การศึกษาเบื้องต้นขององค์ประกอบทางโภชนาการและการเจริญเติบโตของไรแดง (*Moina macrocopa* (Straus, 1820)) ที่เลี้ยงด้วยสาหร่ายและยีสต์

Preliminary Study of Nutritional Composition and Growth of Water Flea (*Moina macrocopa* (Straus, 1820)) Fed by Algae and Yeast

ปิยพรรณ แม้นกลิ่นเนียม[1*] สุปิยนิตย์ ไม้แพ13 และ สุเปญญา จิตตพันธ์[2]

Piyapan Manklinniam13[*], Supiyanit Maiphae13 and Supenya Chittapun14

บทคัดย่อ

จากการศึกษาผลของอาหารไรแดงและความเข้มข้นของสาหร่าย *Chlorella* sp. และยีสต์ *Saccharomyces cerevisiae, Xanthophyllomyces dendrorhous* และยีสต์ขนมปัง ต่อองค์ประกอบทางโภชนาการ และอัตราการเจริญเติบโตของไรแดง (*Moina macrocopa* (Straus, 1820)) พบว่าไรแดงมีปริมาณโปรตีนสูงสุด (78.74% กรัมต่อกรัมน้ำหนักแห้ง) เมื่อเลี้ยงด้วยสาหร่าย *Chlorella* sp. ความเข้มข้น 1×10^5 เซลล์ต่อมิลลิลิตร ในขณะที่การเลี้ยงด้วยยีสต์ *S. cerevisiae* ความเข้มข้น 4×10^7 เซลล์ต่อมิลลิลิตร ให้ปริมาณโปรตีน 73.46% กรัมต่อกรัมน้ำหนักแห้ง ไรแดงมีปริมาณไขมันสูงสุด (20.30% กรัมต่อกรัมน้ำหนักแห้ง) เมื่อเลี้ยงด้วยสาหร่าย *Chlorella* sp. ความเข้มข้น 1×10^7 เซลล์ต่อมิลลิลิตร รองลงมาคือ ไรแดงที่เลี้ยงด้วยยีสต์ *S. cerevisiae* ความเข้มข้น 4×10^8 เซลล์ต่อมิลลิลิตร (17.34% กรัมต่อกรัมน้ำหนักแห้ง) นอกจากนี้พบว่าอัตราการเจริญเติบโตสูงสุดของไรแดงเป็น 0.62±0.03 ต่อวัน เมื่อเลี้ยงด้วยยีสต์ *S. cerevisiae* ความเข้มข้น 4×10^6 เซลล์ต่อมิลลิลิตร ($P < 0.01$) ผลการศึกษาแสดงให้เห็นว่า ไรแดงที่เลี้ยงด้วยยีสต์ *S. cerevisiae* มีคุณค่าทางโภชนาการใกล้เคียงกับ *Chlorella* sp. และมีอัตราการเจริญเติบโตสูง จึงสามารถนำยีสต์ *S. cerevisiae* ไปปรับใช้เพื่อทดแทนสาหร่ายในการเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำได้

คำสำคัญ : ไรแดง สาหร่าย ยีสต์ องค์ประกอบทางโภชนาการ อัตราการเจริญเติบโต

Abstract

Effects of different feeds and concentrations, including *Chlorella* sp., *Saccharomyces cerevisiae*, *Xanthophyllomyces dendrorhous* and Baker's yeast on nutritional composition and growth of water flea (*Moina macrocopa* (Straus, 1820)) were investigated. The highest protein content of 78.74% g/g dry biomass was obtained when *M. macrocopa* was fed by *Chlorella* sp. 1×10^5 cell/ml. While, the protein content of 73.46% g/g dry biomass was obtained when fed with 4×10^7 cell/ml of *S. cerevisiae*. The highest lipid content was recorded from *M. macrocopa* that fed with 1×10^7 cell/ml of *Chlorella* sp. (20.30% g/g dry biomass) and they contained 17.34% g/g dry biomass of lipid when fed with 4×10^8 cell/ml of *S. cerevisiae*. In addition, growth rate of *M. macrocopa* was high when cultured

[1] ภาควิชาสัตววิทยา คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ กรุงเทพฯ 10900

[1] Department of Zoology, Faculty of Science, Kasetsart University, Bangkok 10900

[2] ภาควิชาเทคโนโลยีชีวภาพ คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์ ปทุมธานี 12120

[2] Department of Biotechnology, Faculty of Science and Technology, Thammasat University, Pathum Thani 12120

them with 4×10^6 cell/ml of *S. cerevisiae* (0.62±0.03 per day) ($P < 0.01$). The results indicated that *M. macrocopa* fed with *S. cerevisiae* contains similar protein and lipid contents as one fed with *Chlorella* sp.. Therefore, *S. cerevisiae* shows a potential to replace *Chlorella* sp.as diet for water flea in aquaculture.

