บทที่ 4 สรุปและวิจารณ์ผลการทดลอง

การทดลองที่ 1 พฤติกรรมการยอมรับชนิดอาหารทดแทนดาวแดงของกุ้งการ์ตูน

ดาวทะเลที่อยู่ใน class asteroids เป็นดาวทะเลที่มีรายงานว่าเป็นอาหารหลักของกุ้งการ์ตูนในธรรมชาติ (Sean,2010) เช่น ดาวทะเล *Linckia* spp. และ *Acanthaster* spp.(ดาวมงกุฎหนาม) ดาวเปราะ (brittle sea stars) ดาวทะเล *Nardoa* sp. ดาวทะเล *Archaster typicus* ดาวทะเล *Fromia imdica* และดาวทะเลขนาดเล็กสกุล *Asterinai* spp. (ศูนย์วิจัยและพัฒนาประมงชายฝั่งระยอง กรมประมง 2552; Calfo and Fenner, 2003) ในการทดลองครั้งนี้อาหารที่ใช้ทดลองเพื่อเป็นอาหารทดแทนดาวแดงได้แก่ ดาวทราย ดาวแสงอาทิตย์ ดาวหมอนปักเข็มหมุด ซึ่งเป็น asteroids echinoderm และปลิงทะเลเป็น holothuroids echinoderm ที่ได้มาจากชาวประมงท้องถิ่น จังหวัดชลบุรี จากผลการทดลองครั้งนี้พบว่ากุ้งการ์ตูนยอมรับดาวทรายเป็นอาหารในระยะเวลาสั้นกว่าการยอมรับดาวแสงอาทิตย์และดาวแดงเป็นอาหาร อย่างไรก็ตาม กุ้งการ์ตูนไม่กินดาวหมอนปักเข็มและปลิงทะเลเป็นอาหาร มีรายงานว่าเนื้อเยื่ออวัยวะที่อ่อนนุ่มของดาวทะเล เช่น เนื้อเยื่อขาเดิน (tube feet) เ นื้อเยื่อบริเวณร่องขาเดิน (ambulacral groove) ของดาวทะเลเป็นเนื้อเยื่อที่กุ้งการ์ตูนกินเป็นอาหาร (Sprung, 2001; Wickler and Seibt, 2005; Sewell, 2007) การเคลื่อนที่ของดาวทะเลและลักษณะโครงสร้างของดาวทะเลแต่ละชนิดอาจเป็นสิ่งที่กระตุ้นดึงดูดให้กุ้งการ์ตูนยอมรับเป็นอาหารได้ ดาวทรายเป็นดาวทะเลขนาดเล็ก มีโครงสร้างลำตัวนิ่มซึ่งอาจเป็นไปได้ที่กุ้งการ์ตูนยอมรับดาวทรายเป็นอาหารทันทีต่างจากดาวแสงอาทิตย์และดาวแดงที่มีโครงสร้างภายนอกแข็ง กุ้งการ์ตูนจึงเดินสำรวจหาบริเวณที่สามารถกินเนื้อเยื่อของดาวทะเลทั้งสองได้ นอกจากนี้ ดาวทรายเคลื่อนที่เร็ว ดังนั้นเพื่อสะดวกในการกิน กุ้งการ์ตูนจึงพลิกดาวทรายให้หงายท้องทำให้ดาวทรายไม่สามารถเดินหนีไปได้ แต่ในกรณีที่กุ้งการ์ตูนไม่สามารถพลิกตัวดาวทะเลให้หงายท้องเพื่อกินเนื้อเยื่อได้ จึงเจาะกินจากเนื้อเยื่อด้านบน กุ้งการ์ตูนในธรรมชาติที่อยู่กันเป็นคู่มีพฤติกรรมช่วยกันล่าอาหารและกินอาหาร โดยกุ้งการ์ตูนตัวหนึ่งคีบเนื้อเยื่อส่วนที่นิ่มของดาวทะเลไว้และกุ้งการ์ตูนอีกตัวหนึ่งดึงดาวทะเลให้หงายท้องและกินเนื้อเยื่อทางด้านใต้ท้อง (http://aquaviews.net/explore-the-blue/harlequin-shrimp-clown) กุ้งการ์ตูนใช้ขาเดินคู่ที่ 1 เจาะเนื้อเยื่อหรือแกะผิวหนังชั้นนอกของดาวทะเลทีละน้อยจนกระทั่งเป็นรอยแผลเปิดขนาดใหญ่ และเปลี่ยนมาใช้ขาเดินคู่ที่ 2 ที่ปลายขามีลักษณะคล้ายก้ามปู (claws) ตัดหรือคีบอาหาร ซึ่งวิธีการกินนี้คล้ายคลึงกับวิธีการกินของกุ้ง horned shrimp ที่ใช้ขาเดินคู่ที่ 1 ในการจับ

อาหารส่งเข้าปาก (Jensen, 2011) แต่วิธีการกินอาหารของกุ้งการ์ตูนนี้แตกต่างไปจากพฤติกรรมกุ้งทะเลทั่วไปที่ใช้ maxilliped คู่ที่3 ในการจับอาหารส่งเข้าปาก (ประจวบ, 2537)

