วารสารวิทยาศาสตร์บูรพา ปีที่ 28 (ฉบับที่ 1) มกราคม – เมษายน พ.ศ. 2566
BURAPHA SCIENCE JOURNAL Volume 28 (No.1) January – April 2023 บทความวิจัย

ผลของปริมาณยีสต์ขนมปัง (*Saccharomyces cerevisiae*) ต่อชีวประวัติและการเพิ่มจำนวนของไรแดง (*Moina macrocopa*)

Effect of Berker's Yeast (*Saccharomyces cerevisiae*) on Life Table Responses and Population Growth of *Moina macrocopa*

เกริกพล คำมุงคุณ, เมธาวี รอตมงคลดี* และ สุปราณี วิกรัยบูรณ์
Klenkpon Khammungkun, Methawee Rodmongkoldee* and Supranee Wigriboon
สาขาวิชาประมง ภาควิชาเทคโนโลยีการเกษตร คณะเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยมหาสารคาม
Division Fisheries, Department of Agricultural Technology, Faculty of Technology, Mahasarakham University

Received : 26 April 2022
Revised : 29 May 2022
Accepted : 1 June 2022

บทคัดย่อ

การศึกษาผลของปริมาณยีสต์ขนมปัง *Saccharomyces cerevisiae* ต่อชีวประวัติและการเพิ่มจำนวนของไรแดง (*Moina macrocopa*) โดยเลี้ยงไรแดงด้วยยีสต์ *S. cerevisiae* ปริมาณแตกต่างกัน 4 ชุดการทดลอง คือ 0, 4, 8 และ 12 มิลลิกรัมต่อลิตร ผลการทดลองพบว่า ไรแดงที่เลี้ยงโดยให้ยีสต์ *S. cerevisiae* 12 มิลลิกรัมต่อลิตร เป็นอาหาร มีจำนวนลูกต่อแม่ (45.3 ± 4.6 ตัวต่อแม่) จำนวนครอกต่อแม่ (4.0 ± 0.0 ครอกต่อแม่) และจำนวนลูกต่อครอก (11.3 ± 1.2 ตัวต่อครอก) สูงกว่าชุดการทดลองอื่นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P < 0.05$) ไรแดงที่เลี้ยงโดยไม่ให้อาหารมีจำนวนลูกต่อแม่ต่ำที่สุด และอายุเมื่อมีลูกครอกแรกสูงสุด ($P < 0.05$) อายุขัยของไรแดงในแต่ละชุดการทดลองไม่แตกต่างกันทางสถิติ ($P > 0.05$) ผลการศึกษาปริมาณยีสต์ *S. cerevisiae* ต่อการเพิ่มจำนวนของไรแดง พบว่า ไรแดงที่ให้ยีสต์ *S. cerevisiae* 12 มิลลิกรัมต่อลิตร มีจำนวนประชากร (4,383.3 ± 808.3 ตัวต่อลิตร) สูงสุดในวันที่ 7 ของการเลี้ยง และจำนวนเพศผู้ (150.0 ± 25.7 ตัวต่อลิตร) สูงสุดในวันที่ 6 ของการเลี้ยง ซึ่งสูงกว่าชุดการทดลองอื่นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P < 0.05$) การศึกษาครั้งนี้แสดงให้เห็นว่า ปริมาณยีสต์ขนมปังมีผลต่อ จำนวนลูกต่อแม่ จำนวนครอกต่อแม่ จำนวนลูกต่อครอก อายุเมื่อมีลูกครอกแรก และการเพิ่มจำนวนประชากรของไรแดง

คำสำคัญ : ปริมาณอาหาร ; ชีวประวัติ ; ไรแดง ; การเพิ่มจำนวน ; ไรน้ำ

Abstract

This study examined the effect of Berger's yeast *Saccharomyces cerevisiae* concentrations on life table responses and population growth in *Moina macrocopa*. Four dosages of *S. cerevisiae* for the experiment were 0, 4, 8, and 12 mg per L. The result showed that culture *M. macrocopa* with 12 mg per L of *S. cerevisiae* showed the highest number of offspring per female (45.3 ± 4.6 offspring per female), a number of brood per female (4.0 ± 0.0 brood per female), and a number of offspring per brood (11.3 ± 1.2 offspring per brood) ($P < 0.05$). Culturing of *M. macrocopa* with no food supply produced the lowest total number of offspring per female and the highest age at maturity ($P < 0.05$). The lifespan of *M. macrocopa* in all treatments was no significant difference between treatments ($P > 0.05$). The best population growth (4,383.3 ± 808.3 individuals per liter) and the highest number of males (150.0 ± 25.7 individuals per liter) were observed in a culture fed with 12 mg per L of *S. cerevisiae* on the 7th and the 6th of culture ($P < 0.05$), respectively. The result of this study indicates that *S. cerevisiae* concentration affected the number of offspring per female, number of brood per female, number of offspring per brood, age at maturity, and population growth of *M. macrocopa*.

Keywords : food concentration; life history; *Moina macrocopa*; population growth; water flea

***Corresponding author. E-mail :** tal_wai@yahoo.co.th

บทนำ

อาหารมีชีวิตมีความสำคัญต่อการเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำเป็นอย่างมาก (Creswell, 2010; Gogoi *et al.*, 2016; Kamrunnahar *et al.*, 2019) ไรแดงเป็นอาหารมีชีวิตอีกชนิดหนึ่งที่ได้รับความนิยมและใช้เป็นอาหารในการอนุบาลสัตว์น้ำวัยอ่อน ปลาสวยงาม และสัตว์น้ำเศรษฐกิจ (Din & Altaff, 2010; War *et al.*, 2011; Vignatti *et al.*, 2013; Poynton *et al.*, 2013; Adewumi, 2015; Anano & Eguia, 2016; Gogoi *et al.*, 2016; Rottmann *et al.*, 2016; Kamrunnahar *et al.*, 2019) เนื่องจากมีขนาดเหมาะสมที่จะเป็นอาหารสัตว์น้ำวัยอ่อน (Rodmongkoldee *et al.*, 2020) นอกจากนี้ไรแดงยังมีสารอาหารที่เหมาะสมต่อการเจริญเติบโตของสัตว์น้ำวัยอ่อน ทำให้สัตว์น้ำวัยอ่อนเจริญเติบโตดีและมีอัตรารอดสูง (Loh *et al.*, 2012; Rottmann *et al.*, 2016; Tomonari *et al.*, 2016; Kar *et al.*, 2017)

ปริมาณอาหารเป็นปัจจัยที่สำคัญประการหนึ่งต่อการดำรงชีวิตของไรแดง โดยปริมาณอาหารมีผลต่อการเจริญเติบโต (Ovie & Egborge, 2002; Pena-Aguado *et al.*, 2005; Din & Altaff, 2010; Azuraidi *et al.*, 2013; Kamrunnahar *et al.*, 2019) การสืบพันธุ์ (Martinez-Jeronimo & Gutierrez-Valdivia, 1991; Burak, 1997; Nandini & Sarma, 2000; He *et al.*, 2001; Xi *et al.*, 2005; Rodmongkoldee & Taparhudee, 2020) และการอยู่รอด (Nandini & Sarma, 2000; Xi *et al.*, 2005; Kamrunnahar *et al.*, 2019) ไรแดงจะสืบพันธุ์เร็ว เจริญเติบโตดี และมีจำนวนลูกเพิ่มขึ้นเมื่อปริมาณอาหารเพิ่มขึ้น (Burak, 1997; Ferrao-Filho *et al.*, 2003; Xi *et al.*, 2005; Azuraidi *et al.*, 2013; Rodmongkoldee & Taparhudee, 2020) ในทางตรงกันข้าม หากปริมาณอาหารไม่เพียงพอ ไรแดงยังคงสืบพันธุ์แต่สืบพันธุ์ช้า (Azuraidi *et al.*, 2013; Rodmongkoldee & Taparhudee, 2020) และมีอัตราการตายสูงขึ้น (Martinez-Jeronimo & Gutierrez-Valdivia, 1991)