Keyword : algae, growth rate, nutritional composition, water flea, yeast

*Corresponding author; E-mail address: **piyapan_anny@hotmail.com**

คำนำ

อาหารมีชีวิตมีบทบาทอย่างมากในการเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำวัยอ่อน เนื่องจากสัตว์น้ำวัยอ่อนมีพัฒนาการอวัยวะย่อยอาหารไม่สมบูรณ์ (Conceição et al., 2010) ทำให้ต้องกินอาหารมีชีวิตซึ่งมีเอนไซม์ช่วยย่อยอาหารและมีกรดแอมิโนเป็นองค์ประกอบ เพื่อช่วยในการย่อยอาหารและนำไปใช้ได้ทันที (อมรรัตน์ และบุษกร, 2543) ไรแดงเป็นอาหารมีชีวิตที่มีเอนไซม์ช่วยย่อยอาหาร (Taghavi et al., 2013) มีคุณค่าทางอาหารสูง เป็นแหล่งโปรตีนสำหรับสัตว์น้ำวัยอ่อน (Dias and Vakupitiyage, 1998) โดยเฉพาะสัตว์น้ำเศรษฐกิจ เช่น ปลากัด กุ้งก้ามกราม (วิรัตดา, 2543) เป็นต้น นอกจากนี้ไรแดงยังมีราคาไม่สูงเมื่อเปรียบเทียบกับอาหารมีชีวิตชนิดอื่น ทำให้ความต้องการไรแดงมีเพิ่มขึ้น จึงเกิดปัญหาผลผลิตไม่ต่อเนื่อง และขาดแคลน โดยเฉพาะในช่วงฤดูฝน (วิรัตดา, 2543) ทั้งนี้ปัจจัยที่สำคัญที่สุดในการเพาะเลี้ยงไรแดงคืออาหาร และอาหารที่ดีที่สุดคือสาหร่ายสกุลคลอเรลลา (*Chlorella* sp.) เนื่องจากมีขนาดเล็กและมีคุณค่าทางอาหารสูง (ลัดดา, 2543) การเพาะเลี้ยงสาหร่ายประสบปัญหาเรื่องผลผลิตของสาหร่ายไม่คงที่เนื่องจากปัจจัยสิ่งแวดล้อมมีการเปลี่ยนแปลงตลอดทั้งปี ทำให้ผลผลิตของสาหร่ายในในบางฤดูมีน้อย ส่งผลกระทบต่อการนำสาหร่ายไปเลี้ยงไรแดง จึงมีการพัฒนาอาหารที่ใช้เพาะเลี้ยงไรแดง เพื่อเพิ่มปริมาณผลผลิต อัตราการเจริญเติบโต และคุณค่าทางโภชนาการ เช่น มูลสัตว์ (สันทนา และคณะ, 2524) แบคทีเรีย (สาธิต, 2541) และยีสต์ (Kushniryk et al., 2015) เป็นต้น โดยยีสต์มักถูกใช้เป็นอาหารเสริมเอนไซม์ให้กับสัตว์ เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพการย่อยอาหาร (นฤมล, 2549) อีกทั้งไม่มีผลเสียต่อสัตว์และสิ่งแวดล้อม (Mohammad et al., 2012) Baker's yeast เป็นยีสต์ที่ใช้ในการเลี้ยงสัตว์ทั่วไปรวมไปถึงไรน้ำ (Peña-Aguado et al., 2005) *Saccharomyces cerevisiae* เป็นแหล่งของโปรตีนและแร่ธาตุให้กับสัตว์ ที่นิยมใช้อย่างกว้างขวางในการเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำ (Yamada and Sgarbieri, 2005) และ *Xanthophyllomyces dendrorhous* มีการนำมาใช้ในการเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำ เนื่องจากมีโปรตีน ไขมัน วิตามิน และแอสตาแซนทิน (Sanderson and Jolly, 1994)