จากการทดลองนี้สรุปได้กุ้งการ์ตูนมีพฤติกรรมการยอมรับดาวทะเลเป็นอาหาร 2 แบบ แบบที่ 1 การกินดาวทะเลเป็นอาหารทันทีที่เจอเหยื่อครั้งแรกซึ่งในการทดลองครั้งนี้คือกุ้งการ์ตูนกินดาวทรายทันทีที่เจอ และแบบที่ 2 คือการสำรวจบนดาวทะเลระยะหนึ่งก่อนกินเป็นอาหารซึ่งในการทดลองครั้งนี้คือกุ้งการ์ตูนสำรวจบนดาวแสงอาทิตย์และดาวแดงก่อนกิน โดยทั่วไปพฤติกรรมการหาอาหารของสัตว์น้ำแต่ละชนิดนั้นแตกต่างกัน กุ้งบางชนิดอาศัยทั้งการมองเห็น (visible cues) และอาศัยกลไกการรับรู้สารเคมี (chemical cues) ในการหาอาหาร (Glynn, 1980) กุ้งบางชนิดอาศัยกลไกเฉพาะการรับรู้สารเคมี เช่น กุ้ง horned shrimp,*Paracrangon echinata* (Jensen, 2011) หรือเฉพาะการมองเห็น เช่นกุ้ง banana prawn, *Penaeus merguiensis* ระยะ juvenile (Hindley,1975) เพียงอย่างใดอย่างหนึ่ง สำหรับกุ้งการ์ตูนมีรายงานว่ากุ้งการ์ตูนมีวิธีการหาอาหารกินโดยอาศัยการรับสัมผัสกลิ่นสารเคมีจากดาวทะเลเช่นกัน (http://www.bbc.co.uk/nature/blueplanet /factfiles/crustaceans/harlequin_shrimp) ซึ่งการรับสัมผัสสารเคมีนี้อาจเป็นได้ทั้งการรับสัมผัสระยะไกลและระยะใกล้ ในการทดลองครั้งนี้ กุ้งการ์ตูนรับสัมผัสเคมีสารระยะไกลคือหลังจากใส่อาหารลงในตู้ทดลองและกุ้งการ์ตูนเดินออกจากมุมตู้ไปยังทิศทางที่มีเหยื่ออยู่ได้ก่อนที่กุ้งการ์ตูนจะเจอดาวทะเล และการรับสัมผัสสารเคมีระยะใกล้คือการที่กุ้งการ์ตูนเกาะบนดาวทะเลหรือเดินสำรวจบนขาของดาวทะเล ซึ่งการรับสัมผัสสารเคมีในระยะก่อนที่กุ้งการ์ตูนจะเจอดาวทะเล กุ้งการ์ตูนเดินหาดาวทะเลในตู้ทดลองหลังจากใส่อาหารในตู้ทดลองระยะหนึ่ง พฤติกรรมที่กุ้งการ์ตูนเดินไปทั่วตู้อาจเป็นเพราะว่ากุ้งการ์ตูนรับรู้ถึงสารเคมีในอาหารทดลองที่ใส่ในตู้แต่ระดับความเข้มข้นสารเคมีที่ได้รับมีระดับต่ำประกอบการการหมุนเวียนของมวลน้ำในตู้ที่กระจายออกไปทำให้กุ้งการ์ตูนไม่สามารถหาตำแหน่งของเหยื่อได้ชัดเจน ปริมาณสารเคมีในน้ำระดับต่ำจะช่วยให้ผู้ล่ารับรู้ว่ามีเหยื่ออยู่โดยการการหมุนตัวเดินมองหาเหยื่อหรืออย่างน้อยที่สุดช่วยให้ผู้ล่าเข้าไปอยู่ใกล้เหยื่อมากที่สุด (Zimmer-Faust et al, 1996) ระยะห่างระหว่างกุ้งการ์ตูนและเหยื่อก็มีผลต่อพฤติกรรมการกินอาหารของกุ้งการ์ตูนในด้านการมองเห็นและการรับสัมผัสสารเคมีในระดับที่เข้มข้นมากขึ้น เมื่อกุ้งการ์ตูนเข้าใกล้ดาวทะเลมากขึ้นกุ้งการ์ตูนรับสัมผัสสารเคมีได้เพิ่มขึ้นและสามารถมองเห็นเหยื่อเคลื่อนไหวชัดเจนมากขึ้น พฤติกรรมกุ้งการ์ตูนที่หมุนตัวไปยังทิศทางที่ดาวทรายอยู่ได้อย่างถูกต้องเมื่อกุ้งการ์ตูนอยู่ใกล้ดาวทรายประมาณ 4-5 นิ้วและออกไล่ล่าดาวทรายอย่างรวดเร็วเมื่อกุ้งการ์ตูนอยู่ใกล้ดาวทรายประมาณ 2-3 นิ้วอาจเป็นเพราะว่ากุ้งการ์ตูนรับรู้สารเคมีที่มีในน้ำและจำแนกได้ว่าดาวทรายคืออาหารชนิดหนึ่ง ประกอบกับกุ้ง

