 13.6±1.2, 15.6 ±1.9, 15.9±1.04 ตัว ตามลำดับ ($p>0.05$) ซึ่งผลที่ได้นี้แตกต่างจากผลการศึกษา ผลของอุณหภูมิ ความเค็ม และอาหารที่ต่างกันในแมงกะพรุนไฟ *Chrysaora quinguecirrha* ในเขตหนาว (Maryland, USA) ที่ทำการเก็บรวบรวมพ่อแม่พันธุ์จากแหล่งน้ำที่มีอุณหภูมิน้ำเพียง 13 °C และเมื่อนำ polyp มาเลี้ยงที่อุณหภูมิสูงขึ้น คือ 15, 20, 25 °C พบว่า อุณหภูมิที่สูงขึ้นจะทำให้ผลิต ephyra ได้มากขึ้น คือ จาก 149 ตัว (T = 15 °C) เป็น 219 ตัว (T = 20 °C) และ 337 ตัว (T = 25°C) ในการทดลองที่ทดลองในช่วงของความเค็มต่ำ (5-20 ppt) แต่ไม่พบว่ามีความแตกต่างกัน ส่วนในการทดลองครั้งที่สองเมื่อมีการเพิ่มความเค็มให้สูงขึ้น (20-35 ppt) กลับพบว่า อุณหภูมิมีผลต่อจำนวนของ ephyra โดยที่อุณหภูมิต่ำ (15 °C) จะผลิต ephyra ได้เพียง 63 ตัวเท่านั้น แต่เมื่ออุณหภูมิเพิ่มสูงขึ้น เป็น 20 และ 25 °C จำนวน ephyra ที่ผลิตได้มีจำนวนเพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญ คือ 70 และ 63 ตัว ตามลำดับ (Purcell *et al*., 1999) แสดงให้เห็นว่าปัจจัยที่กระตุ้นให้เกิด strobilation นั้นอาจเปลี่ยนแปลงไป เมื่อปัจจัยสิ่งแวดล้อมอื่นเปลี่ยนแปลงไป การที่อุณหภูมิที่เพิ่มขึ้นในการทดลองครั้งนี้ไม่เพิ่มจำนวนของ ephyra ก็อาจเป็นเพราะอุณหภูมิไม่ใช่ปัจจัยหลักในการกระตุ้นให้เกิด strobilation ของแมงกะพรุนถ้วย แต่เป็นปัจจัยสิ่งแวดล้อมอื่น อย่างเช่น ความเค็ม ช่วงแสง หรือ ปริมาณอาหาร หรืออาจเป็นปัจจัยร่วมระหว่างอุณหภูมิกับปัจจัยสิ่งแวดล้อมอื่น เช่นที่พบในงานวิจัยของ Purcell *et al.,* (1999) ที่พบว่าความเค็มเป็นปัจจัยร่วมที่สำคัญ หรือปริมาณอาหารที่เพิ่มขึ้น จะทำให้การผลิต ephyra มากขึ้นตามไปด้วย แต่อย่างไรก็ตามปัจจัยสิ่งแวดล้อมเหล่านี้ต้องอยู่ในช่วงที่เหมาะสมสำหรับการดำรงชีวิตของแมงกะพรุนชนิดนั้นๆ ด้วย เช่น หากนำ polyp แมงกะพรุน พระจันทร์ที่มีถิ่นอาศัยในบริเวณตะวันออกเฉียงเหนือของมหาสมุทรแปซิฟิก ที่อุณหภูมิของน้ำอยู่ระหว่าง 7-15 °C ไปเลี้ยงที่อุณหภูมิสูง 30°C polyp จำนวนมากจะตาย (Liu *et al*, 2009) เป็นต้น



ภาพที่ 3 จำนวน ephyra ที่เพิ่มขึ้นในแต่ละวันของแมงกะพรุนถ้วยเลี้ยงที่อุณหภูมิแตกต่างกัน 25.0, 27.0, 30.0 (ควบคุม) °C เมื่อสิ้นสุดการทดลองเป็นเวลา 60 วัน

