

ผลของระดับการเพาะเลี้ยงไรแดง (*Moina macrocopa*) ความหนาแน่นสูงโดยการใช้สาหร่าย คลอเรลล่าผงเป็นแหล่งอาหารต่อประสิทธิภาพการเจริญเติบโต

The Effect of High Level Stocking Density of *Moina* (*Moina macrocopa*) Fed with Dried *Chlorella* sp. Powder as a Food Source on Growth Performance

ธนากร ทราเจริญ^{1*} พงศ์เชษฐ พิชิตกุล¹ อิศริยา วุฒิสินธุ์¹ และสุริยัน ธัญกิจจานุกิจ¹
Thanakon Tharajaroen^{1*}, Phongchate Pichitkul¹, Idsariya Wudtisinn¹ and Suriyan Tungkijjanukij¹

บทคัดย่อ

การศึกษานี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาการเพาะเลี้ยงไรแดงที่ระดับความหนาแน่นสูงโดยการใช้สาหร่ายคลอเรลล่าผงเป็นแหล่งอาหารภายใต้ระบบการเลี้ยงแบบหนาแน่นที่มีการจัดการคุณภาพน้ำ และการให้อาหารแบบต่อเนื่องตลอดช่วงการทดลอง โดยทำการศึกษาอัตราการปล่อยไรแดง 2 ระดับคือ 0.2 กรัม/ลิตร (1,655.56±19.24 ตัว/ลิตร) และ 0.5 กรัม/ลิตร (2,844.44±19.24 ตัว/ลิตร) ทดลองเพาะเลี้ยงไรแดงในถังทดลองขนาด 2,000 ลิตร ที่มีการจัดการคุณภาพน้ำและการให้อาหารแบบอัตโนมัติ โดยจัดชุดการทดลองแบบสุ่มสมบูรณ์ จำนวน 3 ชุด และมีอัตราการให้อาหารด้วยสาหร่ายคลอเรลล่าผง ที่ระดับ 0.2 กรัม/ลิตร ตลอดช่วงการทดลอง ผลการศึกษาพบว่าไรแดงทั้งสองชุดการทดลองมีอัตราการเพิ่มจำนวนตัวสูงสุดในเวลา 48 ชั่วโมงเท่ากับ 4,322.22±126.11 และ 7,233.34±33.35 ตัว/ลิตร ตามลำดับ และมีแนวโน้มลดลงจนกระทั่งสิ้นสุดการทดลองในเวลา 96 ชั่วโมง อัตราการเพิ่มขึ้นของประชากรต่อวัน ร้อยละของของประชากรไรแดงเกิดใหม่ และการเพิ่มจำนวนไรแดงทั้งหมดมีค่าไม่แตกต่างกันทางสถิติ ($P>0.05$) นอกจากนี้ยังพบว่าการเพาะเลี้ยงไรแดงในระบบดังกล่าวยังสามารถควบคุมค่าคุณภาพน้ำให้มีค่าอยู่ในระดับปกติเหมาะสมต่อการเจริญเติบโตและการขยายพันธุ์ของไรแดง ผลการศึกษานี้จึงเป็นแนวทางในการวางแผนการผลิตไรแดงให้มีประสิทธิภาพและมีคุณภาพต่อไปในอนาคต

คำสำคัญ: ไรแดง สาหร่ายคลอเรลล่าผง การเพาะเลี้ยงไรแดงความหนาแน่นสูง อัตราการปล่อย

Abstract

The objective of this research was to study the effects of high density of *Moina* (*Moina macrocopa*) culture system fed with dried *Chlorella* powder as a food source. The experiments were conducted in 2 levels of stocking density of *Moina* [0.2 (1,655.5±19.2 individual/L), 0.5 (2,844.4±19.2 individual/L) g/l (wet weight)] in 2,000 liter cultural tanks that had automated water quality and feed adjustment. The experiment were arranged into Complete Randomized Design (CRD) with three replications. Dried *Chlorella* powder at 0.2 g/l was used throughout the experimental period. The results showed that the maximum numbers of *Moina* were displayed in both experiments within a 48-hour culture period (4,322.22±126.11 and 7,233.34±33.35 individual/L respectively). The rate of population increase and percentage of new population were not statistically different ($P>0.05$). Moreover, this system can control the water quality at a suitable level for the growth and reproduction of *Moina*. Thus, the results of this study can be applied for *Moina* production planning in order to increase the biomass and quality of *Moina* in the future.

Keyword: *Moina*, dried *Chlorella* sp. powder, high density *Moina* culture system, stocking density

¹ภาควิชาเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำ คณะประมง มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ เลขที่ 50 ถนนงามวงศ์วาน แขวงลาดยาว เขตจตุจักร กรุงเทพฯ 10900

¹Department of Aquaculture, Faculty of Fisheries, Kasatsart University 50 Ngamwongwan Rd, Chatuchak Bangkok 10900 Thailand

*Corresponding author, Email: thanakon.t@ku.th

คำนำ

ปัจจัยที่มีความสำคัญประการหนึ่งซึ่งเป็นข้อจำกัดของการเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำให้ประสบความสำเร็จก็คือการเตรียมอาหารสัตว์น้ำวัยอ่อนที่มีปริมาณและคุณภาพให้เพียงพอต่อความต้องการของอุตสาหกรรมการผลิตสัตว์น้ำ (Arimoro, 2006) แต่อย่างไรก็ตาม ในปัจจุบันการผลิตอาหารสัตว์น้ำวัยอ่อนดังกล่าวยังมีข้อจำกัดอยู่หลายประการ เช่น การควบคุมคุณภาพและปริมาณของอาหารสัตว์น้ำวัยอ่อนให้มีความคงที่โดยเฉพาะในช่วงที่สภาพภูมิอากาศแปรปรวนและนอกจากนี้ยังประสบปัญหาการปนเปื้อนของเชื้อจุลินทรีย์ก่อโรคที่มาจากกระบวนการเพาะเลี้ยงได้เช่นกัน ตัวอย่างเช่น การผลิตไรแดง การผลิตหนอนแดง และการผลิตโรติเฟอร์ เป็นต้น (Lamaisee and Areechod, 2005)

ไรแดง (*Moina macrocopa*) เป็นแพลงก์ตอนสัตว์ขนาดเล็กไม่มีกระดูกสันหลังในกลุ่ม crustacean มีขนาดเล็กประมาณ 0.4-1.8 มิลลิเมตร ไรแดงถือได้ว่าเป็นอาหารมีชีวิตที่มีความสำคัญและนิยมนำมาใช้ในการอนุบาลลูกสัตว์น้ำวัยอ่อนที่มีมูลค่าทางเศรษฐกิจทั้งลูกสัตว์น้ำจืดและลูกสัตว์น้ำเค็ม เช่น ปลาดุก ปลาแรด ปลากะพงขาว และกุ้งก้ามกราม เป็นต้น นอกจากนี้ยังรวมถึงปลาสร้อยงามอีกหลายชนิด (Islam et al., 2017) เนื่องจากไรแดง มีสารอาหารที่เหมาะสมต่อการเจริญเติบโตของสัตว์น้ำวัยอ่อน ส่งผลให้สัตว์น้ำวัยอ่อนมีการเจริญเติบโตดีและมีอัตราการรอดตายสูง (Rottmann et al., 2016) ในอดีตการเก็บรวบรวมไรแดงนิยมเก็บเกี่ยวจากแหล่งน้ำธรรมชาติหรือโรงฆ่าสัตว์ แต่พบว่าไรแดงที่เก็บรวบรวมได้มีคุณภาพและปริมาณไม่สม่ำเสมอโดยจะขึ้นอยู่กับช่วงเวลาและฤดูกาลเป็นสำคัญ อีกทั้งยังเป็นพาหะนำโรคมาสู่สัตว์น้ำวัยอ่อนได้อีกด้วย จึงทำให้การอนุบาลลูกสัตว์น้ำวัยอ่อนไม่ประสบความสำเร็จเท่าที่ควรและยังเป็นอุปสรรคต่อการพัฒนาระบบการเพาะเลี้ยงและการอนุบาลลูกสัตว์น้ำวัยอ่อนตามมาในที่สุด