ไรแดงสามารถกินแบคทีเรีย ยีสต์ แพลงก์ตอนพืช และเศษซากอินทรียวัตถุเป็นอาหาร (Pena-Aguado *et al.*, 2005; Rottmann *et al.*, 2016) แต่อาหารที่นิยมใช้ในการเลี้ยงไรแดงกันอย่างแพร่หลายคือแพลงก์ตอนพืช เช่น *Chlorella* sp. (Alam *et al.*, 1991; Martinez-Jeronimo & Gutierrez-Valdivia, 1991; Benider *et al.*, 2002; Nandini & Sarma, 2003; Azuraidi *et al.*, 2013; Jose *et al.*, 2015) ซึ่งแพลงก์ตอนพืชจำเป็นต้องใช้แสงเป็นแหล่งพลังงานในกระบวนการสังเคราะห์ด้วยแสงเพื่อสร้างอาหารและเจริญเติบโต (Creswell, 2010) การเลี้ยงแพลงก์ตอนพืชจึงจำเป็นต้องใช้พื้นที่ค่อนข้างมากและเป็นพื้นที่กลางแจ้ง เพื่อให้แพลงก์ตอนพืชได้รับแสงอย่างทั่วถึง ดังนั้น ในฤดูฝนซึ่งมีแสงน้อย เนื่องจากท้องฟ้าปิด ทำให้มีผลต่อการเจริญเติบโตของแพลงก์ตอนพืช ซึ่งเป็นอาหารของไรแดง ส่งผลโดยตรงทำให้ไม่สามารถเพาะเลี้ยงไรแดงได้หรือเพาะได้น้อยและเกิดปัญหาขาดแคลนไรแดงตามมา

ยีสต์ขนมปัง (*Saccharomyces cerevisiae*) เป็นยีสต์ที่นิยมใช้ในการเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำกันอย่างแพร่หลาย รวมถึงใช้เป็นอาหารในการเลี้ยงแพลงก์ตอนสัตว์ (Michels & De Meester, 1998; Pena-Aguado *et al.*, 2005; Khudyi *et al.* 2018; Manklinniam *et al.*, 2018) ซึ่งแพลงก์ตอนสัตว์ที่เลี้ยงด้วยยีสต์และสาหร่ายสีเขียวมีคุณค่าทางโภชนาการใกล้เคียงกัน (Gulati & DeMott, 1997; Pena-Aguado *et al.*, 2005) นอกจากนี้ยีสต์ยังมีองค์ประกอบของกรดอะมิโนคล้ายคลึงกับที่พบในไรน้ำในสกุล *Moina* จึงเหมาะที่จะนำมาใช้ในการเพาะเลี้ยงไรแดง (Kang *et al.*, 2006) ดังนั้นการศึกษาครั้งนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาชีวประวัติและการเพิ่มจำนวนของไรแดงที่เลี้ยงด้วยยีสต์ขนมปัง *S. cerevisiae* ปริมาณแตกต่างกัน ซึ่งยีสต์ขนมปังสามารถหา

ซื้อได้ทั่วไปตามท้องตลาด การใช้ยีสต์ทดแทนแพลงก์ตอนพืชช่วยลดพื้นที่ที่ใช้ในการเลี้ยง และลดข้อจำกัดในการเลี้ยงไรแดงในฤดูฝน เพื่อเป็นแนวทางในการเพาะเลี้ยงไรแดงเพื่อนำไปใช้ในการอนุบาลสัตว์น้ำวัยอ่อนและการเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำต่อไป

วิธีการดำเนินการวิจัย

สัตว์ทดลอง

นำไรน้ำจากฟาร์มเอกชนในพื้นที่จังหวัดมหาสารคามมายังห้องปฏิบัติการเพื่อยืนยันชนิดของไรน้ำ โดยใช้หลอดหยดดูดไรน้ำและแยกชนิดของไรน้ำภายใต้กล้องจุลทรรศน์แบบใช้แสง ตามเอกสารประกอบการจัดจำแนกชนิดของ Saengphan *et al*. (2013) Saengphan *et al*. (2016) และ Goulden (1968) เมื่อยืนยันชนิดของไรน้ำว่าเป็น *M. macrocopa* (ไรแดง) จึงนำไปดำเนินการทดลองต่อไป

การศึกษาชีวประวัติของไรแดง

นำไรแดงเพศเมีย Parthenogenetic มาเลี้ยงในบีกเกอร์ขนาด 100 มิลลิลิตร เติมน้ำประปาที่ผ่านการพักไว้ 5 วันและตรวจสอบด้วย Potassium Iodide ว่าไม่มีคลอรีน ปริมาตร 40 มิลลิลิตร หลังจากที่ไรแดงเพศเมียออกลูก แยกไรแดงอายุน้อยกว่า 24 ชั่วโมงมาทำการทดลอง

นำยีสต์ขนมปังยี่ห้อทางการค้า ซึ่งประกอบด้วย *S. cerevisiae* ร้อยละ 98 มาละลายในน้ำประปาที่ผ่านการพักไว้จนไม่มีคลอรีนที่ความเข้มข้น 0, 4, 8 และ 12 มิลลิกรัมต่อลิตร ใช้กระบอกตวงตวงน้ำที่ผสมยีสต์จากแต่ละชุดการทดลองปริมาตร 40 มิลลิลิตร ใส่ในถ้วยพลาสติก ปริมาตร 50 มิลลิลิตร ชุดการทดลองละ 5 ซ้ำ ใส่ไรแดงถ้วยละ 1 ตัว และเปลี่ยนอาหารใหม่ ทุกวันโดยย้ายไรแดงมาเลี้ยงในถ้วยที่ใส่น้ำผสมยีสต์ใหม่ทุกวัน เก็บข้อมูลอายุเมื่อมีลูกครอกแรกของไรแดงเมื่อไรแดงเพศเมียมีลูกแต่ละครอก นับจำนวนลูกทั้งหมด โดยนำลูกออกจากภาชนะและนำมานับภายใต้กล้องจุลทรรศน์สเตอริโอ บันทึกจำนวนครอกของไรแดงเพศเมีย จำนวนลูกต่อครอก จำนวนลูกทั้งหมด และอายุของไรแดง

การศึกษาการเพิ่มจำนวนของไรแดง

เตรียมตู้กระจกขนาด 24 นิ้ว จำนวน 16 ตู้ ใส่น้ำประปาที่ผ่านการพักไว้จนไม่มีคลอรีนปริมาตร 35 ลิตร ให้อากาศตลอดเวลา ใส่ไรแดงตู้ละ 7.4 กรัม (Department of Fisheries, 2021) ให้ยีสต์ขนมปังยี่ห้อทางการค้า ซึ่งประกอบด้วย *S. cerevisiae* ร้อยละ 98 ตามแผนการทดลองที่วางไว้ คือ 0, 4, 8 และ 12 มิลลิกรัมต่อลิตร เป็นอาหาร 4 ครั้งต่อวัน เวลา 08.00 น. 11.00 น. 14.00 น. และ 17.00 น. เลี้ยงเป็นเวลา 12 วัน

ตรวจสอบการเพิ่มจำนวนของไรแดงโดยการวนน้ำเพื่อให้ไรแดงกระจายทั่วมวลน้ำ จากนั้นสุ่มดูดน้ำ 50 มิลลิลิตร มานับจำนวนไรแดงโดยใส่ในเพลทแก้วผ่านกล้องจุลทรรศน์สเตอริโอทุกวัน ตรวจเพศของไรแดง โดยใช้หลอดหยดสุ่มดูดไรแดงอย่างน้อย 35 ตัวนำมาแยกเพศผ่านกล้องจุลทรรศน์ใช้แสงแบบเชิงประกอบทุกวัน