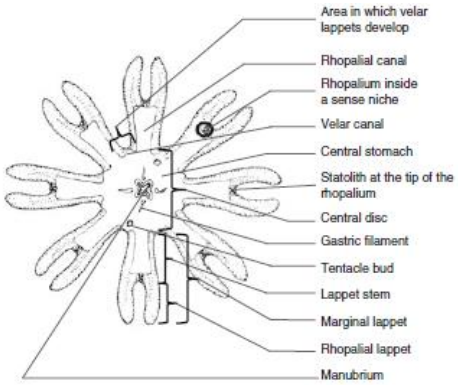
ผลของอุณหภูมิต่อขนาดของ ephyra

จากการวัดขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง ของ ephyra ที่เกิดขึ้นของแต่ละชุดการทดลอง ที่อุณหภูมิแตกต่างกัน 25.0, 27.0, 30.0 (ควบคุม) °C เป็นระยะเวลา 60 วัน พบว่าอุณหภูมิที่แตกต่างกัน มีผลต่อขนาดของ ephyra ที่เกิดขึ้น ($p<0.01$) โดยพบว่า ที่อุณหภูมิ 25.0 °C ephyra ที่เกิดขึ้นมีขนาดใหญ่สุด เฉลี่ย (±SE) 2.10 ± 0.03^{a} มิลลิเมตรขณะที่อุณหภูมิ 27.0 และ 30.0 °C ephyra มีขนาดเฉลี่ย (±SE) 1.81 ± 0.03^{b} มิลลิเมตร และ 1.78 ± 0.03^{b} มิลลิเมตร ตามลำดับ ซึ่งพบว่าระดับของอุณหภูมิที่เปลี่ยนแปลงนั้น มีผลต่อขนาดของ ephyra ในแมงกะพรุนหลายชนิดเมื่ออุณหภูมิเพิ่มสูงขึ้น ทำให้ขนาดของ ephyra ใหญ่ขึ้น เช่น ephyra ของแมงกะพรุนถ้วย *Catostylus mosaicus* ที่ได้ทำการเลี้ยง ephyra ไว้ที่อุณหภูมิ 20 °C มีขนาด ephyra เฉลี่ย 2.0 มิลลิเมตร และขนาดของ ephyra มีขนาดเฉลี่ย 1.90-2.26 มิลลิเมตร เมื่ออุณหภูมิสูงขึ้นเท่ากับ 21 °C แมงกะพรุน *Sanderia malayensis* ขนาดอยู่ระหว่าง 2.4-4.3 มิลลิเมตร เมื่อเลี้ยงที่อุณหภูมิ 20 °C แต่เมื่ออุณหภูมิสูงขึ้นที่ระดับ 20-25 °C ephyra จะมีขนาดใหญ่ขึ้นอยู่ระหว่าง 3.60-3.79 มิลลิเมตร หรือ *Aurelia limbata* ขนาดอยู่ระหว่าง 3.0-4.5 มิลลิเมตร เมื่อเลี้ยงที่อุณหภูมิ 9-13 °C แต่เมื่ออุณหภูมิสูงขึ้นที่ระดับ 15-25 °C ephyra จะมีขนาดใหญ่ขึ้นอยู่ระหว่าง 2.62-5.33 มิลลิเมตร (Straehler-Pohl & Jarms, 2010) และแมงกะพรุนชนิด *Cotylorhiza tuberculata* มีขนาดใหญ่ขึ้นเมื่ออุณหภูมิสูงขึ้น โดยมีขนาดอยู่ระหว่าง 1.5-2.7 มิลลิเมตร เมื่อเลี้ยงที่อุณหภูมิ 25 °C แต่เมื่ออุณหภูมิสูงขึ้นที่ระดับ 25-28 °C ephyra จะมีขนาดใหญ่ขึ้นอยู่ระหว่าง 2.64-3.91 มิลลิเมตร หรือแมงกะพรุน *Phyllorhiza punctata* เมื่อเลี้ยงที่อุณหภูมิ 28 °C มีขนาด ephyra เฉลี่ย 1.5-2.5 มิลลิเมตร และขนาดลดลงเหลือ 0.46 มิลลิเมตร เมื่ออุณหภูมิอยู่ระหว่าง 25-28 °C (Tronolone *et al*., 2002; Straehler-Pohl & Jarms, 2010) แต่ในบางชนิดอุณหภูมิที่ลดลงนั้นกลับทำให้ ephyra มีขนาดใหญ่ขึ้น เช่น แมงกะพรุน *Cephea cephea* เมื่อเลี้ยงที่อุณหภูมิ 28 °C มีขนาด ephyra เฉลี่ย 1.6-2.1 มิลลิเมตร แต่เมื่อเลี้ยงในช่วงระดับอุณหภูมิ 25-28 °C ephyra จะมีขนาดใหญ่ขึ้น 2.36-3.24 มิลลิเมตร เช่นเดียวกับที่พบในการวิจัยครั้งนี้ จากผลการวิจัยและรายงานต่างๆ แสดงให้เห็นว่าระดับของอุณหภูมิที่เปลี่ยนไปนั้นมีผลต่อขนาดของ ephyra ซึ่งอาจทำให้ ephyra มีขนาดเพิ่มขึ้นหรือลดลง ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับชนิดและอุณหภูมิที่เหมาะสม แต่สำหรับแมงกะพรุนถ้วยชนิด *Catostylus townsendii* ที่ใช้ในการทดลองนี้