ในปัจจุบันการผลิตไรแดงนิยมทำการผลิตในระบบการเก็บเกี่ยวแบบครั้งเดียว (batch culture) โดยใช้แพลงก์ตอนพืชแบบสดหรือน้ำเขียวเป็นแหล่งอาหาร แต่อย่างไรก็ตามการผลิตไรแดงด้วยระบบดังกล่าว ถึงแม้ว่าจะเป็นที่ยอมรับกันอย่างแพร่หลายในโรงเพาะฟักสัตว์น้ำแต่ก็มีข้อจำกัดในเรื่องปริมาณผลผลิตที่ไม่สามารถทำการผลิตได้ในระดับความหนาแน่นที่สูงเนื่องจากปัญหาการเปลี่ยนแปลงของคุณภาพน้ำในระหว่างการเลี้ยง และนอกจากนี้ยังมีข้อจำกัดในการเตรียมแพลงก์ตอนพืชให้มีปริมาณเพียงพอต่อความต้องการ ซึ่งจะต้องใช้พื้นที่และแรงงานจำนวนมากในขั้นตอนดังกล่าว (มนทกานติ ท้ามตัน และคณะ, 2551) จากสาเหตุดังกล่าวจึงทำให้เกิดปัญหาการจัดเตรียมไรแดงไม่เพียงพอต่อการนำมาอนุบาลลูกสัตว์น้ำในที่สุด (Dhert et al., 2001) เพื่อเป็นการแก้ปัญหาการผลิตไรแดงในข้างต้น จึงได้มีการศึกษาการใช้สาหร่ายคลอเรลล่าเพื่อใช้เป็นแหล่งอาหารของไรแดงทดแทนการใช้แพลงก์ตอนพืชแบบสด จากผลการศึกษาดังกล่าวแสดงให้เห็นว่าการใช้สาหร่ายคลอเรลล่าผงที่ระดับ 0.2 กรัม/ลิตร โดยมีอัตราการปล่อยไรแดง 0.2 กรัม/ลิตร สามารถนำมาใช้ในการผลิตไรแดงในห้องปฏิบัติการได้เป็นผลสำเร็จ (ธัชพล การะเกตุ และคณะ, 2561) ดังนั้นการศึกษานี้จึงมุ่งเน้นเพื่อศึกษาความเป็นไปได้ในการเพาะเลี้ยงไรแดงในระบบการเลี้ยงความหนาแน่นสูงที่มีการให้อาหารด้วยสาหร่ายคลอเรลล่าผงภายใต้ระบบการเลี้ยงที่มีการควบคุมปัจจัยด้านสิ่งแวดล้อมที่ส่งผลต่อการเจริญเติบโตของไรแดง โดยการทำงานร่วมกับชุดอุปกรณ์เซ็นเซอร์และชุดอุปกรณ์รับส่งสัญญาณ และทำการควบคุมปัจจัยสิ่งแวดล้อมต่าง ๆ ให้อยู่ในระดับที่เหมาะสมต่อการเพาะเลี้ยงไรแดง เพื่อเป็นแนวทางในการยกระดับการผลิตไรแดงแบบมหาวลให้มีความหนาแน่นสูงสุดต่อไปในอนาคต

วิธีการศึกษา

การเตรียมไรแดง

นำพ่อแม่พันธุ์ไรแดงจากศูนย์วิจัยและพัฒนาการเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำจืดราชบุรี จังหวัดราชบุรีมาทำการเลี้ยงในถังไฟเบอร์กลาสขนาด 2,000 ลิตร โดยใช้น้ำที่ผ่านการกรองและพักไว้ในถังเก็บน้ำ เพื่อปรับสภาพของไรแดงให้เข้ากับสภาพการทดลองโดยใช้สาหร่ายคลอเรลล่าผงเป็นแหล่งอาหาร โดยมีการจัดการคุณภาพน้ำในด้านต่าง ๆ ให้อยู่ในระดับที่เหมาะสมต่อการเจริญเติบโตของไรแดง

การเตรียมสาหร่ายคอลเรลล่าผง

สาหร่ายคอลเรลล่าผงที่ใช้ในการทดลองครั้งนี้นำเข้ามาจากบริษัท Shaanix Aoji Biotechnology Co., Ltd. ประเทศจีน ซึ่งมีระดับของโปรตีนร้อยละ 55 ความชื้นร้อยละ 8 ไขมันร้อยละ 12 เยื่อใยร้อยละ 5 เถ้าร้อยละ 17 และคาร์โบไฮเดรตร้อยละ 12 ตามลำดับ โดยวิธีการทำให้แห้งแบบพ่นฝอย (spray dryer)

การวางแผนการทดลอง

การศึกษาประสิทธิภาพของระบบการผลิตไรแดงความหนาแน่นสูง โดยใช้สาหร่ายคอลเรลล่าผงเป็นแหล่งอาหารและมีการควบคุมปัจจัยด้านสิ่งแวดล้อมที่มีผลต่อการเจริญเติบโตของไรแดง โดยทำการเลี้ยงร่วมกับชุดเซนเซอร์ตรวจวัดคุณภาพน้ำและอุปกรณ์ชุดรับส่งสัญญาณแบบออนไลน์ โดยทำการปรับค่าออกซิเจนละลายและปริมาณอาหาร ให้อยู่ในระดับที่เหมาะสมผ่านอุปกรณ์ระบบอัตโนมัติแบบออนไลน์ (Internet of Things; IoT) การทดลองในครั้งนี้จัดชุดการทดลองแบบสุ่มสมบูรณ์ (complete randomized design; CRD) ทำการทดลองเพื่อศึกษาแนวทางการเพิ่มความหนาแน่นในการปล่อยพ่อแม่พันธุ์ไรแดงลงในระบบการเลี้ยง โดยแบ่งออกเป็นทำการทดลองจำนวน 2 ชุดการทดลอง (การทดลองชุดละ 3 ซ้ำ) ตามระดับการปล่อยพ่อแม่พันธุ์ไรแดงเริ่มต้น ดังนี้

ชุดการทดลองที่ 1 ความหนาแน่นของไรแดงพ่อแม่พันธุ์ที่ระดับ 0.2 กรัม/ลิตร เป็นตัวแทนชุดการทดลองของระดับการปล่อยพ่อแม่พันธุ์ไรแดงที่ทำการเลี้ยงด้วยสาหร่ายคอลเรลล่าผงที่เหมาะสมและให้ผลผลิตไรแดงมากที่สุดในระดับห้องปฏิบัติการตามวิธีการศึกษาของรัชพล กระเกตุ และคณะ (2561)

ชุดการทดลองที่ 2 ความหนาแน่นของไรแดงพ่อแม่พันธุ์ที่ระดับ 0.5 กรัม/ลิตร เป็นตัวแทนชุดการทดลองเพิ่มระดับอัตราการปล่อยพ่อแม่พันธุ์ไรแดงที่ระดับสูงขึ้นไปเพื่อศึกษาการประสิทธิภาพของระบบการเลี้ยงที่พัฒนาขึ้น