ตรวจวัดคุณภาพน้ำทุกวัน โดยวัดค่าอุณหภูมิ (Temperature) ปริมาณออกซิเจนที่ละลายในน้ำ (Dissolved Oxygen: DO) และความเป็นกรดด่าง (pH) ด้วยเครื่องวัดคุณภาพน้ำ EUTCH instruments PCD650 วัดค่าค่าแอมโมเนียรวม (Total Ammonia Nitrogen) ด้วยวิธี Koroleff’s Indophenol Blue Method (Pichitkul, 2005) และวัดค่าไนไตรท์ (Nitrite) ด้วยวิธี Colorimetric Method (Pichitkul, 2005)

การวิเคราะห์ทางสถิติ

วิเคราะห์ความแปรปรวนของข้อมูลอายุเมื่อมีลูกครอกแรก จำนวนครอกต่อแม่ จำนวนลูกต่อครอก จำนวนลูกต่อแม่ อายุของไรแดง จำนวนประชากร จำนวนเพศผู้ และคุณภาพน้ำในแต่ละชุดการทดลองด้วยวิธี Analysis of Variance (ANOVA) และเปรียบเทียบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยระหว่างชุดทดลองด้วยวิธี Duncan's New Multiple Range Test ที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 โดยใช้โปรแกรมสำเร็จรูป

ผลการวิจัย

ผลการทดลองพบว่า ปริมาณยีสต์มีผลต่ออายุเมื่อมีลูกครอกแรกของไรแดง อายุเมื่อมีลูกครอกแรกลดลงเมื่อปริมาณยีสต์เพิ่มขึ้น โดยไรแดงที่เลี้ยงโดยให้ยีสต์เป็นอาหารมีลูกครอกแรกเร็วกว่าไรแดงที่เลี้ยงโดยไม่ให้อาหารอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P < 0.05$) (*Table 1*)

ปริมาณยีสต์ *S. cerevisiae* มีผลต่อจำนวนลูกต่อแม่ จำนวนครอกต่อแม่ และจำนวนลูกต่อครอก ของไรแดงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P < 0.05$) โดยไรแดงที่เลี้ยงโดยให้ยีสต์ *S. cerevisiae* 12 มิลลิกรัมต่อลิตรเป็นอาหาร มีจำนวนลูกต่อแม่ (45.3 ± 4.6 ตัว) จำนวนครอกต่อแม่ (4.0 ± 0.0 ครอก) และจำนวนลูกต่อครอก (11.3 ± 1.2 ครอก) สูงที่สุด และไรแดงที่เลี้ยงโดยไม่ให้อาหารมีจำนวนลูกต่อแม่ (17.7 ± 2.1 ตัว) จำนวนครอกต่อแม่ (3.0 ± 0.0 ครอก) และจำนวนลูกต่อครอก (5.9 ± 0.7 ครอก) ต่ำที่สุด (*Table 1*) และลูกไรแดงจากทุกชุดการทดลองทั้งหมดเป็นเพศเมีย

อายุขัยของไรแดงที่เลี้ยงโดยให้ยีสต์ *S. cerevisiae* ปริมาณแตกต่างกันไม่แตกต่างกันทางสถิติ ($P > 0.05$) อย่างไรก็ตาม อายุขัยของไรแดงมีแนวโน้มลดลงเมื่อปริมาณอาหารเพิ่มขึ้น โดยไรแดงที่เลี้ยงโดยให้ยีสต์ 12 มิลลิกรัมต่อลิตรเป็นอาหาร มีอายุขัยเฉลี่ยต่ำสุด เท่ากับ 8.3 ± 1.5 วัน รองลงมาคือไรแดงที่เลี้ยงโดยให้ยีสต์ 8 มิลลิกรัมต่อลิตร (8.7 ± 1.2 วัน) 4 มิลลิกรัมต่อลิตร (9.0 ± 1.0 วัน) และไรแดงที่เลี้ยงโดยไม่ให้อาหารมีอายุขัยสูงสุด เท่ากับ 10.0 ± 1.0 วัน (*Table 1*)

การศึกษาผลของปริมาณยีสต์ขนมปังต่อการเพิ่มจำนวนของไรแดงพบว่า ไรแดงที่ให้ยีสต์ขนมปัง *S. cerevisiae* 12 มิลลิกรัมต่อลิตร มีจำนวนประชากร (4,383.3 ± 808.3 ตัวต่อลิตร) สูงสุดในวันที่ 7 ของการเลี้ยง (*Figure 1*) และจำนวนเพศผู้ (150.0 ± 25.7 ตัวต่อลิตร) สูงสุดในวันที่ 6 ของการเลี้ยง ซึ่งสูงกว่าชุดการทดลองอื่นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P < 0.05$) (*Figure 2A*) จำนวนไรแดงเพศเมียระหว่างการเลี้ยงโดยให้ยีสต์ปริมาณแตกต่างกันเป็นเวลา 12 วัน แสดงใน *Figure 2B*

Table 1 Life table responses (mean ± SD, minimum and maximum values) of *M. macrocopa* fed with difference food concentrations. Different letters in the same row indicate significant difference among treatments (P < 0.05).

Life history characteristics		Food concentrations (mg per L)			
		0	4	8	12
Maturation time (days)	Mean	7.0 ± 0.0[b]	5.0 ± 1.0[a]	4.0 ± 1.0[a]	3.7 ± 0.6[a]
	Min. - max.	7	4 - 6	3 - 5	3 - 4
Number of offspring per brood	Mean	5.9 ± 0.7[b]	8.0 ± 0.9[b]	10.8 ± 0.8[a]	11.3 ± 1.2[a]
	Min. - max.	5 - 7	7 - 9	10 - 11	10 - 12
Total number of offspring per female	Mean	17.7 ± 2.1[c]	26.7 ± 4.5[b]	39.3 ± 4.1[a]	45.3 ± 4.6[a]
	Min. - max.	16 - 20	22 - 31	35 - 43	40 - 48
Number of broods per female	Mean	3.0 ± 0.0[b]	3.3 ± 0.6[ab]	3.7 ± 0.6[ab]	4.0 ± 0.0[a]
	Min. - max.	3	3 - 4	3 - 4	4
Life span (days)	Mean	10.0 ± 1.0	9.0 ± 1.0	8.7 ± 1.2	8.3 ± 1.5
	Min. - max.	9 - 11	8 - 10	8 - 10	7 - 10

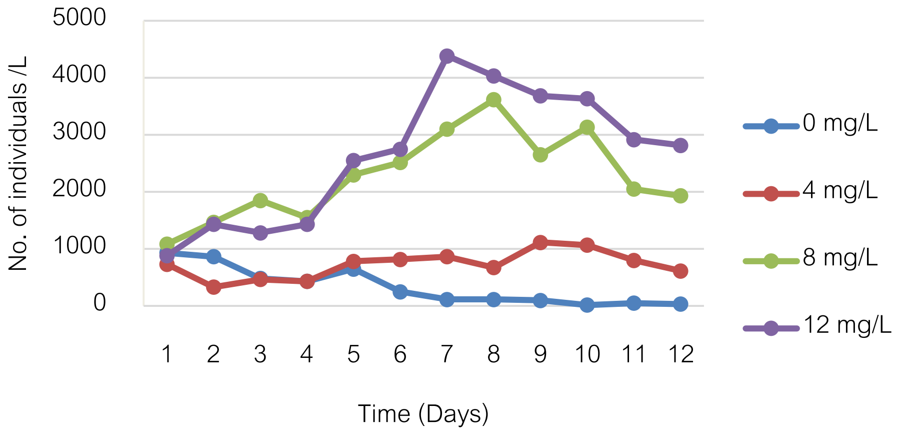

Figure 1 Mean population densities of *M. macrocopa* in cultures with different food concentrations.