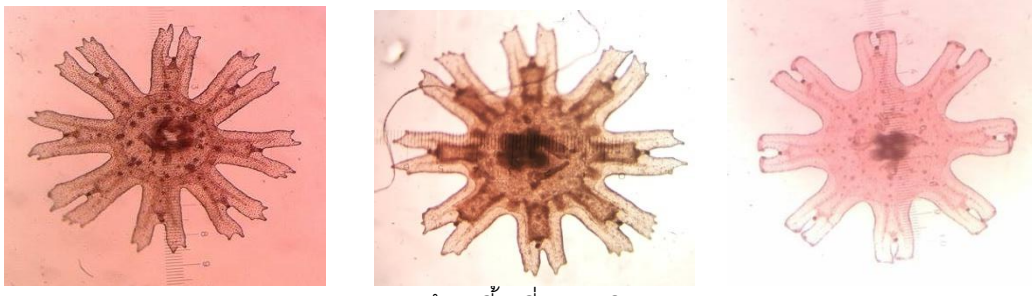
อุณหภูมิที่ลดลงนั้น ส่งผลให้ขนาดของ ephyra มีขนาดใหญ่ขึ้น ซึ่งอุณหภูมิดังกล่าวน่าจะเป็นอุณหภูมิที่เหมาะสมสำหรับการผลิต ephyra หากพิจารณาจากขนาดเฉลี่ยของ ephyra ที่เกิดขึ้น

ผลของอุณหภูมิต่อความผิดปกติของรูปร่าง ephyra

Ephyra ของแมงกะพรุนโดยทั่วไป มีรูปร่างสมมาตรแบบรัศมี (Radial symmetry) โดยมีแขน (Arm) ที่เรียกว่า Marginal lobe หรือ Marginal lappet ยื่นออกมาจาก Central disc รวม 8 แขนด้วยกัน (Holst, 2012) Marginal lobe แบ่งออกได้เป็นสองส่วน คือ ส่วนแรกที่ติดกับ Central disc เรียกว่า Lappet stem ส่วนที่สองแยกออกเป็นสองแฉกเรียกว่า Rhopalial lappet (Straehler-Pohl & Jarms, 2010) (Figure 4) ซึ่งรูปร่างของ ephyra แมงกะพรุนถ้วยที่พบในการทดลองนี้มีลักษณะเช่นเดียวกับแมงกะพรุนทั่วไป แสดงดังภาพที่ 5