การศึกษาครั้งนี้จึงสนใจศึกษาองค์ประกอบทางโภชนาการและอัตราการเจริญเติบโตของไรแดงที่เลี้ยงด้วยยีสต์ 3 ชนิด ได้แก่ *Saccharomyces cerevisiae Xanthophyllomyces dendrorhous* และยีสต์ขนมปัง (Baker's yeast) เปรียบเทียบกับสาหร่าย *Chlorella* sp. เพื่อเป็นข้อมูลในพัฒนาการเพาะเลี้ยงไรแดง เพื่อนำไปใช้ในการอนุบาลสัตว์น้ำวัยอ่อนและการเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำอื่นๆ ต่อไป

อุปกรณ์และวิธีการ

การเตรียมการทดลอง

เตรียมสาหร่าย *Chlorella* sp. โดยเพาะเลี้ยงสาหร่ายจากสูตรอาหาร ยูเรีย ($CO(NH_2)_2$), ปุ๋ย 16-20-0, รำละเอียด และปูนขาว ในบ่อกลางแจ้งขนาด 3 × 6 เมตร เมื่อสาหร่ายเจริญเติบโตมากขึ้น นำไปปรับความเข้มข้นของสาหร่าย เพื่อใช้ในการทดลอง โดยนับจำนวนเซลล์สาหร่ายด้วยสไลด์นับจำนวน (hemocytometer) และปรับปริมาณเซลล์ให้ได้ความเข้มข้นที่ต้องการ

เตรียมยีสต์ *S. cerevisiae* (SC90 จากสาขาวิชาเทคโนโลยีชีวภาพ คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์) *X. dendrorhous* (TISTR 5730 จากสถาบันวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งประเทศไทย) และยีสต์ขนมปังหรือ Baker's yeast (*S. cerevisiae*) โดยการเพาะเลี้ยงจากสูตรอาหารเหลว YPD (Yeast extract Peptone Dextrose) บ่มที่อุณหภูมิ 20±5 องศาเซลเซียส โดย *S. cerevisiae* และ Baker's Yeast มีระยะเวลาเจริญ 24 ชั่วโมง *X. dendrorhous* 96 ชั่วโมง เมื่อยีสต์เจริญนำไปปรับความเข้มข้นเพื่อใช้ในการทดลอง โดยนับจำนวนเซลล์ และนำไปตกตะกอนโดยการปั่นเหวี่ยง เก็บรักษาเซลล์ยีสต์ที่ได้ที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส ก่อนทำการทดลองปรับปริมาณเซลล์ให้ได้ความเข้มข้นต้องการ

เตรียมไรแดง โดยนำไข่ไรแดง *Moina macrocopa* มาเพาะฟัก หลังจากฟักตัว เลี้ยงไรแดงให้ได้จำนวนมากในบ่อขนาด 2 × 8 เมตร โดยให้สาหร่าย *Chlorella* sp. เป็นอาหาร

การทดลองที่ 1 ศึกษาองค์ประกอบทางโภชนาการของไรแดง

การทดลองแบ่งเป็น 5 ชุดการทดลอง ชุดการทดลองละ 3 ระดับความเข้มข้นของอาหาร ระดับความเข้มข้นละ 3 ซ้ำ โดยแต่ละซ้ำใช้กล่องความจุปริมาตร 100 ลิตร บรรจุน้ำประปาที่พักไว้ข้ามคืน 50 ลิตร ใส่ไรแดงที่ได้จากการเลี้ยงปริมาณ 150 กรัมต่อกล่อง อดอาหารไรแดง 1 ชั่วโมง และเติมอาหารตามชุดการทดลอง ดังนี้

ชุดการทดลองที่ 1 ชุดควบคุม เลี้ยงไรแดง โดยให้อาหาร คือ สาหร่าย *Chlorella* sp. ความเข้มข้น 1×10^5 (C1) 1×10^6 (C2) และ 1×10^7(C3) เซลล์ต่อมิลลิลิตร

ชุดการทดลองที่ 2 เลี้ยงไรแดงโดยให้อาหาร คือ ยีสต์ *S. cerevisiae* ความเข้มข้น 4×10^6 (S1) 4×10^7(S2) และ 4×10^8 (S3) เซลล์ต่อมิลลิลิตร

ชุดการทดลองที่ 3 เลี้ยงไรแดงโดยให้อาหาร คือ ยีสต์ *X. dendrorhous* ความเข้มข้น 4×10^6 (P1) 4×10^7(P2) และ 4×10^8 (P3) เซลล์ต่อมิลลิลิตร