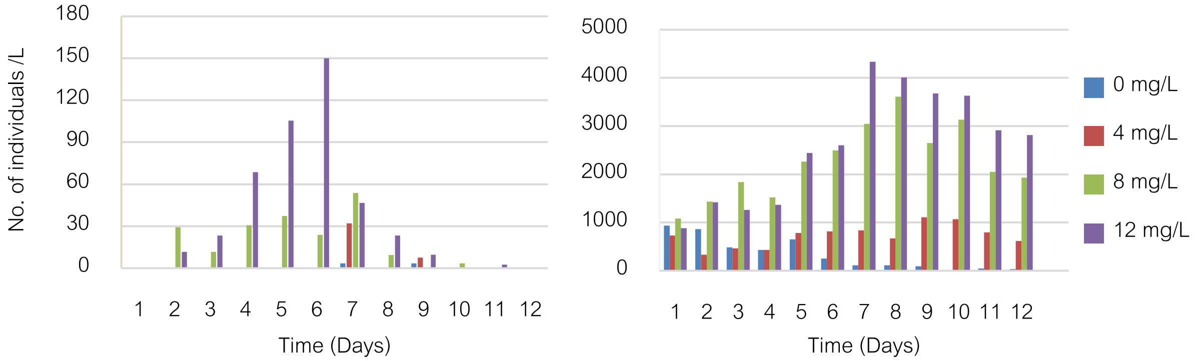

Figure 2 Mean densities of *M. macrocopa* males (A) and females (B) in cultures with different food concentrations.

ผลการศึกษาคุณภาพน้ำระหว่างการเลี้ยงไรแดงโดยให้ยีสต์ในปริมาณที่แตกต่างกัน พบว่า อุณหภูมิ ปริมาณออกซิเจนที่ละลายในน้ำ และความเป็นกรดด่าง ในแต่ละชุดการทดลองไม่แตกต่างกันทางสถิติ ($P > 0.05$) (*Table 2*) ค่าแอมโมเนียรวมและไนไตร์ระหว่างการเลี้ยงแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P < 0.05$) โดยชุดการทดลองที่เลี้ยงไรแดงโดยให้ยีสต์ขนมปัง *S. cerevisiae* 12 มิลลิกรัมต่อลิตร มีค่าแอมโมเนียรวมและไนไตรท์สูงสุดในวันที่ 12 ของการเลี้ยง (1.76 ± 0.07 และ 0.22 ± 0.11 มิลลิกรัมต่อลิตร ตามลำดับ) (*Figure 3*)

Table 2 Water quality (mean ± SD, minimum and maximum values) during culture *M. macrocopa* fed with difference food concentrations. Different letters in the same row indicate significant difference among treatments ($P < 0.05$).

Water quality parameters		Food concentrations (mg per L)			
		0	4	8	12
Temperature (°C)	Mean	20.9 ± 1.7	20.92 ± 1.6	20.7 ± 1.6	21.0 ± 1.6
	Min. - max.	17.9 - 22.6	18.3 - 22.5	17.9 - 22.6	18.3 - 22.8
Dissolved Oxygen (mg/L)	Mean	8.6 ± 0.3	8.6 ± 0.4	8.4 ± 0.4	8.3 ± 0.4
	Min. - max.	8.4 - 9.1	8.1 - 9.1	7.7 - 9.1	7.5 - 9.0
pH	Mean	9.1 ± 0.2	8.9 ± 0.2	8.8 ± 0.2	8.8 ± 0.2
	Min. - max.	8.5 - 9.2	8.4 - 9.1	8.7 - 9.0	8.2 - 8.9

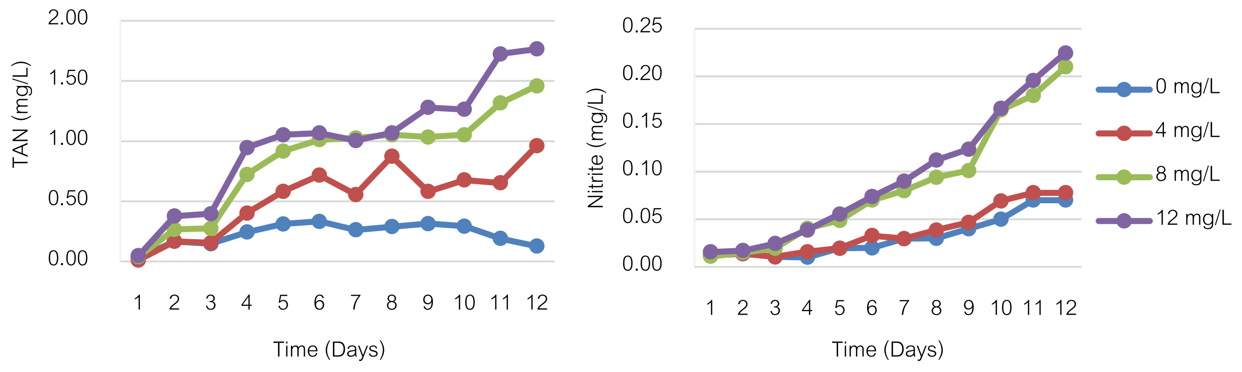

Figure 3 Mean total ammonia nitrogen and nitrite during cultures *M. macrocopa* with different food concentrations

วิจารณ์ผลการวิจัย

การศึกษาชีวประวัติของไรแดงที่เลี้ยงในห้องปฏิบัติการที่อุณหภูมิ 28 - 31 องศาเซลเซียส โดยให้ยีสต์ขนมปัง *S. cerevisiae* ปริมาณแตกต่างกัน พบว่า อายุเมื่อมีลูกครอกแรกแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P < 0.05$) โดยไรแดงที่เลี้ยงโดยไม่ให้อาหาร อายุเมื่อมีลูกครอกแรกสูงสุดเท่ากับ 7.0 ± 0.0 วัน และไรแดงที่ให้ยีสต์ 12 มิลลิกรัมต่อลิตร อายุเมื่อมีลูกครอกแรกต่ำสุดเท่ากับ 3.7 ± 0.6 วัน อายุเมื่อมีลูกครอกแรกของไรแดงจากการศึกษาครั้งนี้มากกว่าไรแดงที่เลี้ยงในห้องปฏิบัติการที่อุณหภูมิ 28 - 30 องศาเซลเซียส โดยให้ *C. vulgaris* 4 × 10^6 เซลล์ต่อมิลลิลิตรเป็นอาหาร ซึ่งสามารถมีลูกครอกแรกเมื่ออายุ 2 วัน (Rodmongkoldee *et al.*, 2020) แต่ใกล้เคียงกับ *Moina mongolica* จากประเทศจีน ที่มีลูกครอกแรกเมื่ออายุ 4 วัน เมื่อเลี้ยงที่อุณหภูมิ 28 องศาเซลเซียสโดยให้ *Nannochloropsis oculata* ความหนาแน่น 2.5 × 10^6 เซลล์ต่อมิลลิลิตรเป็นอาหาร (He *et al.*, 2001) และไรแดงที่เลี้ยงโดยให้ *C. vulgaris* ความหนาแน่น 0.38 × 10^6 และ 0.76 × 10^6 เซลล์ต่อมิลลิลิตรเป็นอาหาร มีลูกครอกแรกเมื่ออายุ 4 วัน (Martinez-Jeronimo & Gutierrez-Valdivia, 1991) อายุของการมีลูกครอกแรกมีแนวโน้มลดลงเมื่อปริมาณอาหารเพิ่มขึ้น และอายุเมื่อมีลูกครอกแรกมากขึ้นเมื่อปริมาณอาหารลดลง ซึ่งสอดคล้องกับการศึกษาของ Burak (1997) ที่พบว่า ไรแดงที่เลี้ยงที่อุณหภูมิ 20 องศาเซลเซียส โดยให้ *Scenedesmus* sp. 1.0 × 10^4 เซลล์ต่อมิลลิลิตรเป็นอาหาร มีลูกครอกแรกเมื่ออายุ 7 วัน ขณะที่ไรแดงที่เลี้ยงโดยให้ *Scenedesmus* sp. 1.0 × 10^7 เซลล์ต่อมิลลิลิตรเป็นอาหาร มีลูกครอกแรกเมื่ออายุ 2 วัน ไรแดงมีลูกช้าลงเมื่อปริมาณอาหารลดลงอาจเนื่องมาจากไรแดงมีพลังงานเพียงพอสำหรับการดำรงชีวิต แต่มีไม่เพียงพอสำหรับการสืบพันธุ์ (Azuraidi *et al.*, 2013) นอกจากนี้ชนิดของอาหารที่ใช้ในการเลี้ยงยังส่งผลต่ออายุเมื่อมีลูกครอกแรกของไรแดง เนื่องจากอาหารแต่ละชนิดมีคุณค่าทางโภชนะแตกต่างกัน (He *et al.*, 2001) อาหารที่มีคุณค่าทางโภชนะน้อยกว่าทำให้การเจริญเติบโตและการสืบพันธุ์ช้า (Benider *et al.*, 2002; Ferrao-Filho *et al.*, 2003; Xi *et al.*, 2005; Bouchnak & Steinberg, 2010) และการเลี้ยงไรแดงที่อุณหภูมิแตกต่างกันมีผลต่ออายุเมื่อมีลูกครอกแรก (Martinez-Jeronimo and Gutierrez-Valdivia, 1991) ไรแดงจะมีลูกครอกแรกเร็วขึ้นเมื่ออุณหภูมิสูงขึ้น (Folt *et al.*, 1999; Chen *et al.*, 2015)