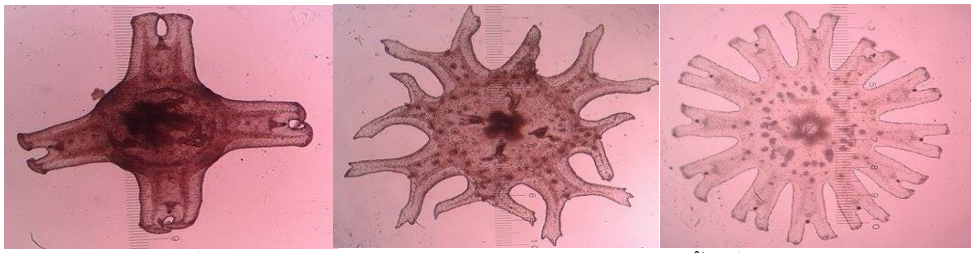
ภาพที่ 4 Anatomy of a scyphozoan ephyra (Straehler-Pohl & Jarms, 2010)



ภาพที่ 5 ตัวอย่างรูปร่างของ ephyra ของแมงกะพรุนถ้วยเลี้ยงที่อุณหภูมิแตกต่างกัน 25.0±0.1, 27.0±0.1, 30.0±0.1 (ควบคุม)

การเกิดความผิดปติของ ephyra นั้นสามารถพบได้บ่อย โดยรูปร่างของ ephyra ที่เกิดขึ้นจะมีความผิดปกติไปจากเดิม และใน polyp เดียวกันก็สามารถให้ ephyra ที่สมบูรณ์และผิดปกติได้ทั้งสองแบบ (Arai, 1997; Low, 1921; Straehler-Pohl & Jarms, 2010) เช่น ในแมงกะพรุน *Mastigias* sp., *Cotylorhiza tuberculata*, *Chrysaora pacifica* หรือแมงกะพรุนพระจันทร์ *Aurelia aurita* ที่ ephyra เกิดความผิดปกติรูปร่าง เช่น มีจำนวนของ Marginal lobe เพียง 2, 3, 4, หรือ