การ์ตูนมองเห็นตัวดาวทราย กุ้งการ์ตูนจึงออกล่าเป็นอาหาร ในลักษณะเดียวกัน พฤติกรรมที่กุ้งการ์ตูนเดินหรือหมุนตัวไปในทิศทางที่ดาวแสงอาทิตย์และดาวแดงอยู่ได้ถูกต้องเมื่อเข้าใกล้ดาวแสงอาทิตย์และดาวแดงมากขึ้นและการเดินสำรวจบนดาวทะเลทั้งสองชนิดนี้แสดงถึงพฤติกรรมกุ้งการ์ตูนที่อาศัยทั้งการรับสัมผัสสารเคมีและการมองเห็นในการหาอาหาร พฤติกรรมการขยับตัวของกุ้งทะเลหลังจากรับสัมผัสสารเคมีในน้ำแสดงถึงการที่สารเคมีดึงดูดให้กุ้งขยับตัวเพื่อที่จะเดินเข้าหาอาหารหรือปฏิเสธการเดินเข้าหาอาหารและเมื่อกุ้งมีการขยับของอวัยวะส่วนปากแสดงถึงการที่สารเคมีกระตุ้นให้กุ้งกินอาหาร (Lee, and Meyers, 1996; Archdale and Anraku, 2005) ร ะดับสารเคมีและชนิดสารเคมีแต่ละชนิดในอาหารมีผลต่อพฤติกรรมการกินอาหารของกุ้งทะเล เช่น สารอินทรีย์ประเภทต่าง ๆ เช่น น้ำตาล นิวคลีโอไทด์ และ กรดอมิโน (Hindley, 1975; Lee and Meyers, 1996) ซึ่งในการผลิตอาหารสัตว์น้ำมีการศึกษาทดลองใช้กรดอมิโนหลายๆตัว (alanine, valine, glycine, proline, serine, histidine, glutamic acid, tyrosine and betaine) หรือใช้สารสกัดจากสัตว์เช่น น้ำมันปลาหมึก น้ำมันปลา สารสกัดจากเคย (krill hydrolysate) เป็นการกระตุ้นความน่ากินของอาหารเพื่อดึงดูดให้สัตว์น้ำเข้ามากินอาหารและกินอาหารมากขึ้น (Kolkovoski, *et al*, 2000; Nunes, 2006; 2010) โดยสารอินทรีย์ที่มีระดับความเข้มข้นต่ำกระตุ้นให้กุ้งตรวจพบและแยกแยะอาหารได้ ส่วนสารอินทรีย์ที่มีระดับความเข้มข้นสูงจะกระตุ้นให้กุ้งกินอาหารดีขึ้น (Hindley, 1975) วิธีการกินอาหารของกุ้งการ์ตูนนี้แตกต่างจากพฤติกรรมการกินอาหารของกุ้งทะเลขนาดเล็กชนิด horned shrimp, *Paracrangon echinata* ซึ่งเป็นกุ้งที่เกาะนิ่งอยู่กับที่ กุ้งชนิดนี้หาอาหารกินโดยอาศัยเฉพาะการมองเห็นเหยื่ออย่างเดียว (Jensen, 2011) อย่างไรก็ตามวิธีการกินอาหารของกุ้งการ์ตูนในการทดลองครั้งนี้สอดคล้องกับพฤติกรรมการกินอาหารของกุ้งก้ามกรามระยะหลังลงเกาะ (postlarvae) ที่อาศัยทั้งการมองเห็นและการรับรู้สารเคมีในการหาตำแหน่งอาหารและการกินอาหาร (Moller,1978)

นอกจากนี้ ทิศทางและความเร็วของการไหลของน้ำมีผลต่อการสื่อสารของสารเคมีในน้ำ(Weissburg and Zimmer-Faust, 1993; Lee and Mayer, 1996) ในการทดลองครั้งนี้ ทิศทางในการไหลของน้ำมีผลต่อพฤติกรรมการกินอาหารของกุ้งการ์ตูนเช่นกัน ระบบน้ำในตู้ทดลองทดลองมีทางน้ำไหลเข้าที่อยู่ด้านบนซ้ายของตู้และทางน้ำออกจากตู้ทดลองอยู่ด้านบนขวาของตู้ การมุนเวียนของน้ำในตู้เป็นลักษณะของการกระจายไปทั่วตู้สังเกตุได้จากตะกอนสาหร่ายในตู้ทดลองที่กระจายตัวไปทั่วตู้อย่างไม่มีทิศทางซึ่งการกระจายตัวของตะกอนสาหร่ายในตู้อาจจะเป็นลักษณะเดียวกันกับการกระจายของสารเคมีในน้ำมีผลให้กุ้งการ์ตูนรับรู้ตำแหน่งของเหยื่อได้ไม่ดี พฤติกรรมของกุ้งการ์ตูนที่เคลื่อนที่ไปตามพื้นตู้พร้อมกับขยับหนวดไปมาสลับกับการหยุดเดินบ้างอาจเนื่องมาจากกุ้งการ์ตูนได้รับสารเคมีและกำลังตรวจหา

ตำแหน่งของเหยื่อ ซึ่งพฤติกรรมการขยับโบก attenules และ attenae ไปมาเป็นพฤติกรรมของกุ้งทะเลเมื่อตรวจพบและรับสัมผัสสารเคมี (Lee and Meyers, 1996; Archdale and Anraku, 2005) ทิศทางและความเร็วของการไหลของน้ำมีผลกระทบต่อการประสพผลสำเร็จและประสิทธิภาพในการรับรู้สารเคมีทั้งทางตรงและทางอ้อมของปู blue crab ผลกระทบทางตรงคือทิศทางการไหลของน้ำมีผลต่อการกระจายของสารเคมีที่มีในน้ำ และทางอ้อมคือมีผลต่อการเปลี่ยนแปลงพฤติกรรมสัตว์น้ำในการเคลื่อนที่ การล่าเหยื่อจะประสบผลสำเร็จขึ้นกับโอกาสที่จะรับสัมผัสสารเคมีและการเคลื่อนที่ของสัตว์น้ำให้เร็วที่สุด โดยปู blue crab ประสบผลสำเร็จในการล่าเหยื่อและการล่าเหยื่อมีประสิทธิภาพมากที่สุดเมื่ออยู่ในน้ำที่มีการไหลของน้ำช้า แต่ประสิทธิภาพในการล่าเหยื่อลดลงหรือแทบไม่มีประสิทธิภาพเลยเมื่อปู blue crab อยู่ในน้ำที่มีการไหลของน้ำเร็ว (Weissburg and Zimmer-Faust, 1993)