ผลการศึกษาชีวประวัติของไรแดงที่ให้อาหารปริมาณแตกต่างกันพบว่า จำนวนลูกต่อแม่และจำนวนลูกต่อครอกของไรแดงในแต่ละชุดการทดลองแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P < 0.05$) โดยไรแดงที่เลี้ยงโดยให้ยีสต์ 12 มิลลิกรัมต่อลิตร มีจำนวนลูกต่อแม่และจำนวนลูกต่อครอกสูงสุด เท่ากับ 45.3 ± 4.6 ตัวต่อแม่ และ 11.3 ± 1.2 ตัวต่อครอก ตามลำดับ ซึ่งมีจำนวนน้อยกว่าจากการศึกษาของ Martinez-Jeronimo and Gutierrez-Valdivia (1991) ที่รายงานว่า ไรแดงที่เลี้ยงโดยให้ *Ankistrodesmus convolutes* 1.1 × 10^6 เซลล์ต่อมิลลิลิตร ผลิตลูกจำนวน 159 ตัวต่อแม่ และมีลูก 27 ตัวต่อครอก และการศึกษาของ Rodmongkoldee *et al.* (2020) พบว่า ไรแดงที่เลี้ยงโดยให้ *C. vulgaris* 4 × 10^6 เซลล์ต่อมิลลิลิตร มีลูกจำนวน 62.1 ตัวต่อแม่ และ 16.5 ตัวต่อครอก แต่จำนวนลูกต่อแม่และจำนวนลูกต่อครอกของไรแดงจากการศึกษาครั้งนี้มากกว่าการศึกษาของ Nandini and Sarma (2000) ที่พบว่า ไรแดงมีจำนวนลูกต่อแม่ 11 - 26 ตัว เมื่อเลี้ยงโดยให้ *C. vulgaris* 0.5 × 10^6 - 4.5 × 10^6 เซลล์ต่อมิลลิลิตรเป็นอาหาร การศึกษาของ Pavon-Meza *et al.* (2005) รายงานว่า *Brachionus havanaensis* ผลิตลูกเพิ่มขึ้นเมื่อปริมาณอาหารเพิ่มขึ้น และผลิตลูกลดลงเมื่อปริมาณอาหารลดลง อาจเนื่องมาจากในสภาวะที่ขาดแคลนอาหารพลังงานต้องนำไปใช้ทั้งเพื่อการสืบพันธุ์ การเจริญเติบโต และกระบวนการอื่น ๆ ของร่างกาย (Azuraidi *et al.*, 2013) จำนวนลูกที่แตกต่างกันระหว่างงานวิจัยอาจเนื่องมาจากสภาพแวดล้อมในการเลี้ยงที่แตกต่างกัน เช่น อุณหภูมิ ชนิดอาหาร และปริมาณอาหาร ซึ่งอาจมีผลต่อจำนวนลูกของไรแดง (Martinez-Jeronimo and Gutierrez-Valdivia, 1991; Nandini & Sarma, 2000; Sipauba-Tavares & Bachion, 2002; Ferrao-Filho *et al.*, 2003; Xi *et al.*, 2005; Martinez-Jeronimo *et al.*, 2007; Chen *et al.*, 2015) โดยจำนวนลูกจะเพิ่มขึ้นเมื่อปริมาณอาหารเพิ่มขึ้น (Rose *et al.*, 2000; Xi *et al.*, 2005)

จำนวนครอกของไรแดงแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P < 0.05$) จำนวนครอกของไรแดงเพิ่มขึ้นเมื่อปริมาณอาหารเพิ่มขึ้น โดยไรแดงที่ให้ยีสต์ 12 มิลลิกรัมต่อลิตร มีจำนวนครอกสูงสุดเท่ากับ 4.0 ± 0.0 ครอก ซึ่งใกล้เคียงกับการศึกษาของ Rodmongkoldee *et al.* (2020) ที่รายงานว่า ไรแดงที่เลี้ยงโดยให้ *C. vulgaris* 4 × 10^6 เซลล์ต่อมิลลิลิตรเป็นอาหาร มีจำนวนครอกต่อแม่เท่ากับ 3.6 ± 0.5 ครอก จำนวนครอกต่อแม่จากการศึกษาครั้งนี้น้อยกว่าจากการศึกษาของ Martinez-Jeronimo and Gutierrez-Valdivia (1991) ที่รายงานว่า ไรแดงมีจำนวนครอกต่อแม่อยู่ระหว่าง 8 ถึง 12 ครอกต่อแม่ เมื่อเลี้ยงโดยให้ *A. convolutes* 0.5 × 10^6 - 1.1 × 10^6 เซลล์ต่อมิลลิลิตร และ *Scenedemus incrassatulus* 0.26 × 10^6 - 0.52 × 10^6 เซลล์ต่อมิลลิลิตรเป็นอาหาร ซึ่ง Taub & Dollar (1968) กล่าวว่า จำนวนครอกของ Cladocerans ขึ้นอยู่กับอาหาร อาหารที่มีโภชนาการไม่เพียงพอส่งผลให้จำนวนครอกต่อแม่ลดลง

อายุขัยของไรแดงที่เลี้ยงด้วยยีสต์ 0 - 12 มิลลิกรัมต่อลิตร อยู่ระหว่าง 8.3 - 10.0 วัน ซึ่งน้อยกว่าอายุขัยของไรแดงจากการศึกษาของ Benider *et al.* (2002) ที่รายงานว่า ไรแดงที่เลี้ยงด้วย *Chlorella sorokiniana* 6.25 x 10^6 เซลล์ต่อมิลลิลิตร มีอายุขัยสูงสุด 17.4 วัน แต่อายุขัยของไรแดงจากการศึกษาครั้งนี้มากกว่าการศึกษาของ Rodmongkoldee *et al.* (2020) ที่พบว่า ไรแดงที่เลี้ยงโดยให้ *C. vulgaris* 4 × 10^6 เซลล์ต่อมิลลิลิตรเป็นอาหาร มีอายุขัย 5.3 (4 - 7) วัน Sipauba-Tavares & Bachion (2002) ศึกษาพบว่า ไรแดงมีอายุขัย 5 - 6 วันเมื่อเลี้ยงโดยให้ *Ankistrodesmus gracillis* 4 x 10^6 เซลล์ต่อมิลลิลิตร และ Nandini & Sarma (2000) พบว่า ไรแดงมีอายุขัย 5 ± 1 วัน เมื่อเลี้ยงโดยให้ *C. vulgaris* 4.5 × 10^6 เซลล์ต่อมิลลิลิตร