การเพาะเลี้ยงไรแดง

ระบบการเลี้ยงไรแดงความหนาแน่นสูง

ถังเลี้ยงเป็นถังพลาสติกทรงกลมปริมาตร 2,000 ลิตร ภายในถังเลี้ยงมีระบบทำความสะอาดขบถัดด้านใน (cleaning arm) สามารถปรับความเร็วและช่วงเวลาทำความสะอาดได้ ระบบการเลี้ยงมีระบบทางน้ำเข้าจากถังพักน้ำ และมีทางน้ำออกที่สามารถปรับอัตราการไหลออกของน้ำได้ในหน่วยลิตร/ชั่วโมง นอกจากนี้ที่ขบถัดด้านในยังติดตั้งแผ่นทำความสะอาด (filter mat) เพื่อดักจับสารอินทรีย์แขวนลอยที่เกิดขึ้นในระบบ

ระบบน้ำ น้ำที่ใช้ในการเลี้ยงเป็นน้ำที่ผ่านการฆ่าเชื้อ และผ่านการกรองน้ำผ่านถุงกรองขนาดตา 5 และ 1 ไมครอนตามลำดับ จากนั้นจึงทำการนำน้ำผ่านระบบกรองคาร์บอน (carbon filter) จึงนำมาเก็บในถังพักน้ำก่อนนำไปทำการทดลอง

การจัดการระหว่างการเลี้ยง

อุณหภูมิ (temperature) ควบคุมอุณหภูมิภายในระบบการเลี้ยงให้มีค่าอยู่ในช่วง 25-30 องศาเซลเซียส ตลอดช่วงของการเลี้ยง โดยการควบคุมอุณหภูมิด้วยเครื่องควบคุมอุณหภูมิ (heater)

ออกซิเจนละลาย (dissolved oxygen) ควบคุมระดับค่าออกซิเจนละลายภายในระบบการเลี้ยงให้มีค่ามากกว่า 4 มิลลิกรัม/ลิตร ตลอดช่วงของการเลี้ยง โดยการควบคุมปริมาณออกซิเจนละลายด้วยเซ็นเซอร์ (sensor) และทำการเติมแก๊สออกซิเจนบริสุทธิ์ลงในน้ำด้วยชุดอุปกรณ์ควบคุมการจ่ายออกซิเจนแบบอัตโนมัติจนถึงระดับในช่วง 4-7 มิลลิกรัม/ลิตร

อัตราการไหลของน้ำ (water flow) ควบคุมอัตราการไหลผ่านของน้ำในระบบการเลี้ยงให้อยู่ในช่วงร้อยละ 15-20 ของระบบตลอดช่วงการทดลอง เพื่อเป็นการลดการสะสมของสารอินทรีย์ในรูปสารพิษ ที่อัตราการไหลของน้ำเท่ากับ 20 ลิตร/นาที่

การจัดการอาหาร อาหารที่ใช้ในการเลี้ยงตลอดช่วงการทดลองโดยใช้สาหร่ายผงคลอเรลล่าผงที่ระดับ 0.2 กรัม/ลิตร ด้วยปั๊มจ่ายสารละลาย (dosing pump) โดยจะทำการประเมินระดับของสาหร่ายคลอเรลล่าผงในระบบการเลี้ยงให้มีค่าคงที่ตลอดช่วงการทดลองด้วยการวัดค่าความเข้มแสง (optical density, O.D.) โดยใช้เครื่องมือวัดค่าการดูดกลืนแสง (spectrophotometer) วันละ 2 ครั้งในเวลาช่วงเช้าและเย็น ซึ่งจะมีค่าความขุ่น O.D. เท่ากับ 42 ตลอดช่วงการทดลอง

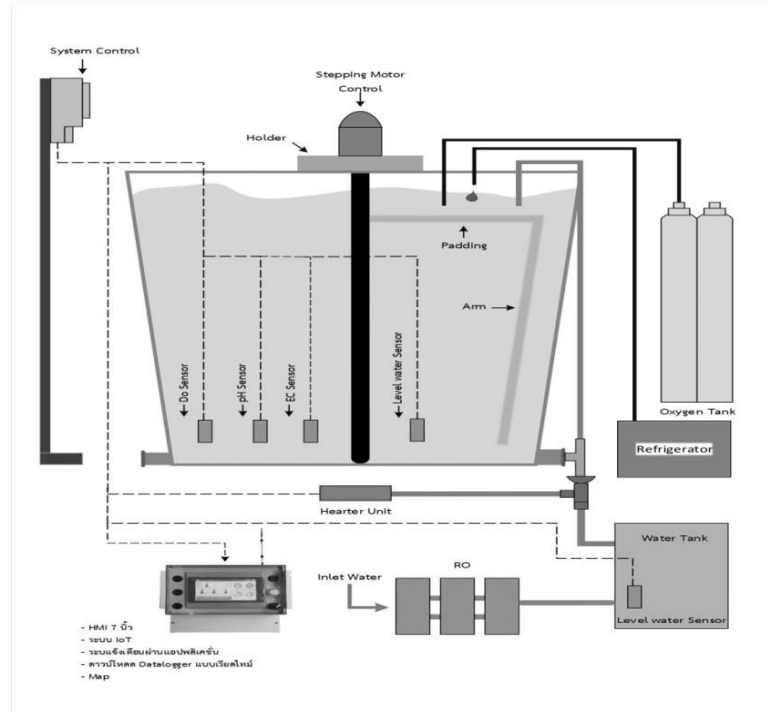


Figure 1 Schematic diagram of a high density *Moina* culture system with sensors.

การเก็บข้อมูลและการวิเคราะห์ผลทางสถิติ

การสุ่มนับจำนวน ทำการสุ่มนับจำนวนไรแดงตลอดช่วงการทดลองวันละ 2 ครั้งในช่วงเช้าและเย็น โดยทำการสุ่มเก็บน้ำปริมาตร 100 มิลลิลิตร จำนวน 3 ตำแหน่งคือ บริเวณผิวน้ำ กลางน้ำ และพื้นบ่อทดลอง ตามลำดับ นับจำนวนไรแดงภายใต้กล้องจุลทรรศน์สเตอริโอไมโครสโคป (stereo microscope) เพื่อหาค่าเฉลี่ยจำนวนตัวต่อลิตร และบันทึกผลจำนวนตัวของไรแดงรุ่นที่เกิดขึ้นใหม่ และนำข้อมูลมาใช้ในการคำนวณอัตราการให้อาหารและศึกษาอัตราการเจริญเติบโตการเพิ่มจำนวนของไรแดง ดังนี้ อัตราการเพิ่มขึ้นของประชากร (rate of population increase, r) ตามสูตร คือ $r = (\ln N_t - \ln N_0) / t$ เมื่อ N_t คือ จำนวนไรแดงสุดท้าย, N_0 คือจำนวนไรแดงเริ่มต้น และ t คือจำนวนวันในการเลี้ยง

การตรวจวัดคุณภาพน้ำ ทำการตรวจวัดค่าคุณภาพน้ำที่มีความสำคัญต่อระบบการเลี้ยงวันละ 2 ครั้งเวลา 9.00 น. และ 17.00 น. ได้แก่ ปริมาณแอมโมเนียรวม (total ammonia nitrogen, TAN) และไนไตรท์ (nitrite) ความเป็นด่าง (alkalinity) และความกระด้าง (hardness) ด้วยเทคนิคการวิเคราะห์ในห้องปฏิบัติการ (Baird et al., 2015)

การวิเคราะห์ผลทางสถิติ

นำผลการศึกษา ได้แก่ อัตราการเพิ่มขึ้นของประชากรต่อวัน ร้อยละของของประชากรไรแดงเกิดใหม่ และการเพิ่มจำนวนไรแดงทั้งหมด มาวิเคราะห์ความแปรปรวนของข้อมูลทั้งหมดด้วยวิธี independent sample t test ที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 โดยใช้โปรแกรม SPSS version 27 (IBM Corp.)