ในการทดลองครั้งนี้ พอสรุปได้ว่าดาวทรายเป็นอาหารที่กุ้งการ์ตูนยอมรับเป็นอาหารเร็วที่สุด ส่วนดาวแสงอาทิตย์ก็สามารถใช้เป็นตัวเลือกในการนำมาใช้เป็นอาหารทดแทนดาวแดงได้เช่นกัน กุ้งการ์ตูนมีพฤติกรรมการหาอาหารโดยอาศัยทั้งการรับสัมผัสสารเคมีเพื่อหาตำแหน่งของดาวทะเลและอาศัยการมองเห็นตัวดาวทะเล อย่างไรก็ตาม การทดลองครั้งนี้เป็นการทดลองในปีที่ 1 เป็นการทดลองในระยะสั้นยังไม่สามารถบ่งบอกได้ว่าดาวทะเลทั้งสองชนิดนี้จะเป็นตัวแทนอาหารทดแทนดาวแดงที่ดีได้ ดังนั้น ในการทดลองที่ 2 เป็นการทดลองในระยะยาวถึงผลกระทบของชนิดอาหารต่อการเจริญเติบโต การสืบพันธุ์และการรอดตายของกุ้งการ์ตูน

การทดลองที่ 2 การรอดตายและเจริญเติบโตของกุ้งการ์ตูน

ปัจจัยจำกัดของการเลี้ยงกุ้งการ์ตูนโดยเฉพาะการเพาะเลี้ยงในระดับเชิงพาณิชย์คือพฤติกรรมการเลือกกินอาหารของกุ้งการ์ตูนและอาหารที่กุ้งการ์ตูนกินเป็นหลักในธรรมชาติคือดาวทะเลที่ต้องจับมาจากธรรมชาติ ดังนั้น เพื่อประโยชน์ในการพัฒนาเทคโนโลยีการเลี้ยงกุ้งการ์ตูนในที่กักขังทั้งในด้านการเลี้ยงเพื่อขายและการผลิตพ่อ-แม่พันธุ์ จึงมีความจำเป็นที่ต้องศึกษาวิธีการให้กุ้งการ์ตูนกินอาหารจากธรรมชาติปริมาณน้อยแต่เพียงพอต่อการเจริญเติบโต หรือการเลี้ยงด้วยดาวทะเลชนิดอื่นในปริมาณที่แตกต่างกันเพื่อลดผลกระทบต่อประชาการดาวทะเลในธรรมชาติและการเลี้ยงกุ้งการ์ตูนด้วยวิธีการให้อาหารต่างๆเหล่านี้ต้องไม่กระทบต่อการเจริญเติบโตและการเจริญพันธุ์ของกุ้งการ์ตูน ในการทดลองนี้เป็นการทดลองต่อเนื่องจากการทดลองที่ 1 พบว่ากุ้งการ์ตูนเลือกกินดาวทรายในระยะเวลาเร็วกว่าการกินดาวแสงอาทิตย์ ดังนั้น ดาวทรายจึงถูกเลือกมาเป็นอาหารทางเลือกสำหรับทดแทนดาวแดงในการ

ทดลองที่ 2 นอกจากนี้ ยังพบว่าดาวทรายสามารถขยายพันธุ์ได้เมื่อเลี้ยงในที่กักขัง จึงเป็นทางเลือกที่ดีในการเลี้ยงกุ้งการ์ตูนเพราะไม่ต้องพึ่งพาดาวทะเลจากธรรมชาติหรือพึ่งพาดาวทะเลจากธรรมชาติน้อยลง (เพาะขยายได้ในโรงเรืองสาธิตการเพาะเลี้ยงสัตว์และพืชทะเล สถาบันวิทยาศาสตร์ทางทะเล มหาวิทยาลัยบูรพาในปี 2555 แต่ยังไม่มีการเผยแพร่ในวาสารวิชาการ)