5 lobe เท่านั้น จากปกติที่จะมีจำนวนเท่ากับ 8 lobe ซึ่งพบว่าเมื่อเกิดความผิดปกติของรูปร่าง ephyra จะมีการปรับสมมาตรให้มีการเว้นระยะห่างของแฉกให้สมดุลกันเพื่อให้สามารถเคลื่อนที่และจับกินอาหารเพื่อเติบโตเข้าสู่ตัวเต็มวัย (Medusa) แต่พบว่าการรักษาปรับสมมาตรเพียงอย่างเดียวยังไม่เพียงพอต่อการว่ายน้ำและการจับกินอาหารเพื่อให้แมงกะพรุนพัฒนาเป็นตัวเต็มวัยได้ (Conrad, 2015) ephyra ที่เกิดขึ้นในทุกชุดทดลองในการทดลองครั้งนี้ มีทั้ง ephyra ที่มีรูปร่างปกติ (Figure 5) และรูปร่างที่ผิดปกติ เช่น มีแขน 4 lobe หรือมีจำนวนแขนมากกว่า 8 lobe (Figure 6) เกิดขึ้น ซึ่งผลการทดลองพบว่าระดับอุณหภูมิที่แตกต่างกัน 25.0, 27.0, 30.0 (ควบคุม) °C มีผลต่อการเกิดความผิดปกติของรูปร่าง ephyra โดยหากทำการเลี้ยง polyp ของแมงกะพรุนไว้ที่อุณหภูมิ 30.0 °C ทำให้ ephyra : มีรูปร่างที่ผิดปกติไปจากเดิมสูงสุดเฉลี่ย (±SE) 24.8 ± 3.3^{a}% ซึ่งแตกต่างจาก ephyra ของแมงกะพรุนถ้วยที่เลี้ยงที่อุณหภูมิ 25.0และ 27.0°C ที่มีความผิดปกติของ ephyra เฉลี่ย (±SE) 21.1 ± 5.5^{ab} % และ 10.4 ± 14.9^{b} % ($p<0.01$) ตามลำดับ ทั้งนี้น่าจะมีสาเหตุมาจากอุณหภูมิที่สูงเกินไป เช่นเดียวกับการพบว่า polyp ของแมงกะพรุน *Aurelia aurita* จะตายหมดและไม่ผลิต ephyra เมื่อเลี้ยง polyp ไว้ที่อุณหภูมิสูง 30 °C (Liu *et al*., 2009) ซึ่งระดับของอุณหภูมิและการเปลี่ยนแปลงของอุณหภูมินี้ เป็นปัจจัยสำคัญที่มีผลต่อ Strobilation และการผลิต ephyra ของแมงกะพรุนรวมถึงจำนวนของ ephyra (Prieto *et al*., 2010; Purcell, 2007) อย่างไรก็ตามไม่พบว่ามีการรายงานถึงความผิดปกติของ ephyra ของแมงกะพรุน ต่อระดับของอุณหภูมิที่เปลี่ยนแปลงไป แต่พบว่าชนิดของแมงกะพรุนที่อาศัยอยู่ในสภาพแวดล้อมที่แตกต่างกัน จะตอบสนองต่ออุณหภูมิที่เปลี่ยนแปลงไปแตกต่างกัน คือ อุณหภูมิที่สูงขึ้นในระดับที่เหมาะสมจะกระตุ้นให้เกิด ephyra มากขึ้น สำหรับแมงกะพรุนในเขตหนาว เช่น *Aurelia labiata* จะผลิต ephyra ได้มากขึ้นเมื่ออุณหภูมิเพิ่มขึ้น จาก 7°C เป็น 10°C และ 15 °C (Purcell, 2007) ขณะที่แมงกะพรุนในเขตร้อนบางชนิด จะไม่สามารถทนต่ออุณหภูมิที่สูงขึ้นมากได้ เช่น การศึกษาของ Dawson *et al.,* (2001) ที่พบว่าแมงกะพรุนในสกุล *Mastigias* sp. ซึ่งเป็นแมงกะพรุนที่อาศัยอยู่ในทะเลสาบน้ำเค็ม สาธารณรัฐปาเลาในมหาสมุทรแปซิฟิก มีจำนวนลดน้อยลงและหายไปจากทะเลสาบ เนื่องมาจากสาเหตุของการเปลี่ยนแปลงโครงสร้างของทะเลสาบ และอุณหภูมิที่เพิ่มสูงขึ้น ที่มีสาเหตุมาจากปรากฏการณ์เอลนีโญที่เกิดขึ้นในช่วงปี ค.ศ. 1997-1998 ซึ่งการทดลองนี้ได้แสดงให้เห็นว่าอุณหภูมิที่สูงขึ้นมากถึง 30 °C นั้นส่งผลให้ ephyra ที่เกิดขึ้นมีความผิดปกติสูงกว่า ซึ่ง ephyra ที่มีความผิดปกติเหล่านี้ ก็จะไม่สามารถเจริญเติบโตไปเป็นแมงกะพรุนตัวเต็มวัยต่อไปได้



ภาพที่ 6 ตัวอย่างของ ephyra ที่เกิดความผิดปกติของรูปร่างของแมงกะพรุนถ้วยเลี้ยงที่อุณหภูมิแตกต่างกัน 25.0, 27.0, 30.0 (ควบคุม) °C