ผลการศึกษาและวิจารณ์

การเจริญเติบโตของไรแดง

ผลการเลี้ยงไรแดงด้วยสาหร่ายคลอเรลล่าผงที่อัตราการปล่อยฟอแมพันธุ์ไรแดงเริ่มต้นที่ระดับ 0.2 และ 0.5 กรัม/ลิตร พบว่าไรแดงทั้งสองชุดการทดลองมีแนวโน้มที่เพิ่มอย่างรวดเร็ว โดยมีจำนวนตัวสูงสุดในเวลา 48 ชั่วโมง หรือวันที่ 2 ของการทดลอง โดยมีการเพิ่มจำนวนตัวเฉลี่ยสูงสุดเท่ากับ $4,322.22 \pm 126.11$ และ $7,233.34 \pm 33.35$ ตัว/ลิตร ตามลำดับ (Figure 2) ผลจากการศึกษาในครั้งนี้สอดคล้องกับผลการศึกษาของ ธัชพล การะเกตุ และคณะ (2561) ที่รายงานว่าผลของการเลี้ยงไรแดงด้วยสาหร่ายคลอเรลล่าผงในอัตราการปล่อยฟอแมพันธุ์ไรแดงเริ่มต้นเท่ากับ 0.2 กรัม/ลิตร จะมีอัตราการเพิ่มจำนวนประชากรไรแดงสูงสุดในระยะเวลา 2 วัน และนอกจากนี้ยังพบว่าผลการศึกษาในครั้งนี้แตกต่างกับผลการศึกษาของ Sipaub-Tavarez et al. (2017) ที่รายงานว่า การเลี้ยงไรแดงด้วยสาหร่ายคลอเรลล่ามีชีวิต (*Chorella* sp.) ที่ระดับความหนาแน่นของเซลล์ 4×10^6 เซลล์/มิลลิลิตร จะมีการเพิ่มจำนวนไรแดงสูงสุดส่วนใหญ่ในวันที่ 3-5 ในการเลี้ยงซึ่งจะขึ้นอยู่กับชนิดของไรแดง

การที่ไรแดงที่ทำการเลี้ยงด้วยสาหร่ายคลอเรลล่ามีชีวิตหรือน้ำเขียวมีช่วงเวลาของการเพิ่มจำนวนที่ยาวนานกว่าไรแดงที่ทำการเลี้ยงด้วยสาหร่ายคลอเรลล่าผง กล่าวคือใช้ระยะเวลาอย่างน้อย 72 ชั่วโมง หรือ 3 วันของการเลี้ยง อาจเป็นผลมาจากการใช้สาหร่ายคลอเรลล่ามีชีวิตจะส่งผลต่ออัตราการขยายพันธุ์ของไรแดงในช่วงแรกของการเพิ่มจำนวน เนื่องจากไรแดงเกิดความเครียดจึงทำให้ไรแดงปรับตัวเข้ากับสภาวะในการเจริญเติบโตได้ช้ากว่าการเลี้ยงโดยใช้สาหร่ายคลอเรลล่าผง นอกจากนี้การใช้สาหร่ายคลอเรลล่ามีชีวิตจะทำให้ปริมาณแอมโมเนียเพิ่มสูงขึ้นกว่าการใช้สาหร่ายคลอเรลล่าผง เนื่องจากในขั้นตอนการขยายพันธุ์สาหร่ายคลอเรลล่ามีชีวิตจะมีการใช้ปุ๋ยเคมีเพื่อเป็นแหล่งอาหารและในระบบการเลี้ยงจะมีการสะสมของสารอินทรีย์ที่เป็นพิษมากขึ้นจากการตายของสาหร่าย (Sarma et al., 2002) นอกจากนี้การใช้สาหร่ายคลอเรลล่ามีชีวิตอาจมีการปนเปื้อนของโปรโตซัวและแบคทีเรียที่อาจส่งผลยับยั้งอัตราการเจริญเติบโตของไรแดงในช่วงระยะเริ่มต้นของการขยายพันธุ์ได้ (Lamaisse and Areechod, 2005) ประกอบกับกระบวนการผลิตสาหร่ายคลอเรลล่าผงเมื่อสาหร่ายถูกทำให้แห้งจะทำให้ผนังเซลล์ของสาหร่ายคลอเรลล่าเปลี่ยนสภาพและบางลงทำให้ง่ายต่อการย่อยด้วยเอนไซม์ต่าง ๆ (Mostary et al., 2007) อาจเป็นผลให้ไรแดงสามารถนำสารอาหารไปใช้ในการเจริญเติบโตได้ง่ายกว่าการใช้คลอเรลล่าแบบสด

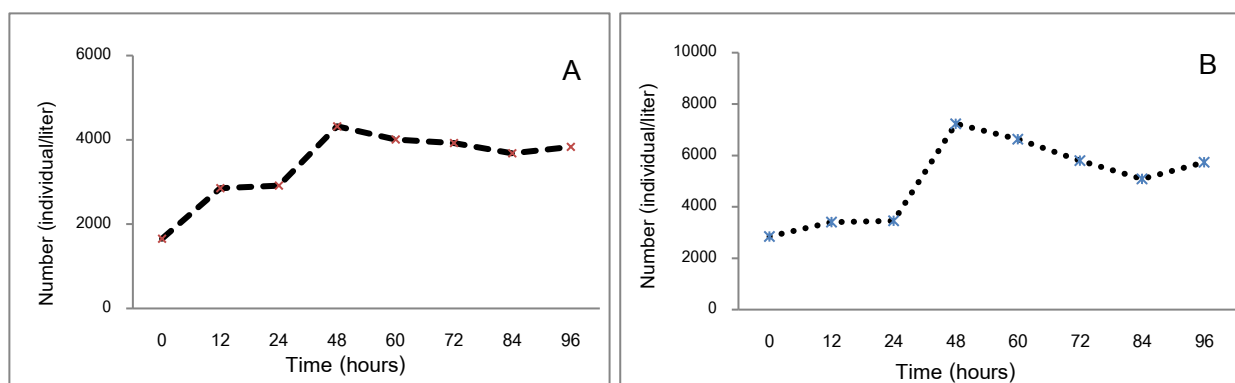


Figure 2 The number of Moina fed with dried *Chlorella* sp. powder with different stocking densities.

(A) 0.2 g/l, (B) 0.5 g/l at 96-hours culture period.