อายุขัยของไรแดงจากการศึกษาครั้งนี้ แตกต่างจากการศึกษาก่อนหน้านี้อาจเนื่องมาจากสภาพแวดล้อมในการเลี้ยงแตกต่างกัน เช่น ปริมาณอาหาร ความหนาแน่นของไรแดง อุณหภูมิ และคุณภาพน้ำ (Folt *et al.*, 1999; Benider *et al.*, 2002; Pavon-Meza *et al*., 2005; Xi *et al.*, 2005; Martinez-Jeronimo and Martinez-Jeronimo, 2007; Santangelo *et al.* 2008; Suhett *et al*., 2011; Engert *et al.*, 2013) ในสภาวะที่ขาดแคลนอาหารไรแดงสามารถดำรงชีวิตอยู่ได้ อาจเกิดจากเพิ่มการสะสมอาหารและลดการใช้พลังงานลง (Nandini and Sarma, 2000; Xi *et al*., 2005)

ผลการศึกษาการเพิ่มจำนวนของไรแดงที่เลี้ยงโดยให้ยีสต์ปริมาณที่แตกต่างกัน 4 ชุดการทดลอง พบว่า การเลี้ยงไรแดงโดยให้ยีสต์ปริมาณสูงสุด 12 มิลลิกรัมต่อลิตร มีความหนาแน่นของไรแดงสูงสุดในวันที่ 7 ของการเลี้ยง เท่ากับ 4,383.3 ± 808.3 ตัวต่อลิตร แต่ในวันที่ 8 ของการเลี้ยงจำนวนไรแดงเริ่มลดลงอาจเนื่องมาจากปริมาณอาหารไม่เพียงพอต่อจำนวนไรแดงที่เพิ่มขึ้น และปริมาณของเสียสะสมเพิ่มขึ้น ส่งผลให้จำนวนไรแดงลดลง (Din & Altaff, 2010; Rodmongkoldee, 2019) ซึ่งจำนวนของไรแดงจากการศึกษาครั้งนี้สูงกว่าการเลี้ยงไรแดงโดยให้ยีสต์ *S. cerevisiae* 14 มิลลิกรัมต่อลิตรต่อวัน ที่มีจำนวนประชากรไรแดงสูงสุดน้อยกว่า 4,000 ตัวต่อลิตร (Pena-Aguado *et al*., 2005) อาจเนื่องมาจากปริมาณอาหารที่ให้ต่อวันน้อยกว่าการศึกษาครั้งนี้ แต่จำนวนไรแดงจากการศึกษาครั้งนี้ใกล้เคียงกับการศึกษาของ Azuraidi *et al.* (2013) ที่เลี้ยงไรแดงเล็ก (*Moina micrura*) โดยให้ *Nannochloropsis oculata* 4 × 10^6 เซลล์ต่อมิลลิลิตร มีจำนวนไรแดงเล็กสูงสุด 4,680.0 ± 161.7 ตัวต่อลิตร ในวันที่ 10 ของการเลี้ยง ความหนาแน่นของไรแดงแปรผันตามปริมาณอาหาร โดยจำนวนไรแดงจะเพิ่มขึ้นเมื่อปริมาณอาหารเพิ่มขึ้น ซึ่งสอดคล้องกับการศึกษาของ Azuraidi *et al.* (2013) และสอดคล้องกับการศึกษาของ Manklinniam *et al*. (2017) ที่พบว่า ไรแดงที่เลี้ยงด้วยยีสต์ *S. cerevisiae* 4 × 10^6 เซลล์ต่อมิลลิลิตร ให้อัตราการเจริญเติบโตสูงที่สุด และสูงกว่าการเลี้ยงไรแดงด้วยสาหร่าย *Chlorella* sp. 1 × 10^5 เซลล์ต่อมิลลิลิตร และยีสต์ *Xanthophyllomyces dendrorhous* ที่ความเข้มข้น 4 × 10^7 เซลล์ต่อมิลลิลิตร

ผลการศึกษาพบไรแดงเพศผู้ในวันที่ 2 ของการเลี้ยงในชุดการทดลองที่ให้ยีสต์ 8 และ 12 มิลลิกรัมต่อลิตร ซึ่งมีจำนวนไรแดงสูงกว่าชุดการทดลองที่ให้ยีสต์ปริมาณน้อย (0 และ 4 มิลลิกรัมต่อลิตร) แสดงให้เห็นว่า ความหนาแน่นของประชากรส่งผลให้ไรแดงเปลี่ยนรูปแบบการสืบพันธุ์จากการสืบพันธุ์แบบไม่อาศัยเพศเป็นการสืบพันธุ์แบบอาศัยเพศ โดยให้กำเนิดเพศผู้ ส่วนชุดการทดลองที่เลี้ยงไรแดงโดยไม่ให้อาหารและให้ยีสต์ 4 มิลลิกรัมต่อลิตร พบไรแดงเพศผู้ในวันที่ 7 ของการเลี้ยง แสดงให้เห็นว่า ปริมาณอาหารที่ไม่เพียงพอหรือการขาดแคลนอาหารมีผลต่อการเปลี่ยนรูปแบบการสืบพันธุ์เช่นกัน ซึ่งไรแดงจะสืบพันธุ์แบบอาศัยเพศและเกิดเพศผู้เมื่อสภาพแวดล้อมไม่เหมาะสมต่อการดำรงชีวิต เช่น จำนวนประชากรมากเกินไป (Pagano *et al*., 2000) ขาดแคลนอาหาร (Azuraidi *et al*., 2013) สภาพอากาศไม่เหมาะสมหรืออุณหภูมิของน้ำเปลี่ยนแปลงไป (Chen *et al*., 2015) ส่งผลต่อการเปลี่ยนรูปแบบการสืบพันธุ์จากการสืบพันธุ์แบบไม่อาศัยเพศเป็นการสืบพันธุ์แบบอาศัยเพศ และส่งผลให้มีการสร้างเพศผู้และไข่พัก (Kleiven *et al*., 1992; Pagano *et al*., 2000; Martínez-Jerónimo *et al*., 2007; Azuraidi *et al*., 2013; Rottmann *et al*., 2016)

คุณภาพน้ำระหว่างการเลี้ยงนาน 12 วัน พบว่า อุณหภูมิอยู่ระหว่าง 17.9 - 22.8 องศาเซลเซียส ปริมาณออกซิเจนที่ละลายในน้ำอยู่ระหว่าง 7.5 - 9.1 มิลลิกรัมต่อลิตร ความเป็นกรดด่างอยู่ระหว่าง 8.2 - 9.1 และไนไตรท์อยู่ระหว่าง 0.0 - 0.22

มิลลิกรัมต่อลิตร ซึ่งจากการศึกษาก่อนหน้านี้พบว่า ไรแดงสามารถอาศัยอยู่ได้ในน้ำที่มีปริมาณไนไตรท์สูงถึง 0.88 มิลลิกรัมต่อลิตร (Tongsanga & Lumlaingpol,1987) นอกจากนี้ค่าแอมโมเนียรวมระหว่างการเลี้ยงเพิ่มขึ้นเมื่อปริมาณยีสต์เพิ่มขึ้น และค่าแอมโมเนียอยู่ระหว่าง 0.0 - 1.76 มิลลิกรัมต่อลิตร ซึ่งไรแดงถูกพบในแหล่งน้ำที่มีค่าแอมโมเนียตั้งแต่ 1.0 - 29.0 มิลลิกรัมต่อลิตร แสดงให้เห็นว่าไรแดงสามารถอาศัยอยู่ในน้ำที่มีแอมโมเนียสูงได้ (Duangsawasdi *et al*., 1981)