สรุปผลการวิจัย

การศึกษาผลของระดับอุณหภูมิที่แตกต่างกัน 25.0, 27.0, 30.0 (ควบคุม) °C ต่อการผลิต ephyra ของแมงกะพรุนถ้วย (*Catostylus townsendi*) ในห้องปฏิบัติการ เป็นเวลา 60 วัน สรุปได้ว่าระดับอุณหภูมิที่เหมาะสมสำหรับการผลิต ephyra ของแมงกะพรุนถ้วยเท่ากับ 25.0 °C เพราะสามารถผลิต ephyra ในห้องปฏิบัติการ ได้มีขนาดใหญ่ และ ephyra ที่ผลิตได้มีความผิดปกติน้อยที่สุด

กิตติกรรมประกาศ

โครงการวิจัยผลของระดับอุณหภูมิ ต่อการผลิต ephyra ของแมงกะพรุนถ้วย (*Catostylus townsendi*) ในห้องปฏิบัติการ เป็นโครงการหนึ่งที่อยู่ภายใต้แผนวิจัยการศึกษาการเกิดปรากฏการณ์แมงกะพรุนหลากสี บริเวณชายฝั่งทะเลจังหวัดตราด โครงการวิจัยนี้ได้รับทุนสนับสนุนการวิจัยจากงบประมาณแผ่นดิน. ประจำปีงบประมาณ พ.ศ. 2559 มหาวิทยาลัยบูรพา ผ่านสำนักงานคณะกรรมการการวิจัยแห่งชาติ เลขที่สัญญา 12/2559 ทางคณะผู้วิจัยขอขอบคุณสำนักงานคณะกรรมการการวิจัยแห่งชาติที่ให้การสนับสนุนการวิจัยให้สามารถดำเนินการวิจัยได้ตามแผนวิจัยที่วางไว้

เอกสารอ้างอิง

Arai, N. A. (1997). *A functional biology of scyphozoa*. Chapman & Hall, New York.

Belmar, B.M., Ernesto, A., Kristian, P., Giacomo, M., Verónica, F., Ons, K.D.Y., Anton, M., Alan, D., Stefano, P. (2017). Jellyfish blooms perception in Mediterranean finfish aquaculture. *Marine Policy*, *76,* 1–7.

Calder, D.R. (1982). Life history of the cannonball jellyfish, *Stomolophus meleagris* L. Agassiz, 1860 (Scyphozoa, Rhizostomida). *Biol Bull* , *162*,149–162

Conrad, S.J. (2015). Injured jellyfish seek to regain symmetry, study shows. retrieved 28 April 2017, from https://phys.org/news/2015-06-jellyfish-regain-symmetry.html.

Dawson, M.N., Martin, L.E., Penland , L.K.. (2001). Jellyfish swarms, tourists, and the Christ-child. *Hydrobiologia, 451*, 131–144.

Fuchs, R.B., Wei, W., Simon, G., Yizhu, L., Santiago, I., Eva, M. H., Philipp, D., Anna, M. B., Georg, H., Felix, S., Tomislav, D.L., Ulrich, C. K., Friederike, A. E., Philip, R., Thomas, C.G. B., Konstantin, K. (2014). Regulation of polyp-to-jellyfish transition in *Aurelia aurita*. *Current Biology, 24*, 263–273.

Fitt, K. W, Kristin, C. (1998). The role of temperature in survival of the polyp stage of the tropical rhizostome jellyfish *Cassiopea xamachana. Journal of Experimental Marine Biology and Ecology*, *222,* 79–91.

Grodah, F. (1988). A comparative ecological study on the scyphozoans *Aurelia aurita, Cyanea capillata* and *C. lamarckii* in the Gullmar Fjord, western Sweden, 1982. *Marine Biology (Berlin), 97*, 541-550.

Hamner, M. W., & Dawson, N.M. (2009). A review and synthesis on the systematics and evolution of jellyfish blooms: advantageous aggregations and adaptive assemblages. *Hydrobiologia, 616*, 161–191.