ในการศึกษาครั้งนี้ ให้กุ้งการ์ตูนกินอาหารโดยการตัดดาวทะเลออกเป็นชิ้นความยาวประมาณ 1 นิ้ว ซึ่งพบว่าชนิดและความถี่ในการให้อาหารมีผลต่อการรอดตายและการเจริญเติบโตของกุ้งการ์ตูน กุ้งการ์ตูนที่ให้กินอาหารมีชีวิตมีการรอดตายและการเจริญเติบโตดีกว่ากุ้งการ์ตูนที่ให้กินอาหารไม่มีชีวิตแช่แข็งและกุ้งการ์ตูนเพศเมียที่ให้กินดาวแดงมีชีวิตทุกวันมีการเจริญเติบโตดีกว่ากุ้งการ์ตูนเพศเมียที่ให้กินดาวทรายมีชีวิตทุกวัน 1 สัปดาห์ งด 1 สัปดาห์ เมื่อเปรียบเทียบระหว่างกุ้งการ์ตูนที่ให้กินดาวทะเลมีชีวิตพบว่ากุ้งการ์ตูนกินดาวทะเลมีชีวิตทั้งสองชนิดประมาณ 0.2-0.3 กรัมต่อวันเปรียบเทียบที่น้ำหนักตัวกุ้งการ์ตูน 1 กรัม โดยกุ้งการ์ตูนกินดาวทรายในปริมาณมากกว่าดาวแดงเล็กน้อย จากผลการวิเคราะห์โภชนาการของดาวแดงและดาวทรายพบว่าโดยทั่วไปดาวทรายมีคุณค่าทางอาหารที่ใกล้เคียงกับดาวแดง โดยดาวทรายมีปริมาณโปรตีนต่ำกว่าดาวแดงประมาณ 1 เปอร์เซ็นต์/น้ำหนักแห้ง (2 เปอร์เซ็นต์/น้ำหนักสด) แต่ดาวทรายมีปริมาณไขมันมากกว่าดาวแดงประมาณ 2 เปอร์เซ็นต์/น้ำหนักแห้ง ดาวแดงและดาวทรายมีกรดอมิโนใกล้เคียงกัน แต่ดาวแดงมีอัตราส่วนระหว่างกรดไขมันกลุ่มโอเมกา 3 ต่อโอเมกา 6 และ อัตราส่วนระหว่างกรดไขมันDHA ต่อ EPA ในปริมาณต่ำกว่าดาวทรายแสดงถึงความสมดุลย์ของกรดไขมันในดาวแดงมากกว่าดาวทราย จากผลการทดลองกุ้งการ์ตูนที่ให้กินดาวแดงมีชีวิตทุกวิธีการให้กินรอดตายดีที่สุด กุ้งการ์ตูนที่ให้กินดาวแดงมีชีวิตทุกวันและที่ให้กินดาวทรายมีชีวิตทุกวัน เจริญเติบโตไม่แตกต่างกัน แต่กุ้งการ์ตูนที่ให้กินดาวทรายรอดตายน้อยกว่ากุ้งการ์ตูนที่ให้กินดาวแดง ซึ่งเกี่ยวข้องกับคุณค่าทางอาหารที่เหมาะสมต่อความต้องการของกุ้งการ์ตูนและควรจะต้องศึกษาต่อไป

ในการศึกษาครั้งนี้ทำการเลี้ยงกุ้งการ์ตูนเพศผู้และเพศเมียจำนวน 1 คู่ต่อตู้ ซึ่งตลอดระยะเวลาทดลองกุ้งการ์ตูนเพศเมียมีขนาดใหญ่กว่ากุ้งการ์ตูนเพศผู้ในทุกชุดการทดลอง กุ้งการ์ตูนเพศเมียมีน้ำหนักเฉลี่ยและน้ำหนักที่เพิ่มขึ้นเฉลี่ยต่อตัวโดยเฉพาะในระยะวัยเจริญพันธุ์ค่อนข้างแปรปรวนเมื่อเปรียบเทียบกับกุ้งการ์ตูนเพศผู้ทั้งนี้อาจเนื่องมาจากค่าของน้ำหนักตัวที่ได้เป็นค่ารวมกันของทั้งน้ำหนักตัวกุ้งการ์ตูนและน้ำหนักไข่กุ้งการ์ตูน ในธรรมชาติโดยทั่วไปพบกุ้งทะเลสวยงามเพศเมียมีขนาดใหญ่กว่ากุ้งทะเลสวยงามเพศผู้ เช่นกุ้ง *Plesionika izumiae* (Ahamed and Ohtomi, 2012) กุ้งทะเลน้ำลึก *Haliporoides sibogae* (Baelde 1994) *Pandalus borealis* (Bergström 1992) กุ้ง *Stenopus hispidus* (Chokley and Mary, 2003) เป็นต้น Berglund (1981) อ้างโดย Ahmed and Ohtomi (2012) ให้