อัตราการเพิ่มจำนวนประชากรไรแดง

ผลการศึกษาอัตราการเพิ่มจำนวนประชากรของไรแดงในทั้งสองชุดการทดลอง พบว่าอัตราการเพิ่มจำนวนประชากรไรแดงทั้งสองชุดการทดลองมีแนวโน้มลดลงตามระยะเวลาในการทดลองโดยจะมีอัตราการเพิ่มจำนวนประชากรสูงสุดในเวลา 24 ชั่วโมง (Table 1) และ (Figure 3) การเปลี่ยนแปลงของอัตราการเพิ่มจำนวนประชากรไรแดงในช่วงระยะเวลา 24 ชั่วโมงของชุดการทดลองที่ 1 และชุดการทดลองที่ 2 มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 0.479 ± 0.013 และ 0.467 ± 0.001 ตัว/วัน ตามลำดับ ซึ่งพบว่าอัตราการเพิ่มจำนวนประชากรไรแดงของทั้งสองชุดการทดลองมีค่าไม่แตกต่างกันทางสถิติ ($P > 0.05$) เมื่อเปรียบเทียบผลจาก

การศึกษาในครั้งนี้พบว่าอัตราการเพิ่มจำนวนประชากรของไรแดงของทั้งสองชุดการทดลองมีค่ามากกว่าผลการศึกษาอัตราการเพิ่มจำนวนประชากรของไรแดงที่เวลา 2 วัน (48 ชั่วโมง) ของ ธัชพล การะเกตุ และคณะ (2561) ที่รายงานว่า การเลี้ยงไรแดงด้วยสาหร่ายคลอเรลล่าผงโดยมีอัตราการปล่อยพ่อแม่พันธุ์ไรแดงที่ระดับ 0.2 กรัม/ลิตร และมีอัตราการให้สาหร่ายคลอเรลล่าผงเป็นอาหารที่ระดับ 0.2 กรัม/ลิตร ซึ่งเท่ากับการทดลองในครั้งนี้ นอกจากนี้เมื่อทำการเปรียบเทียบกับอัตราการเพิ่มจำนวนประชากรของไรแดงจากผลการศึกษาของ สราจิต โกวิทวธิ (2541) ที่รายงานว่า การเลี้ยงไรแดงด้วยแบคทีเรีย (*Bacillus subtilis*) ที่ระดับความขุ่น O.D. เท่ากับ 0.2 โดยมีอัตราการปล่อยพ่อแม่พันธุ์ไรแดงที่ระดับ 0.5-2.5 กรัม/ลิตร พบว่ามีอัตราการเพิ่มจำนวนประชากรของไรแดงใกล้เคียงกับผลการศึกษาในครั้งนี้ ผลจากการศึกษาในครั้งนี้ได้แสดงให้เห็นว่าถึงแม้จะเพิ่มอัตราการปล่อยพ่อแม่พันธุ์ไรแดงให้สูงขึ้นแต่ก็ไม่ส่งผลต่ออัตราการเพิ่มจำนวนประชากรของไรแดง (ตัว/วัน) ให้มีค่าเพิ่มสูงขึ้นตามอัตราการปล่อยพ่อแม่พันธุ์ไรแดงได้ อาจเป็นผลมาจากการที่มีจำนวนประชากรไรแดงเพิ่มขึ้นมากเกินไป (crowded condition) จะส่งผลให้มีการหึ่งและการสะสมของของเสียต่าง ๆ มากขึ้นจะมีผลต่อพฤติกรรมและการกินอาหารจึงอาจเป็นสาเหตุที่ทำให้อัตราการเพิ่มขึ้นของไรแดงมีแนวโน้มที่ลดลงตามระยะเวลาในการเลี้ยง (Din and Altaff, 2010)

Table 1 The rate of population increases of *Moina* (individual/day) at 96-hours culture period.

Time (hours)	Stocking density (g/l)		P-Value
	0.2	0.5	
24	0.519±0.014 ^a	0.561±0.043 ^a	0.185
48	0.479±0.013 ^a	0.467±0.001 ^a	0.171
72	0.238±0.007 ^a	0.241±0.006 ^a	0.583
96	0.210±0.005 ^a	0.219±0.042 ^a	0.720

*The value (Mean±SD) in the same row having different superscripts are significantly different ($P<0.05$).

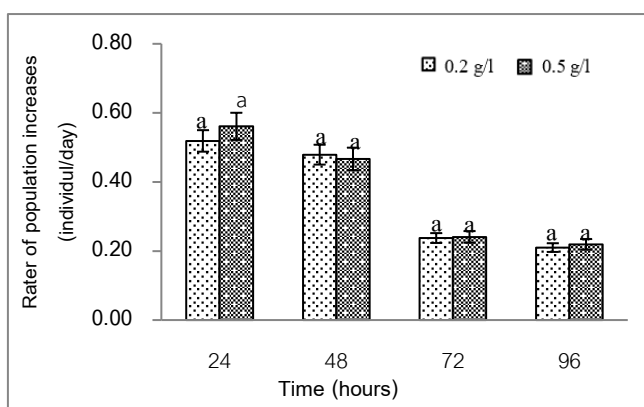


Figure 3 The rate of population increases of *Moina* (individual/day) at 96-hours culture period with 2 levels of stocking density of *Moina*.

*The values with the same letter above the bars were not significantly different ($P>0.05$).

การเพิ่มจำนวนประชากรไรแดง

การเปลี่ยนแปลงประชากรไรแดงที่เกิดขึ้นใหม่

ผลการศึกษาการเปลี่ยนแปลงจำนวนประชากรไรแดงที่เกิดขึ้นใหม่ตลอดช่วงการทดลองพบว่า ชุดการทดลองที่ 1 และชุดการทดลองที่ 2 มีแนวโน้มของการเพิ่มประชากรไรแดงที่เกิดขึ้นใหม่เพิ่มมากขึ้นจนถึงช่วงเวลา 60 ชั่วโมง สอดคล้องกัน

ทั้งสองชุดการทดลอง โดยพบว่ามีย่อยละของการเพิ่มจำนวนไรแดงเกิดใหม่มากที่สุดในเวลา 60 ชั่วโมง มีค่าเฉลี่ยเท่ากับร้อยละ 89.4 ± 7.52 และ 91.3 ± 8.23 ตามลำดับ และพบว่าจะมีแนวโน้มลดลงจนกระทั่งสิ้นสุดการทดลองในเวลา 96 ชั่วโมง ของการทดลอง (Figure 4) เมื่อเปรียบเทียบร้อยละของการเพิ่มจำนวนไรแดงที่เกิดขึ้นใหม่ในทุก ๆ 12 ชั่วโมง ของทั้งสองชุดการทดลอง พบว่ามีค่าไม่แตกต่างกันทางสถิติ ($P > 0.05$) (Figure 5)

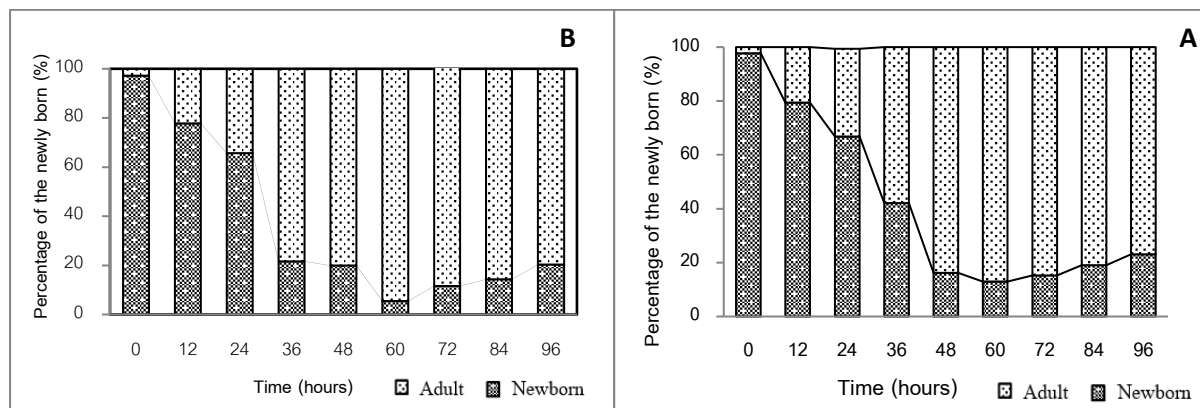


Figure 4 The percentage of the newly born of *Moina* throughout culture period with 2 levels of stocking density (A) 0.2 g/l and (B) 0.5 g/l.