ถึงแม้ว่าจากผลการศึกษาจะพบว่า ปริมาณยีสต์ *S. cerevisiae* ไม่มีผลต่ออายุขัยของไรแดง ($P > 0.05$) แต่อย่างไรก็ตามจำนวนลูกต่อครอก จำนวนลูกทั้งหมดต่อแม่ จำนวนครอกต่อแม่ และจำนวนประชากรของไรแดงเพิ่มขึ้น และอายุเมื่อมีลูกครอกแรกลดลงเมื่อปริมาณอาหารเพิ่มขึ้น แสดงให้เห็นว่าปริมาณอาหารมีผลต่อการสืบพันธุ์ของไรแดง

สรุปผลการวิจัย

ผลการวิจัยแสดงให้เห็นว่า ปริมาณอาหารมีผลต่อการเพิ่มจำนวน อายุเมื่อมีลูกครอกแรก จำนวนลูกต่อครอก จำนวนลูกทั้งหมดต่อแม่ และจำนวนครอกต่อแม่ของไรแดง นอกจากนี้ไรแดงยังสามารถเลี้ยงให้ได้ปริมาณมากโดยใช้ยีสต์ขนมปัง *S. cerevisiae* เป็นอาหาร จึงเหมาะสำหรับการเลี้ยงในเชิงพาณิชย์

กิตติกรรมประกาศ

คณะผู้วิจัยขอขอบคุณสาขาวิชาประมง คณะเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยมหาสารคาม ที่ได้เอื้อเฟื้อสถานที่และอุปกรณ์เพื่อใช้ในการดำเนินการทดลอง

เอกสารอ้างอิง

Adewumi, A.A. (2015). Growth performance and survival of *Clarias gariepinus* hatchlings fed different starter diets. *European Journal of Experimental Biology*, *5*(3), 1 - 5.

Alam, M.J., Cheah, S.H., & Ang, K.J. (1991). Possible use of *Moina* spp. as a live feed substitute in larval rearing of the freshwater prawn, *Macrobrachium rosenbergii* (de Man). *Aquaculture and Fisheries Management*, *22*(4), 531 - 535.

Anano, J.A.P., & Eguia, M.R.R. (2016). Morphological development and survival of Philippine silver therapon larvae, *Leiopotherapon plumbeus* (Kner, 1864) reared under different feeding schemes. In *Proceedings of the DLSU Research Congress 2016*. (pp. 1 - 7). Manila: De La Salle University.

Azuraidi, O.M., Yusoff, F.M., Shamsudin, M.N., Raha, R.A., Alekseev, V.R., & Matias-Peralta, H.M. (2013). Effect of food density on male appearance and ephippia production in a tropical cladoceran, *Moina micrura* Kurz, 1874. *Aquaculture*, *412 - 413*, 131 - 135.

Benider, A.,Tifnouti, A., & Pourriot, R. (2002). Growth of *Moina macrocopa* (Straus, 1820) (Crustacea, Cladocera): influence of trophic conditions, population density and temperature. *Hydrobiologia*, *468*(1 - 3), 1 - 11.

Bouchnak, R., & Steinberg, C.E.W. (2010). Modulation of longevity in *Daphnia magna* by food quality and simultaneous exposure to dissolved humic substances. *Limnologica, 40*(2), 86 - 91.

Burak, E.S. (1997). Life tables of *Moina macrocopa* (STRAUS) in successive generations under food and temperature adaptation. *Hydrobiologia*, *360*(1 - 3), 101 - 107.

Chen, R., Xu, N., Zhao, F., Wu, Y., Huang, Y., & Yang, Z. (2015). Temperature-dependent effect of food size on the reproductive performances of the small-sized cladoceran *Moina micrura*. *Biochemical Systematics and Ecology, 59*, 297 - 301.

Creswell, L. (2010). *Phytoplankton Culture for Aquaculture Feed*. Retrieved 20 May 2021, from http://www.hatcheryfm.com/article-files/file_1325053981_2.pdf

Department of Fisheries. (2021). *Moina Culture*. Retrieved 20 May 2021, from chrome-extension:// efaidnbmnnnibpcajpcglclefindmkaj/viewer.html?pdfurl=http%3A%2F%2Feto.ku.ac.th%2Fneweto%2Fe-book%2Ffish%2Fraidaeng.pdf&clen=1758980&chunk=true

Din, M.U.D., & Altaff, K. (2010). Culture of zooplankton for rearing fish larvae. *Pollution Research*, *29*(2), 255 - 257.

Duangsawasdi, S., Duangsawasdi, M. & Chaitong, S. (1981). *Study on life history and culture of Moina macrocopa for aquatic animal larval feed*. Bangkok: National Inland Fisheries Institute, Department of Fisheries. (in Thai)

Engert, A., Chakrabarti, S., Saul, N., Bittner, M., Menzel, R., & Stenberg, C.E.W. (2013). Interaction of temperature and an environmental stressor: *Moina macrocopa* responds with increased body size, increased lifespan, and increased offspring numbers slightly above its temperature optimum. *Chemosphere*, *90*(7), 2136 - 2141.

Ferrao-Filho, A.S., Arcifa, M.S., & Fileto, C. (2003). Resource limitation and food quality for cladocerans in a tropical Brazilian lake. *Hydrobiologia*, *491*(1 - 3), 201 - 210.

Folt, C.L., Chen, C.Y., Moore, M.V., & Burnaford, J. (1999). Synergism and antagonism among multiple stressors. *Limnology and Oceanography*, *44*(3), 864 - 877.

Gogoi, B., Safi, V., & Das, D.N. (2016). The cladoceran as live feed in fish culture: A brief review. *Research Journal of Animal, Veterinary and Fishery Sciences*, *4*(3), 7 - 12.

Goulden, C.E. (1968). The systematics and evolution of the Moinidae. *Transaction American Philosophical Society*, *58*, 1 - 101.

Gulati, R.D., & DeMott, W.R. (1997). The role of food quality for zooplankton: remarks on the state-of-the-art, perspectives and priorities. *Freshwater Biology, 38*, 753 - 768.

He, Z.H., Qin, J.G., Wang, Y., Jiang, H., & Wen, Z. (2001). Biology of *Moina mongolica* (Moinidae, Cladocera) and perspective as live food for marine fish larvae: review. *Hydrobiologia*, *457*, 25 - 37.

Jose, L.G.F., Maria, E.H.S., Sarma, S.S.S., Nandini, S., Ricardo, Z.M., & Ramesh, D.G. (2015). Temperature and age affect the life history characteristics and fatty acid profiles of *Moina macrocopa* (cladocera). *Journal of Thermal Biology, 53*, 135 - 142.

Kamrunnahar, K., Anisuzzaman, M., Jeong, U.C., & Kang, S.J. (2019). Mass culture of *Moina macrocopa* using organic waste and its feeding effects on the performance of *Pagrus major* larvae. *Egyptian Journal of Aquatic Research, 49*, 75 - 80.

Kang, C.K., Park, H.Y., Kim, M.C., & Lee, W.J. (2006). Use of marine yeasts as an available diet for mass cultures of *Moina macrocopa*, *Aquaculture Research, 37*(12), 1227-1237.

Kar, S., Das, P., Das, U., Bimola, M., Kar, D., & Aditya, G. (2017). Culture of the zooplankton as fish food: observations on three freshwater species from Assam, India. *AACL Bioflux, 10*(5), 1210 - 1220.

Khudyi, O., Kushniryk, O., Khuda, L., & Marchenko, M. (2018). Differences in nutritional value and amino acid composition of *Moina macrocopa* (Straus) Using Yeast *Saccharomyces cerevisiae* and *Rhodotorula glutinis* as Fodder Substrates. *International Letters of Natural Sciences, 68*, 27 - 34.