ชุดการทดลองที่ 4 เลี้ยงไรแดงโดยให้อาหาร คือ ยีสต์ *S. cerevisiae* ร่วมกับ *X. dendrorhous* ในอัตราส่วนความเข้มข้นของยีสต์ *S. cerevisiae* ร่วมกับ *X. dendrorhous* ดังนี้ 4×10^6: 4×10^6 (SP1) 4×10^7: 4×10^7 (SP2) และ 4×10^6: 4×10^6 (SP3) เซลล์ต่อมิลลิลิตร

ชุดการทดลองที่ 5 เลี้ยงไรแดงโดยให้อาหาร คือ ยีสต์ Baker's yeast ความเข้มข้น 4×10^6 (B1) 4×10^7(B2) และ 4×10^8 (B3) เซลล์ต่อมิลลิลิตร

นำชุดการทดลองทั้งหมดมาเลี้ยงบริเวณร่มที่มีแสงเพียงพอ ให้อากาศตลอดเวลา หลังจาก 24 ชั่วโมง นำไรแดงปริมาตร 200 กรัมใส่ในขวดแก้วปิดฝาให้สนิท ส่งวิเคราะห์ปริมาณคุณค่าทางโภชนาการ (Proximate Analysis) ได้แก่ ปริมาณโปรตีน ไขมัน คาร์โบไฮเดรต และเถ้าด้วยวิธีของ AOAC (2012) ที่ห้องปฏิบัติการวิจัยและทดสอบอาหาร คณะวิทยาศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

การทดลองที่ 2 ศึกษาอัตราการเจริญเติบโตของไรแดง

การทดลองแบ่งเป็น 3 ชุดการทดลอง ชุดการทดลองละ 1 ระดับความเข้มข้นของอาหาร โดยเลือกระดับความเข้มข้นที่ให้ปริมาณร้อยละขององค์ประกอบทางโภชนาการในไรแดงสูงที่สุดจากการทดลองที่ 1 โดยพิจารณาจากปริมาณร้อยละของโปรตีนและแนวโน้มในการช่วยลดต้นทุนการผลิตมากที่สุด ทดลองระดับความเข้มข้นละ 3 ซ้ำ โดยแต่ละซ้ำใช้กล่องความจุปริมาตร 100 มิลลิลิตร บรรจุน้ำประปาที่พักไว้แล้ว 50 มิลลิลิตร ใส่ไรแดง 10 ตัวต่อกล่อง อดอาหารไรแดง 1 ชั่วโมง และเติมอาหารตามระดับความเข้มข้นที่ให้คุณค่าทางโภชนาการดีที่สุดในแต่ละชุดการทดลอง ดังนี้

ชุดการทดลองที่ 1 ชุดควบคุม เลี้ยงไรแดงโดยให้อาหาร คือ สาหร่าย *Chlorella* sp. ความเข้มข้น 1×10^5 เซลล์ต่อมิลลิลิตร (CH)

ชุดการทดลองที่ 2 เลี้ยงไรแดงโดยให้อาหาร คือ ยีสต์ *S. cerevisiae* ความเข้มข้น 4×10^6 เซลล์ต่อมิลลิลิตร (SC)

ชุดการทดลองที่ 3 เลี้ยงไรแดงโดยให้อาหาร คือ ยีสต์ *X. dendrorhous* ความเข้มข้น 4×10^7 เซลล์ต่อมิลลิลิตร (PH)

โดยชุดการทดลองทั้งหมดเลี้ยงในห้องทดลองที่มีแสงเพียงพอ ไม่เติมอากาศ ดูดตะกอนและเติมน้ำสะอาดทุกวัน ให้อาหารทุก 6 ชั่วโมง และสุ่มนับจำนวนไรแดงทุกวันเป็นเวลา 15 วัน

การวิเคราะห์ข้อมูล

อัตราการเจริญเติบโต (rate of population growth) ตามวิธีของ Krebs (1985) จากสูตร

$$r = \ln (N_t) - \ln(N_0) / t$$

r คือ อัตราการเจริญเติบโต

N_t คือ จำนวนของของประชากรที่หนาแน่นสูงสุด ณ วันที่

N_0 คือ จำนวนของของประชากรในวันเริ่มต้น

t คือ วันที่

นำข้อมูลที่ได้จากการคำนวณอัตราการเจริญเติบโต มาวิเคราะห์ความแปรปรวนด้วย One Way Analysis of Variance (One-Way ANOVA) และเปรียบเทียบความแตกต่างระหว่างค่าเฉลี่ยของชุดการทดลองด้วยวิธี Post Hoc Tests; Tukey tests ที่ระดับความเชื่อมั่น 99 เปอร์เซ็นต์ วิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติทั้งหมดโดยโปรแกรมสำเร็จรูปทางสถิติ