การที่จำนวนไรแดงที่เกิดขึ้นใหม่มีแนวโน้มเพิ่มขึ้นและมีจำนวนตัวของไรแดงเกิดใหม่สูงที่สุดในช่วงเวลา 60 ชั่วโมง อาจเป็นสาเหตุจากไรแดงที่มีอัตราการเกิดอย่างรวดเร็วในช่วงแรกของการทดลองโดยเฉพาะในช่วงเวลา 12-48 ชั่วโมง ที่มีอัตราการเกิดของไรแดงอย่างรวดเร็วจนกระทั่งถึงระดับที่มีความหนาแน่นของประชากรไรแดงสูงที่สุดในช่วงเวลา 60 ชั่วโมง และเริ่มลดจำนวนลงในช่วงเวลา 72-96 ชั่วโมง ตามลำดับ จำนวนประชากรไรแดงในระบบการเลี้ยงของทั้ง 2 ชุดการทดลองจะมีค่าเพิ่มขึ้นตามรอบการเจริญเติบโตของไรแดงในสภาวะที่มีอาหารอุดมสมบูรณ์และอยู่ในสภาพแวดล้อมที่เหมาะสมโดยจะมีการสืบพันธุ์แบบไม่อาศัยเพศ (parthenogenesis) ที่จะเพิ่มจำนวนสูงสุดในเวลา 60 ชั่วโมง (สันทนา ดวงสวัสดิ์ และคณะ, 2524) นอกจากนี้ผลการศึกษานี้สอดคล้องกับการศึกษาของ Okunsebor (2014) ที่รายงานว่าไรแดงสามารถที่จะเจริญเติบโตและเพิ่มจำนวนได้อย่างรวดเร็วในระยะเวลาอันสั้นจนถึงระดับที่มีประชากรของไรแดงมากเกินไปจะส่งผลให้จำนวนประชากรของไรแดงลดลงตามมาในที่สุด

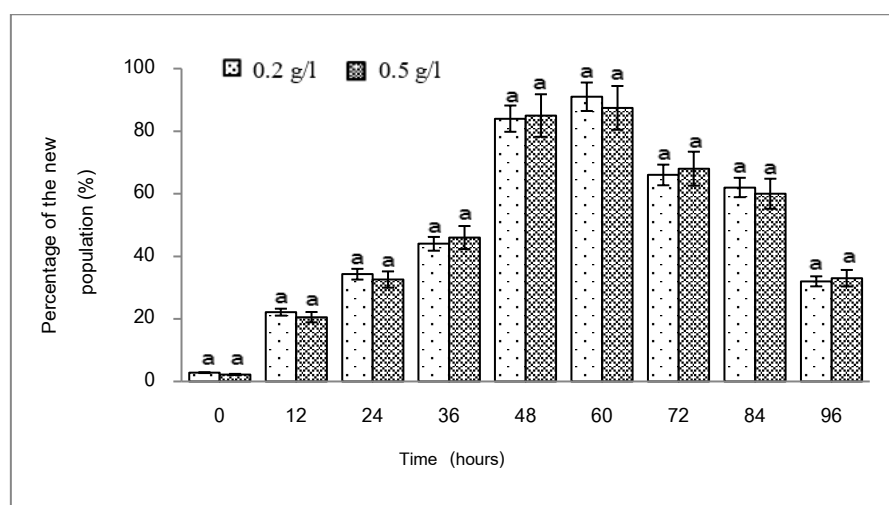


Figure 5 Percentage of the new population of *Moina* throughout culture period compared with 2 levels of stocking density.

*The values with the same letter above the bars were not significantly different ($P > 0.05$).

จำนวนไรแดงที่เพิ่มขึ้น

ผลการศึกษาจำนวนไรแดงที่เพิ่มขึ้นใหม่เปรียบเทียบกับจำนวนไรแดงเริ่มต้น (เท่า) ตลอดช่วงการทดลองพบว่า ชุดการทดลองที่ 1 และชุดการทดลองที่ 2 มีแนวโน้มการเพิ่มจำนวนประชากรไรแดงที่เพิ่มขึ้นใหม่ตั้งแต่ช่วงเวลา 12-48 ชั่วโมง สอดคล้องกันทั้งสองชุดการทดลอง มีค่าเฉลี่ยการเพิ่มขึ้นของจำนวนไรแดงเกิดใหม่สูงสุดที่เวลา 48 ชั่วโมง เท่ากับ 3.3 ± 0.1 และ 3.1 ± 0.1 เท่า ตามลำดับ หลังจากนั้นการเพิ่มของจำนวนประชากรไรแดงจะมีแนวโน้มที่ลดลง สอดคล้องกันทั้งสองชุดการทดลอง นอกจากนี้พบว่าการปล่อยพ่อแม่พันธุ์ไรแดงเริ่มต้นที่ระดับ 0.2 กรัม/ลิตร และการปล่อยพ่อแม่พันธุ์ไรแดงเริ่มต้นที่ระดับ 0.5 กรัม/ลิตร จะมีการเพิ่มประชากรที่เกิดใหม่ในทุก ๆ 12 ชั่วโมง มีค่าไม่แตกต่างกันทางสถิติ ($P > 0.05$) (Figure 6)

การเพิ่มจำนวนไรแดง (เท่า) ของทั้ง 2 ชุดการทดลองมีค่าไม่แตกต่างกันถึงแม้ว่าจะเพิ่มอัตราการปล่อยพ่อแม่พันธุ์ไรแดงให้มีปริมาณมากขึ้นก็พบว่าไม่สามารถเพิ่มจำนวนไรแดง (เท่า) ให้มีค่าเพิ่มมากขึ้นตามอัตราการปล่อยพ่อแม่พันธุ์ไรแดงได้ อาจเนื่องมาจากไรแดงในรุ่นพ่อแม่พันธุ์สามารถให้กำเนิดไรแดงรุ่นลูกได้เพียง 8-14 ตัว/แม่ จึงอาจเป็นข้อจำกัดในการเพิ่มจำนวนประชากรของไรแดงทั้งหมด (สันทนา ดวงสวัสดิ์ และคณะ, 2524) ผลจากการศึกษาในครั้งนี้พบว่าการเพิ่มขึ้นของจำนวนไรแดงสูงสุดที่เวลา 48 ชั่วโมงมีค่ามากกว่าการศึกษาของ ธัชพล การะเกตุ และคณะ (2561) ที่รายงานว่าผลของการเลี้ยงไรแดงด้วยสาหร่ายคลอเรลล่าฝงที่ระดับ 0.2 กรัม/ลิตร ที่มีอัตราการปล่อยพ่อแม่พันธุ์ไรแดงเริ่มต้นเท่ากับ 0.1-0.5 กรัม/ลิตร ในระยะเวลา 48 ชั่วโมง จะมีการเพิ่มขึ้นของจำนวนไรแดงอยู่ในช่วง 1.7-1.9 เท่า

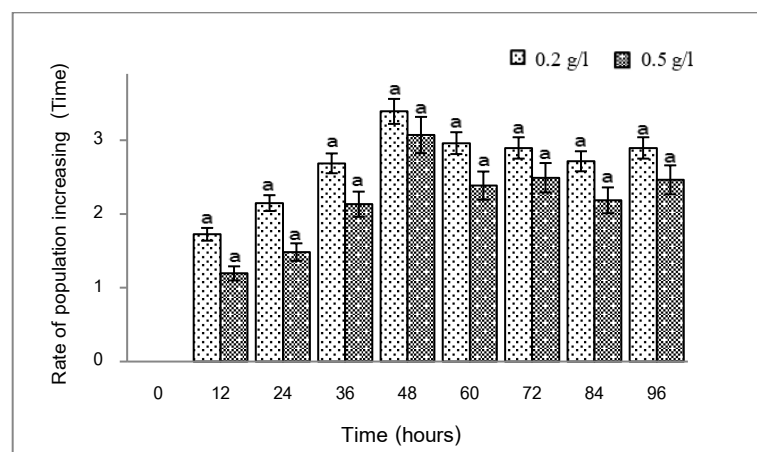


Figure 6 The rate of population increasing (time) by time of culture.