เหตุผลว่าการที่กุ้งเพศเมียมีการเจริญเติบโตเร็วกว่าและมีขนาดใหญ่กว่ากุ้งเพศผู้เนื่องมาจากกุ้งเพศเมียต้องเตรียมความพร้อมในการอุ้มไข่ที่มีปริมาณมาก โดยทั่วไปสัตว์น้ำนำพลังงานที่ได้รับจากอาหารไปใช้ในการดำรงชีพและพลังงานส่วนที่เหลือจะถูกนำไปใช้ในการเจริญเติบโต และถ้าสัตว์น้ำได้รับสารอาหารไม่เพียงพอต่อการดำรงชีพมีผลให้สัตว์น้ำตายในที่สุด ในการศึกษาครั้งนี้ กุ้งการ์ตูนที่กินอาหารร่วมกันกุ้งการ์ตูนเพศเมียที่มีขนาดใหญ่กว่ากินอาหารมากกว่ากุ้งการ์ตูนเพศผู้และมีผลให้กุ้งการ์ตูนเพศผู้ที่ให้กินดาวทรายได้รับสารอาหารไม่เพียงพอและตายในระยะต่อมา ถึงแม้ว่ากุ้งการ์ตูนที่กินอาหารมีชีวิตทุกชนิดมีน้ำหนักตัวเพิ่มขึ้นเฉลี่ยต่อ 1 กรัมน้ำหนักตัวไม่แตกต่างกันทางสถิติ ($p \leq 0.05$) แสดงว่ากุ้งการ์ตูนใช้ประโยชน์จากอาหารเหล่านี้ได้ไม่ต่างกัน แต่กุ้งการ์ตูนทุกชุดการทดลองมีการเจริญเติบโตลดลงเมื่อกุ้งเจริญเข้าสู่วัยเจริญพันธุ์ (อายุ 5 เดือนขึ้นไป) ซึ่งเห็นได้จากน้ำหนักตัวเพิ่มขึ้นเฉลี่ยและความยาวลำตัวเพิ่มขึ้นเฉลี่ยของกุ้งการ์ตูนลดลง สอดคล้องกับรายงานวิจัยของ Chokley and Mary (2003) ศึกษาผลของขนาดลำตัว (body size) ต่อการเจริญเติบโต การรอดตายและการเจริญพันธุ์ของกุ้งพยาบาล banded coral shrimp, *Stenopus hispidus* ในธรรมชาติ ซึ่งพบว่าเมื่อกุ้ง *S. hispidus* มีการจริญเติบโตมากขึ้นและมีขนาดของลำตัวเพิ่มมากขึ้น กุ้งชนิดนี้มีความถี่ในการลอกคราบและมีการเจริญเติบโตลดลง

กุ้งการ์ตูนระยะวัยรุ่นที่ให้กินดาวทรายทุกวันมีการเพิ่มของน้ำหนักตัวต่ำกว่ากุ้งการ์ตูนเพศเมียที่ให้กินดาวแดงทุกวัน นอกจากนี้กุ้งการ์ตูนเพศผู้ที่ให้กินดาวทรายทุกวันตาย 1 ตัว ในระยะแรกของการทดลองและไม่พบกุ้งการ์ตูนที่เลี้ยงด้วยดาวทรายตายเพิ่มอีก และเมื่อสิ้นสุดการทดลอง กุ้งการ์ตูนที่ให้กินดาวแดงทุกวันและกุ้งการ์ตูนที่ให้กินดาวทรายทุกวันมีการเจริญเติบโตไม่แตกต่างกัน แสดงว่าสามารถใช้ดาวทรายเลี้ยงกุ้งการ์ตูนโดยการให้กินทุกวันเพื่อทดแทนดาวแดงได้ แต่ไม่ควรใช้เลี้ยงในกุ้งขนาดเล็กเกินไปและไม่ควรใช้ดาวทรายเป็นอาหารเพียงชนิดเดียวในระยะเวลานาน

เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพการใช้อาหารในการเลี้ยงกุ้งการ์ตูนและลดต้นทุนการผลิต ในการศึกษาครั้งนี้ทำการศึกษาวิธีการเลี้ยงกุ้งการ์ตูนโดยให้กุ้งการ์ตูนกินดาวทะเลธรรมชาติในปริมาณน้อยแต่ปริมาณที่ให้นั้นเพียงพอต่อการเจริญเติบโตและการสืบพันธุ์ กุ้งการ์ตูนเพศเมียที่ให้กินดาวแดง 1 สัปดาห์ งด 1 สัปดาห์และกุ้งการ์ตูนที่ให้กินดาวทรายทุกวัน 1 สัปดาห์ งด 1 สัปดาห์มีน้ำหนักตัวเฉลี่ยต่ำกว่ากุ้งการ์ตูนที่ให้กินดาวแดงทุกวัน นอกจากนี้ กุ้งการ์ตูนที่ให้กินดาวทรายทุกวัน1 สัปดาห์ งด 1 สัปดาห์มีการรอดตายต่ำกว่ากุ้งการ์ตูนที่ให้กินดาวแดงทุกวัน กุ้งการ์ตูนที่ให้กินอาหารสลับกับการอดอาหารมีการเจริญเติบโตลดลงแสดงว่าปริมาณพลังงานจากอาหารที่กุ้งการ์ตูนได้รับจากการกินอาหารในระยะเวลาที่เท่ากับระยะเวลาที่กุ้งการ์ตูนอดอาหารการให้กุ้งการ์ตูนอดอาหารนั้น (ในการทดลองนี้งด 1 สัปดาห์และ

กิน 1 สัปดาห์) ไม่เพียงพอสำหรับกุ้งการ์ตูนที่ให้กินอาหารสลับกับการงดกินอาหารมีการเจริญเติบโตเท่าเทียมกับการเจริญเติบโตของกุ้งการ์ตูนที่กินดาวแดงทุกวัน ดังนั้น วิธีการเลี้ยงกุ้งการ์ตูนโดยการให้กินอาหารสลับกับการให้อดอาหารนั้นสามารถกระทำได้แต่ต้องคำนึงความเหมาะสมของชนิดอาหารที่ให้กินและระยะเวลาในการอดอาหาร ซึ่งระยะเวลาที่เหมาะสมนั้นควรทำการศึกษาต่อไป