Han, C.H., Uye, I. (2010). Combined effects of food supply and temperature on asexual reproduction and somatic growth of polyps of the common jellyfish *Aurelia aurita*. *Plankton Benthos Res*, *5*, 98–105.

Holst, S. (2012). Morphology and development of benthic and pelagic life stages of North Sea jellyfish (Scyphozoa, Cnidaria) with special emphasis on the identification of ephyra stages. *Marine Biology* ,*159*, 2702-2722.

Kawawahara, M., Uye, S.I., Ohtsu, K., Iizumi, H. (2006). Unusual population explosion of the giant jellyfish *Nemopilema nomurai* (Scyphozoa: Rhizostomeae) in East Asian waters. *Marine Ecology Progress Series*, *307*, 161-173.

Kim, D.H., Ju, N, S., Won, D.Y., Young, S. S. (2012). Estimating the economic damage caused by jellyfish to fisheries in Korea. *Fisheries Science, 78*, 1147–1152.

Liu, W.C., Lo, W.T., Purcell, J.E., Chang, H.H. (2009). *Effects of temperature,light intensity and salinity on asexual reproduction of the scyphozoan, Aurelia aurita (L.) in Taiwan*. Master's thesis.National Sun Yat-Sea University. 74 p.

Low, J.W. (1921). Variation in ephyra of *Aurelia aurita*. *Proceeding Royal Physical Society of Edinburgh*, *20*, 226-235.

Lucas, C.H. (2001). Reproduction and life history strategies of the common jellyfish, *Aurelia aurita* in relation to its ambient environment. *Hydrobiologia, 451*, 229-246.

Mills, E. C. (2001). Jellyfish blooms: are populations increasing globally in response to changing ocean conditions?. *Hydrobiologia, 451*, 55–68.

Miyeke, H., Terazaki, M., Kakinuma, Y. (2002). On the polyp of the common jellyfish *Aurelia aurita* in Kagoshima Bay. *Journal of Oceanography*, *58*, 451-459.

Moller, H. (1980). Population dynamic of *Aurelia aurita* medusae in Kiel Bight , Germany (FRG). *Marine Biology*, *60*, 123-128.

Musika, C., Wanchai, W., Arvut, M., Pattana, P., Waewtaa, T. (2014). Water quality in marine recreation areas, Chon Buri province. *Burapha Sci. J., 19*(1), 11-23.

Nastav, B., Malej, M., Malej, A.Jr., Malej, A. (2013). Is it possible to determine the economic impact of jellyfish outbreaks on fisheries. *Medit. Mar. Sci., 14*(1), 214-223.

Olive,P.J.W. (1985). Physiological adaptation and the concepts of optimal reproductive strategy and physiological constraint in marine invertebrates. In Laverack, M.S. (ed.), Physiological Adaptations of Marine Animals. *Symposia of the Society for Experimental Biology, 39*, 267-300.

Omori, M., Nakano, E. (2001). Jelly fisheries in South East Asia. *Hydrobiologia, 451*, 19-26.

Pascual, M., Verónica, F., Antonio, C., Dacha, A., Josep, M. Gili., Jennifer, E. P. (2014). Temperature effects on asexual reproduction of the scyphozoan *Aurelia aurita s.l.*: differences bet ween exotic (Baltic and Red seas) and native (Mediterranean Sea) population. *Marine ecology* , *V.36 I 4*, 994-1002.

Pitt, K.A. (2000). Life history and settlement preferences of the edible jellyfish *Catostylusmosaicus* (Scyphozoa: Rhizostomeae). *Marine Biology* ,*136,* 269-279.

Pohl, S.I., Jarms, G. (2010). Identification key for young ephyrae: a first step for early detection of jellyfish blooms. Hydrobiologia , *645*, 3–21.