*The values with the same letter above the bars were not significantly different ($P > 0.05$).

การเปลี่ยนแปลงคุณภาพน้ำภายในระบบ

การศึกษากการเปลี่ยนแปลงคุณภาพน้ำที่สำคัญต่อการเจริญเติบโตของไรแดงในระบบการเลี้ยงของทั้ง 2 ชุดการทดลองเป็นระยะเวลา 96 ชั่วโมง มีค่าเฉลี่ยและค่าพิสัย (Table 3) จากการศึกษาการเปลี่ยนแปลงและการควบคุมคุณภาพน้ำที่สำคัญบางประการที่มีผลต่อการเจริญเติบโตของไรแดงในระบบการเลี้ยงไรแดงแบบหนาแน่น พบว่าปริมาณออกซิเจนละลาย ค่าความเป็นกรด-ด่าง อุณหภูมิ ค่าความเป็นด่าง และค่าความกระด้างของทั้งสองชุดการทดลองมีค่าไม่แตกต่างกันทางสถิติ ($P > 0.05$) แต่จากการศึกษาในครั้งนี้พบว่าปริมาณแอมโมเนียรวม และไนไตรท์ของทั้ง 2 ชุดการทดลองมีค่าแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P < 0.05$) (Table 3) โดยพบว่าปริมาณแอมโมเนียรวม และไนไตรท์ของทั้ง 2 ชุดการทดลองมีแนวโน้มที่เพิ่มขึ้นตามช่วงระยะเวลาของการทดลอง โดยที่ช่วงของการเปลี่ยนแปลงค่าพารามิเตอร์คุณภาพน้ำดังกล่าวของทั้ง 2 ชุดการทดลองจะมีค่าอยู่ในช่วงที่เหมาะสมกับการเจริญเติบโตของไรแดงตามการศึกษาของ Tangam et al. (2005) และไม่ส่งผลกระทบต่ออัตราการเจริญเติบโตและการขยายพันธุ์ของไรแดง ผลจากการศึกษาในครั้งนี้สามารถบ่งบอกได้ว่าการใช้สาหร่ายคลอเรลล่าฝงร่วมกับระบบการเพาะเลี้ยงไรแดงแบบหนาแน่นมีประสิทธิภาพในการควบคุมค่าคุณภาพน้ำให้อยู่ในระดับที่ไม่ส่งผลกระทบต่ออัตราการเจริญเติบโตของไรแดง และเมื่อเปรียบเทียบการเปลี่ยนแปลงคุณภาพน้ำในระบบการเลี้ยงไรแดง

แบบกลางแจ้งในบ่อซีเมนต์ของ ทวี วิพุธานุมาศ และทัศนีย์ สุขสวัสดิ์ (2533) และการศึกษาของ ภาณุ เทวรัตน์มณีกุล และคณะ (2532) รายงานว่าการเปลี่ยนแปลงค่าคุณภาพน้ำในระบบการเลี้ยงดังกล่าว มีช่วงของการเปลี่ยนแปลงค่าคุณภาพน้ำที่ค่อนข้างกว้าง เช่น การเปลี่ยนแปลงของค่าออกซิเจนละลายและค่าความเป็นกรด-ด่าง นอกจากนี้ยังมีการสะสมของสารอินทรีย์ในรูปแบบของสารพิษ เช่น ปริมาณแอมโมเนียรวม และไนไตรท์ เพิ่มขึ้นจนถึงระดับที่เป็นพิษเฉียบพลันต่อไรแดง จึงอาจเป็นสาเหตุให้ประชากรไรแดงลดจำนวนลงอย่างรวดเร็วภายในระยะเวลาอันสั้นในที่สุด โดยเฉพาะปริมาณแอมโมเนียรวมที่เป็นปัจจัยหลักที่จำกัดการเจริญเติบโตและการขยายพันธุ์ของไรแดง นอกจากนี้ผลการศึกษาของ Xi et al. (2005) รายงานว่าปริมาณแอมโมเนียรวมที่เหมาะสมควรมีค่าไม่เกิน 4.5 มิลลิกรัม/ลิตร แต่ผลจากการศึกษาในครั้งนี้พบว่าปริมาณแอมโมเนียรวมที่เกิดขึ้นในระบบตลอดระยะเวลาทดลอง มีค่าอยู่ในช่วงระดับที่แนะนำดังกล่าว เนื่องจากระบบมีการติดตั้งระบบน้ำไหลผ่านตลอดช่วงเวลาในการทดลองจึงเป็นการลดการสะสมของสารพิษในระบบได้ การใช้สาหร่ายคลอเรลล่าผงมาเป็นแหล่งอาหารของไรแดงในระบบการเลี้ยงดังกล่าวจึงมีความเหมาะสมต่อการเปลี่ยนแปลงคุณภาพน้ำที่สำคัญในระบบการเลี้ยงไรแดงแบบหนาแน่นได้อย่างเหมาะสม

Table 3 Water quality parameters in *Moina* culture tanks with 2 levels of stocking density.

Parameters	Stocking density 0.2 g/l		Stocking density 0.5 g/l		P-value
	(Mean±SD)	Range	(Mean±SD)	Minimum-Maximum	
Dissolved Oxygen (mg/l)	4.87±1.214 ^a	4.02 - 7.53	4.80±1.218 ^a	4.09 - 7.67	0.097
pH	7.52±0.139 ^a	7.39 - 7.82	7.47±0.185 ^a	7.27 - 7.85	0.534
Temperature (°C)	28.97±0.123 ^a	28.8 - 29.13	28.98±0.046 ^a	28.93 - 29.30	0.874
Ammonia (mg/l)	0.762±0.511 ^a	0.01 - 1.469	0.93±0.564 ^b	0.01 - 1.539	0.000*
Nitrite (mg/l)	0.018±0.010 ^a	0.001 - 0.032	0.068±0.039 ^b	0.001 - 0.103	0.003*
Total Alkalinity (mg/l as CaCO ₃)	119.84±0.836 ^a	119 - 121.67	119.96±1.145 ^a	119.3 - 121.33	0.808
Total Hardness (mg/l as CaCO ₃)	129.54±1.232 ^a	129.33 - 130.67	129.41±1.036 ^a	129.33 - 131.33	0.828

*The Value (Mean±SD) in the same row having different superscripts were significantly different (P<0.05).