Kleiven, O.T., Larsson, P., & Hobæk, A. (1992). Sexual reproduction in *Daphnia magna* requires three stimuli. *Oikos, 65*, 197 - 206.

Loh, J.Y., Ong, H.K.A., Hii, Y.S., Smith, T.J., Lock, M.W., & Khoo, G. (2012). Highly unsaturated fatty acid (HUFA) retention in the freshwater cladoceran, *Moina macrocopa*, enriched with lipid emulsions. *The Israeli journal of aquaculture*, *64*, 637 - 646.

Manklinniam, P., Chittapun, S., & Maiphae, S. (2018). Growth and nutritional value of *Moina macrocopa* (Straus, 1820) fed with *Saccharomyces cerevisiae* and *Phaffia rhodozyma*. *Crustaceana, 91*(8), 897 - 912.

Manklinniam, P., Maiphae, S., & Chittapun, S. (2017). Preliminary study of nutritional composition and growth of water flea (*Moina macrocopa* (Straus, 1820)) fed by algae and yeast. In *Proceeding The 14th KU KPS National Conference*. (pp. 3700 - 3708). Bangkok: Kasetsart University. (in Thai)

Martinez-Jeronimo, F., & Gutierrez-Valdivia, A. (1991). Fecundity, reproduction, and growth of *Moina macrocopa* fed different algae. *Hydrobiologia*, *222*(1), 49 - 55.

Martinez-Jeronimo, F., Rodriguez-Estrada, J., & Villasenor-Cordova, R. (2007). Effect of culture density and volume on *Moina micrura* (Kurz, 1874) reproduction, and sex ratio in the progeny. *Hydrobiologia*, *594*, 69 - 73.

Michels, E., & De Meester, L. (1998). The influence of food quality on the phototactic behaviourof *Daphnia magna* Straus. *Hydrobiologia, 379*, 199 - 206.

Nandini, S., & Sarma, S.S.S. (2000). Lifetable demography of four cladoceran species in relation to algal food (*Chlorella vulgaris*) density. *Hydrobiologia*, *435*, 117 - 126.

Nandini, S., & Sarma, S.S.S. 2003. Population growth of some genera of cladocerans (Cladocera) in relation to algal food (*Chlorella vulgaris*) levels. *Hydrobiologia, 491*, 211 - 219.

Ovie, S.I., & Egborge, A.B.M. (2002). The effect of different algal densities of *Scenedesmus acuminatus* on the population growth of *Moina micrura* Kurz (Crustacea: Anomopoda, Moinidae). *Hydrobiologia*, *477* (1 - 3), 41 - 45.

Pagano, M., Saint-Jean, L., Arfi, R., Bouvy, M., & Shep, H. (2000). Population growth capacities and regulatory factors in monospecific cultures of the cladocerans *Moina micrura* and *Diaphanosoma excisum* and the copepod *Thermocyclops decipiens* from Côte d'Ivoire (West Africa). *Aquatic Living Resources, 13*(3), 163 - 172.

Pavon-Meta, E.L., Sarma, S.S.S., & Nandini, S. (2005). Combined effects of algal (*Chlorella vulgaris*) food level and temperature on the demography of *Brachionus havanaensis* (Rotifera): a life table study. *Hydrobiologia*, *546*, 353 - 360.

Pena-Aguado, F., Nandini, S., & Sarma, S.S.S. (2005). Differences in population growth of rotifers and cladocerans raised on algal diets supplemented with yeast. *Limnologica, 35*, 298 - 303.

Pichitkul, P. (2005). *Water analysis*. Bangkok: Division of aquaculture, Faculty of fishery, Kasetsart university. (in Thai)

Poynton, S.L., Dachsel, P., Lehmann, M.J., & Steinberg, C.E.W. (2013). Culture of the cladoceran *Moina macrocopa*: mortality associated with flagellate infection. *Aquaculture*, *416 - 417*, 374 - 379.

Rodmongkoldee, M. (2019). *Development of Moina micrura culture techniques for aquatic animal larval feed* (Doctoral dissertation). Bangkok: Kasetsart university. (in Thai)

Rodmongkoldee, M., & Taparhudee, W. (2020). Life table responses of *Moina micrura* fed with different food concentrations. *Burapha Science Journal*, *25*(3), 1136 - 1146.

Rodmongkoldee, M., Taparhudee, W., & Saengphan, N. (2020). Laboratory study on life history of three water flea species (Cladocera : Moinidae) in Thailand. *Burapha Science Journal*, *25*(1), 129 - 140.

Rose, R.M., Warne, M.S.J., & Lim, R.P. (2000). Life history responses of the cladoceran *Ceriodaphnia* cf. *dubia* to variation in food concentration. *Hydrobiologia, 427*, 59 - 64.

Rottmann, R.W., Graves, J.S., Watson, C., & Yanong, R.P.E. (2016). *Culture Techniques of Moina: The Ideal Daphnia for Feeding Freshwater Fish Fry 1*. Florida: University of Florida.

Saengphan, N., Suksomnit, A., & Chaloiesak, P. (2016). *Modern water flea ephippia culture: Culture for 4 water flea ephippia production*. Pathum Thani: National science and technology development agency. (in Thai)

Saengphan, N., Teeramaethee, J., & Chaloiesak, P. (2013). *Species diversity and biology of the Cladocera in family Moinidae in Thailand*. Bangkok: Office of the vocational education commission. (in Thai)

Santangelo, J.M., Bozelli, R.L., Rocha, A.D., & Esteves, F.D. (2008). Effects of slight salinity increases on *Moina micrura* (Cladocera) populations: field and laboratory observations. *Marine & Freshwater Research*, *59*(9), 808 - 816.

Sipauba-Tavares, L. H., & Bachion, M. A. (2002). Population growth and development of two species of Cladocera, *Moina micrura* and *Diaphanosoma birgei*, in laboratory. *Brazilian journal of biology, 62*(4), 701 - 711.

Suhett, A.L., Steinberg, C.E.W., Santangelo, J.M., Bozelli, R.L., & Farjalla, V.F. (2011). Natural dissolved humic substances increase the lifespan and promote transgenerational resistance to salt stress in the cladoceran *Moina macrocopa*. *Environmental Science and Pollution Research International*, *18*(6), 1004 - 1014.

Taub, F.B., & Dollar, A.M. (1968). The nutritional inadequacy of *Chlorella* and *Chlamydomonas* as food for *Daphnia pulex*. *Limnology and Oceanography*, *13*, 607 - 617.

Tomonari, K., Hiroshi, F., Aki, M., & Hiroshi, F. (2016). Effects of feeding with frozen freshwater cladoceran *Moina macrocopa* on the performance of red sea bream *Pagrus major* larviculture. *Aquaculture International, 24*, 183 - 197.

Tongsanga, S., & Lumlaingpol, P. (1987). Water quality in water flea (*Moina macrocopa*) rearing tank fertilized with manure and chemical fertilizers. In *Proceeding The 25th Kasetsart University Annual Conference*. (pp. 120 - 128). Bangkok: Kasetsart University. (in Thai)

Vignatti, A.M., Cabrera, G.C., & Echaniz, S.A. (2013). Distribution and biological aspects of the introduced species *Moina macrocopa* (Straus, 1820) (Crustacea, Cladocera) in the semi-arid central region of Argentina. *Biota Neotropica, 13*(3), 86 - 92.

War, M., Altaff, K., & Haniffa, M.A. (2011). Growth and survival of larval snakehead *Channa striatus* (Bloch, 1793) fed different live feed organisms. *Turkish Journal of Fisheries and Aquatic Sciences*, *11*, 523 - 528.

Xi, Y.L., Hagiwara, A., & Sakakura, Y. (2005). Combined effects of food level and temperature on life table demography of *Moina macrocopa* STRAUS (Cladocera). *International Review of Hydrobiology*, *90*(5 - 6), 546 - 554.