Prieto, L., Astorga, D., Navarro, G., Ruiz, J. (2010). *Environmental control of phase transition and polyp survival of a massive-outbreaker jellyfish*. *Plos One Anniversary, 5,* 11.

Purcell, J.E., White, J.R., Namazie, N.A., Wright, D.A. (1999). Temperature, salinity and food effect on asexual reproduction and abundance of the scyphozoan *Chrysaora quinquecirrha. Marine ecology progress series*, *180,* 187-196.

Purcell, J.E. (2007). Environmental effects on asexual reproduction rates of the scyphozoan *Aurelia labiata* . *Mar Ecol Prog Ser, 348*, 183–196.

Purcell, J.E., Hoover, R.A., Schwarck, N.T. (2009). Interannual variation of strobilation by the scyphozoan *Aurelia labiata* in relation to polyp density, temperature, salinity,and light conditions in situ. *Mar. Ecol. Prog. Ser*, *375,* 139–149.

Purcell, J.E., Atienza, D., Fuentes, V.N., Olariaga, A., Tilves, U., Colahan, C., Gili, M.J. (2012). Temperature effects on asexual reproduction rates of scyphozoan species from the northwest Mediterranean Sea. *Hydrobiologia, 690,* 169-180.

Rungsupa, S. (2013). Changing of water quality and phytoplankton around Sichang island from salinity decreasing. *Journal of Fisheries Technology Research Vol. 7 No. 2 July - December 2013*, (pp. 94-103). (in-Thai)

Solorzano, L. (1969). Determination of ammonia in natural Water by the phenol-hypochlorite method*. Limnology and Oceanography, 5*, 799-801.

Straehler, P. (2009). *Die Phylogenie der Rhopaliophora und die Paraphylie der 'Rhizostomeae'*. Dissertation, Universita¨t Hamburg.

Straehler-Pohl, I. & Jarms, G. (2010). Identification key for young ephyrae: a first step for early detection of jellyfish blooms. *Hydrobiologia, 645*, 3–21.

Strickland, J.D.H., & T.R. Parsons.(1972). *A practical handbook of seawater analysis*. Fisheries research board of Canada Bulletin 167. Ottawa, Canada. 310 p.

Thein, H., Hideki, I. & Shin, I.U. (2012). The potential role of podocysts in perpetuation of the common jellyfish *Aurelia aurita* s.l. (Cnidaria: Scyphozoa) in anthropogenically perturbed. *Hydrobiologia, 690*, 157-167.

Tronolone, V.B., Morandini, A.C., & Migotto, A. E. (2002). On the occurrence of Scyphozoa ephyrae (Cnidaria, Scyphozoa, Semaeostomeae and Rhizostomeae) in the South eastern Brazilian coast. *Biota Neotropica ,2*, 1-18.

Webster, C,N. & Lucas, C.H. (2012). The effects of food and temperature on settlement of *Aurelia aurita* planula larvae and subsequent somatic growth. *Journal of Experimental Marine Biology and Ecology*, 436-437,

Widmer, C.L. (2005). Effects of temperature on growth of northeast Pacific moonjellyfish ephyrae, *Aurelia labiata* (Cnidaria:Scyphozoa). *J. Mar. Biol. Assoc*. UK, *125*, 83–90.

Willcox, S., Moltschaniwskyij, N.A., Crawford, C. (2007). Asexual reproduction in scyphistomae of *Aurelia* sp.: Effects of temperature and salinity in an experimental study. *Journal of Experimental Marine Biology and Ecology*, *353*, 107-114.

Wongsa-Ngasri, P. Poonsap, V. & Benjawan, T. (2008). Study of salted jellyfish production in commercial. *Proceeding of the Annual Conference on Fisheries 2008*, 284-297. (in-Thai)

Xie, C., Fan, M., Wang, X., Chen, M. (2015). Dynamic model for life history of Scyphozoa. *Plos One Anniversary*, *10*(6), 10-14.