การเลี้ยงกุ้งการ์ตูนในการศึกษาครั้งนี้มีจุดประสงค์เพื่อนำไปเป็นกุ้งการ์ตูนพ่อ-แม่พันธุ์ ดังนั้น รูปแบบการเลี้ยงกุ้งการ์ตูนครั้งนี้จึงเป็นการแยกเลี้ยงจับคู่เพศผู้และเพศเมียตู้ละ 1 คู่ ซึ่งการเลี้ยงลักษณะนี้แตกต่างไปจากการเลี้ยงเพื่อการค้าที่ต้องการให้กุ้งการ์ตูนโตเร็วและเลี้ยงจำนวนมากต่อขนาดพื้นที่เลี้ยง จากรายงานพบว่าในธรรมชาติพบกุ้งการ์ตูนขนาดเล็กพบอยู่รวมกันเป็นกลุ่ม (Fosså and Nilsen, 2000) จึงเป็นไปได้ว่ากุ้งการ์ตูนเป็นสัตว์สังคมสามารถเลี้ยงรวมกันได้ ดังนั้น จึงควรศึกษาวิธีการเลี้ยงกุ้งการ์ตูนในอัตราความหนาแน่นต่างกันในกุ้งการ์ตูนระยะวัยรุ่นจนถึงระยะขายสู่ท้องตลาด

การเจริญพันธุ์ของกุ้งการ์ตูน

อาหารที่ใช้เลี้ยงพ่อแม่พันธุ์มีผลโดยตรงต่อการพัฒนาการของไข่และลูกกุ้งการ์ตูนวันอ่อน (Calado ,2008) และวิธีการให้กุ้งการ์ตูนกินอาหารมีชีวิตมีผลต่อการเจริญพันธุ์ของกุ้งการ์ตูนเช่นกัน ในการศึกษานี้ ศึกษาเฉพาะการเจริญพันธุ์ในกุ้งการ์ตูนเพศเมีย ซึ่งพบว่ากุ้งการ์ตูนเพศเมียที่ให้กินดาวแดงทุกวัน ให้กินดาวทรายทุกวันและให้กินดาวแดงทุกวัน 1 สัปดาห์ งด 1 สัปดาห์มีไข่ที่สมบูรณ์และพัฒนาการเป็นลูกกุ้งวัยอ่อนพร้อมฟักเป็นตัวได้ กุ้งการ์ตูนที่ให้กินดาวทะเลทั้ง 3 วิธีนี้เริ่มวางไข่เมื่อมีน้ำหนักตัวมากกว่า 1 กรัมขึ้นไป กุ้งการ์ตูนที่ใช้ทดลองครั้งนี้เป็นกุ้งที่เกิดจากการเพาะเลี้ยงและขนาดของกุ้งการ์ตูนเพศเมียเริ่มวางไข่มีขนาดใกล้เคียงกับกุ้งการ์ตูนเพศเมียที่ได้จากธรรมชาติคือ 1.25 กรัม (ธรรมศักดิ์ 2555) แต่ในการศึกาครึ้งนี้ กุ้งการ์ตูนเริ่มวางไข่เมื่ออายุ 5-5.5 เดือนโดยกุ้งการ์ตูนเพศเมียที่ให้กินดาวแดงทุกวัน 1 สัปดาห์ งด 1 สัปดาห์ วางไข่ช้ากว่ากุ้งการ์ตูนที่ให้กินดาวทะเลทุกวันซึ่งเป็นผลต่อเนื่องมาจากกุ้งการ์ตูนเพศเมียที่ให้กินดาวแดงสลับกับการงดให้กินดาวแดงมีการเจริญเติบโตช้ากว่ากุ้งการ์ตูนเพศเมียที่กินดาวแดงทุกวันและให้กินดาวทรายทุกวัน แสดงว่าการเจริญพันธุ์ของกุ้งการ์ตูนขึ้นกับความสมบูรณ์ของกุ้งการ์ตูนมากกว่าขึ้นกับอายุกุ้งการ์ตูนซึ่งเห็นได้จากจำนวนลูกกุ้งการ์ตูนแรกฟักเพิ่มมากขึ้นเมื่อกุ้งการ์ตูนมีขนาดใหญ่ขึ้น สอดคล้องกับการรายงานในกุ้งพยาบาล *S. hipidus* พบว่าขนาดของกุ้งเพศเมียมีสัมพันธ์ทางบวกกับปริมาณไข่และจำนวนไข่ (Chockley and Mary, 2003) ในการศึกษาครั้งนี้ใช้จำนวนลูกกุ้งการ์ตูนแรกฟักเป็นตัวแทนของปริมาณไข่กุ้งการ์ตูนเนื่องจากพบว่าปริมาณของไข่ที่เหลือในฝักไข่มีเพียงเล็กน้อยหรือแทบไม่พบเลยหลังจากลูกกุ้งฟักเป็นตัว และปริมาณลูกกุ้งการ์ตูนแรกฟักจากการ

วางไข่สองครั้งแรกที่เกิดจากกุ้งการ์ตูนเพศเมียที่ให้กินดาวแดงหรือดาวทรายทุกวันหรือการให้กินดาวแดง 1 สัปดาห์ งด 1 สัปดาห์มีประมาณ 1000 ตัว ซึ่งจำนวนลูกกุ้งแรกฟักในการวางไข่ครั้งที่สามเพิ่มขึ้นมากกว่า 1000 ตัว โดยเฉพาะลูกกุ้งการ์ตูนที่เกิดจากกุ้งการ์ตูนเพศเมียที่ให้กินดาวแดงทุกวัน ซึ่งจำนวนลูกกุ้งแรกฟักที่เกิดจากพ่อแม่พันธุ์ในการศึกษาครั้งนี้ไม่แตกต่างจากรายงานของ Sean (2010) รายงานไว้ว่ากุ้งการ์ตูนเพศเมียที่เลี้ยงในที่กักขังและให้กินดาวแดงสามารถวางไข่ครั้งละ 100-5,000 ฟอง ซึ่งจำนวนไข่มีปริมาณเท่าใดขึ้นกับอาหารที่ให้กิน (Fossså and Nilsen, 2000)