สรุปผลการศึกษา

การเพาะเลี้ยงไรแดงความหนาแน่นสูงด้วยสาหร่ายคลอเรลล่าผงแสดงให้เห็นว่าไรแดงสามารถเพิ่มจำนวนได้สูงสุดในเวลา 48 ชั่วโมง และสามารถเพิ่มจำนวนอยู่ในช่วง 3.3-3.1 เท่าของจำนวนไรแดงเริ่มต้น โดยที่การเพิ่มระดับความหนาแน่นของพ่อแม่พันธุ์ไรแดงไม่ส่งผลกระทบต่ออัตราการเจริญเติบโตและอัตราการเกิดใหม่ของประชากรไรแดงให้สูงขึ้นตามระดับของพ่อแม่พันธุ์ไรแดงที่เพิ่มขึ้นได้ การเพาะเลี้ยงไรแดงด้วยระบบในข้างต้นควรทำการเก็บเกี่ยวผลผลิตไรแดงในช่วงเวลา 48 ชั่วโมงของการเลี้ยงซึ่งจะเป็นช่วงที่มีจำนวนไรแดงในระบบสูงที่สุด การใช้สาหร่ายคลอเรลล่าผงมีความเหมาะสมในการเลี้ยงไรแดงในระดับความหนาแน่นสูงได้ และนอกจากนี้การเลี้ยงไรแดงในระบบดังกล่าวยังสามารถควบคุมค่าคุณภาพน้ำให้มีความเหมาะสมและไม่ส่งผลกระทบต่ออัตราการเจริญเติบโตและอัตราการขยายพันธุ์ของไรแดง นอกจากนี้การศึกษานี้ยังอาจจะมีการศึกษาวิจัยเพิ่มเติมเกี่ยวกับผลของการใช้สาหร่ายคลอเรลล่าผงร่วมกับสาหร่ายชนิดอื่น ๆ เพื่อศึกษาการเพิ่มประสิทธิภาพผลผลิตไรแดงต่อไปในอนาคต

กิตติกรรมประกาศ

การศึกษาในครั้งนี้ขอขอบคุณ ศูนย์วิจัยและพัฒนาการเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำจืดราชบุรี จังหวัดราชบุรี และศูนย์วิจัยและพัฒนาการเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำจืดปทุมธานี จังหวัดปทุมธานี ที่ให้ความอนุเคราะห์พ่อแม่พันธุ์ไรแดงสำหรับการทดลองในครั้งนี้

เอกสารอ้างอิง

- ทวี วิพทุธานุมาศ และทัศนีย์ สุขสวัสดิ์. 2533. การศึกษาอัตราส่วนไนโตรเจนต่อฟอสฟอรัสต่อการเพาะไรแดง. ใน รายงานประจำปี 2533 สถานีประมงน้ำจืดจังหวัดปทุมธานี. กรมประมง, กรุงเทพฯ.
- ธัชพล การเกิด, ดรินทร์ธ อ่ำอ้อม, ชลธิชา ระพีพัฒนชาญชัย และปิยวัฒน์ ปองผดุง. 2561. การใช้คลอเรลล่าอบแห้งเป็นอาหารสำหรับการเพาะเลี้ยงไรแดงแบบหมวล. วารสารวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี 27(4): 684-694.
- ภาณุ เทวรัตน์มณีกุล, ทวี วิพทุธานุมาศ, วีระ วัชรกรโยธิน และทัศนีย์ สุขสวัสดิ์. 2532. การเพาะเลี้ยงไรแดง. เอกสารวิชาการฉบับที่ 9/2532. สถานีประมงน้ำจืดจังหวัดปทุมธานี. กรมประมง, กรุงเทพฯ.
- มนทกานติ ท้ามดิน, กิตติพงษ์ สันติเสวีกุล, สุพิศ ทองรอด และแพททริค ซอจีลุส. 2551. ผลผลิตและคุณค่าทางโภชนาการของโรติเฟอร์ S-type (*Brachionus rotundiformis*) ที่เลี้ยงด้วยระบบน้ำแบบหมุนเวียน. เอกสารวิชาการฉบับที่ 14/2551. สำนักวิจัยและพัฒนาประมงชายฝั่ง. กรมประมง, กรุงเทพฯ.
- สันทนา ดวงสวัสดิ์, ไมตรี ดวงสวัสดิ์ และสมเพชร ไชยทอง. 2524. การศึกษาชีวประวัติและการเพาะเลี้ยงไรแดงเพื่อใช้เป็นอาหารสำหรับสัตว์น้ำวัยอ่อน. เอกสารวิชาการฉบับที่ 1/2524. สถาบันประมงน้ำจืดแห่งชาติ. กรมประมง, กรุงเทพฯ.
- สาธิต โกวิทวธี. 2541. อัตราการขยายพันธุ์สุทธิของไรแดง (*Moina macrocopa*) ที่เลี้ยงด้วยแบคทีเรีย (*Bacillus subtilis*) ในห้องปฏิบัติการ. ใน เอกสารการประชุมวิชาการ ครั้งที่ 36 สาขาประมง. น. 41. มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.
- Arimoro, O. F. 2006. Culture of the freshwater rotifer (*Brachionus calyciflorus*) and its application in fish larviculture technology. *African Journal of Biotechnology* 5(7): 536-541.
- Baird, R. B., Eaton, A. D., and Rice, E. W. 2015. *Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater*. 23th ed. Washington: American Public Health Association.
- Dhert, P., Rombaut, G., Suantika, G., and Sorgeloos, P. 2001. Advancement of rotifer culture and manipulation techniques in Europe. *Aquaculture* 200(1): 129-146.
- Din, W. D., and Altaff, K. 2010. Culture of zooplankton for rearing fish larvae. *Pollution Research*. 29: 255-257.
- Islam, M. R., Hassan, M. R., Begum, M., Punom, N. J., Begum, M. K., Sultana, N., and Rahman, M. S. 2017. Effects of feeding zooplankton (*Moina macrocopa*) on the growth of Nile tilapia (*Oreochromis niloticus*). *Bangladesh Journal of Scientific and Industrial Research* 52: 81-88.
- Lamaissee, J., and Areechod, N. 2005. Study on Bacterial Contamination in *Moina* sp. Culture. In *Proceedings of the 2nd Ag Biotech Graduate Conference*. Kasetsart University, Thailand.
- Mostary, S., Rahman, M.S., and Hossain, M.A. 2007. Culture of rotifer (*Brachionus angularis* Hauer) feeding with dried *Chlorella*, Univ. J. Zool. *Rajshahi University Journal of Science and Engineering* 26: 73-76.
- Okunsebor, S. A. 2014. Culture of zooplankton (*Branchionus calyciflorus*, *Moina micrura* and *Daphnia pulex*) as live food for *Heterobranchius bidorsalis* hatchlings. University of Jos, Nigeria.
- Rottmann, R. W., Graves, J. S., Watson, C., and Yanong, R. P. E. 2016. *Culture Techniques of Moina: The Ideal Daphnia for Feeding Freshwater Fish Fry*. University of Florida.
- Sarma, S. S., Bertin, S., and Nandini, S. 2002. Effect of salinity on competition between the rotifers (*Brachionus rotundiformis*) *Tschugunoff* and *Hexarthra jenkiniae* De Beauchamp. *Hydrobiologia* 474(1): 183-188.
- Sipauba-Tavares, L. H., Segali, A. L., Berchielli-Morais, F. A., and Scardoeli-Truzzi, B. 2017. Development of low-cost culture media for *Ankistrodesmus gracilis* based on inorganic fertilizer and macrophyte. *Acta Limnologica Brasiliensia* 29: 1-9.
- Tangam, W., Ritluk, A., and Chaibawong, B. 2005. Using *Chlorella* concentrations increase productivity *Moina macrocopa*. Rajamangala University of Technology Tawan-ok, Chonburi.
- Xi, Y.L., Hagiwara, A., and Sakakura, Y. 2005. Combined effects of food level and temperature on life table demography of *Moina macrocopa* Straus. *International Review of Hydrobiology* 90: 546-554.

วันรับบทความ (Received date) : 2 ก.ย. 64

วันแก้ไขบทความ (Revised date) : 3 ธ.ค. 64

วันตอบรับบทความ (Accepted date) : 9 พ.ค. 65