จากการศึกษาครั้งนี้ การให้กุ้งการ์ตูนกินอาหารโดยวิธีการให้กินดาวทะเลทุกวันหรือวิธีการให้กินอาหารสลับกับการงดอาหารมีผลกระทบโดยตรงต่อพ่อแม่พันธุ์กุ้งการ์ตูนและมีผลต่อเนื่องมาถึงพัฒนาการของไข่กุ้ง กุ้งการ์ตูนที่ให้กินดาวทรายทุกวัน 1 สัปดาห์ งด 1 สัปดาห์ ไม่สามารถมีไข่ที่มีพัฒนาการเป็นลูกกุ้งพร้อมฟักเป็นตัวได้ แต่กุ้งการ์ตูนที่ให้กินดาวแดงทุกวัน ที่ให้กินดาวทรายทุกวัน และที่ให้กินดาวแดงทุกวัน 1 สัปดาห์ งด 1 สัปดาห์ มีไข่ที่พัฒนาการเป็นลูกกุ้งพร้อมฟักเป็นตัวได้ กุ้งการ์ตูนที่ให้กินดาวแดงทุกวัน ให้กินดาวทรายทุกวันและให้กินดาวแดงทุกวัน 1 สัปดาห์ งด 1 สัปดาห์ มีวงรอบพัฒนาการสืบพันธุ์ (reproductive cycle) นับจากวันที่กุ้งการ์ตูนลอกคราบ ผสมพันธุ์ จนกระทั่งลูกกุ้งการ์ตูนฟักเป็นตัวเท่ากันคือ กุ้งการ์ตูนแม่พันธุ์ลอกคราบหลังวางไข่ประมาณ 2 วันและมีพัฒนาการของไข่ประมาณ 14 วัน ดังนั้น กุ้งการ์ตูนเพศเมียจึงวางไข่ทุกๆ 16 วัน ใกล้เคียงกับรายงานของ Sean (2010) รายงานว่ากุ้งการ์ตูนวางไข่ทุกๆ 16-18 วัน นอกจากนี้ กุ้งการ์ตูนที่ทดลองครั้งนี้เป็นกุ้งการ์ตูนที่ได้จากการเพาะเลี้ยงในที่กักขัง มีการเจริญพันธุ์ไม่ต่างจากกุ้งการ์ตูนธรรมชาติ ดังรายงานของ ธรรมศักดิ์ (2555) รายงานว่ากุ้งการ์ตูนลอกคราบหลังจากวางไข่ 1-2 วันและกุ้งการ์ตูนผสมพันธุ์หลังจากลอกคราบประมาณ 2 ชั่วโมง หลังจากนั้นไข่เคลื่อนตัวจากรังไข่มายังหน้าท้องภายในระยะเวลา 2 ชั่วโมง เมื่อเปรียบเทียบวงจรการวางไข่ของกุ้งการ์ตูนจากการศึกษาครั้งนี้กับกุ้งทะเลสวยงามชนิดอื่นๆ พบว่ากุ้งทะเลสวยงามชนิด *Lysmata amboinensis* (De Mann, 1888) มีวงรอบการสืบพันธุ์ (reproductive cycle) ประมาณ 14 วัน (Cunha et al, 2008) และกุ้งพยาบาลชนิด *Stenopus hipidus* มีระยะเวลาในการพัฒนาการของไข่จนกระทั่งฟักเป็นตัว 16 วัน (Chockley and Mary, 2003)

ปัจจัยสิ่งแวดล้อม เช่น อุณหภูมิ อาหาร ความลึกของน้ำทะเล มีผลต่อผลผลิตของสัตว์น้ำกลุ่มกุ้ง กั้ง ปู เช่นกัน (Annala and Bycroft, 1988; Chen and Kennelly, 1999; Hartnoll, 2001 อ้างโดย Chockley and Mary, 2003) ในการทดลองครั้งนี้ กุ้งการ์ตูนมีการวางไข่อย่างต่อเนื่องสม่ำเสมอ เมื่อเลี้ยงในตู้ที่มีอุณหภูมิน้ำระหว่าง 27-28 องศาเซลเซียส แต่กุ้งการ์ตูนทุกชุดการทดลองหยุดการวางไข่เมื่ออุณหภูมิลดลงต่ำกว่า 25°C ซึ่งในการศึกษาครั้งนี้คือช่วงปลายเดือนธันวาคมถึงเดือนมกราคม จึง

พอสรุปได้ว่ากุ้งการ์ตูนที่เลี้ยงในที่กักขังสามารถสืบพันธุ์วางไข่ตลอดปีเมื่อเลี้ยงในน้ำที่มีอุณหภูมิไม่ต่ำกว่า 25 $^{\circ}$C เช่นเดียวกับกุ้ง caridean ในธรรมชาติชนิด*Gnathophylloides mineri* ที่มีพัฒนาการระบบสืบพันธุ์ (reproduction) ตลอดปี (Macia and Robinson,2012)