ผลการทดลองและวิจารณ์

องค์ประกอบทางโภชนาการของไรแดง

ผลการศึกษาองค์ประกอบทางโภชนาการในไรแดงที่เลี้ยงด้วยชนิดอาหารและความเข้มข้นของอาหาร ที่แตกต่างกัน 5 ชุดการทดลอง ด้วยการวิเคราะห์ทางเคมี ได้แก่ โปรตีน ไขมัน คาร์โบไฮเดรต และเถ้า พบว่า ไรแดงที่เลี้ยงด้วยสาหร่าย *Chlorella* sp. มีปริมาณช่วง% กรัมต่อกรัมน้ำหนักแห้งขององค์ประกอบทางโภชนาการ ดังนี้ ปริมาณ โปรตีน 68.70 - 78.74% กรัมต่อกรัมน้ำหนักแห้ง ไขมัน 12.98 - 20.30 คาร์โบไฮเดรต 0 - 6.60 และเถ้า 4.40 - 6.56 ตามลำดับ (Table 1) ไรแดงที่เลี้ยงด้วยยีสต์ *S. cerevisiae* มีปริมาณช่วง% กรัมต่อกรัมน้ำหนักแห้งขององค์ประกอบทางโภชนาการ ดังนี้ โปรตีน 72.36 - 73.46 ไขมัน 12.32 - 17.34 คาร์โบไฮเดรต 5.15 -

8.14 และ เถ้า 5.15 - 6.28 ตามลำดับ ไรแดงที่เลี้ยงด้วยยีสต์ *X. dendrorhous* มีปริมาณช่วง% กรัมต่อกรัมน้ำหนักแห้งขององค์ประกอบทางโภชนาการ ดังนี้ โปรตีน 69.10 - 74.37 ไขมัน 3.18 - 5.04 คาร์โบไฮเดรต 13.36 - 16.97 และ เถ้า 7.58 - 8.20 ตามลำดับ ไรแดงที่เลี้ยงด้วยยีสต์ *S. cerevisiae* ร่วมกับ *X. dendrorhous* มีปริมาณช่วง% กรัมต่อกรัมน้ำหนักแห้งขององค์ประกอบทางโภชนาการ ดังนี้ โปรตีน 62.33 - 76.74 ไขมัน 3.88 - 5.07 คาร์โบไฮเดรต 11.24 - 24.48 และเถ้า 7.25 - 10.50 ตามลำดับ และไรแดงที่เลี้ยงด้วยยีสต์ขนมปังมีปริมาณช่วง% กรัมต่อกรัมน้ำหนักแห้งขององค์ประกอบทางโภชนาการ ดังนี้ โปรตีน 71.43 - 74.29 ไขมัน 6.60 - 9.74 คาร์โบไฮเดรต 12.01 - 13.84 และ เถ้า 6.37 - 9.74 ตามลำดับ จากการศึกษาก่อนหน้านี้พบว่าสัตว์น้ำมีความต้องการโปรตีนตลอดเวลา โดยเฉพาะสัตว์น้ำวัยอ่อนต้องการโปรตีนสูงกว่าสัตว์น้ำโตเต็มวัย มีรายงานปริมาณองค์ประกอบทางโภชนาการของไรแดงโดยมีปริมาณโปรตีน 50% กรัมต่อกรัมน้ำหนักแห้งไขมันของไรแดงโตเต็มวัยอยู่ในช่วง 20 - 27% กรัมต่อกรัมน้ำหนักแห้ง ส่วนไรแดงวัยอ่อนมีปริมาณไขมันอยู่ในช่วง 4 - 6% กรัมต่อกรัมน้ำหนักแห้ง (Gogoi *et al*., 2016) โดยพบว่าไรแดงที่เลี้ยงด้วยอาหารชนิดและความเข้มข้นต่างๆในการศึกษาครั้งนี้ทำให้ไรแดงมีปริมาณ% กรัมต่อกรัมน้ำหนักแห้งของโปรตีนสูงกว่าการศึกษาอื่นๆ

จากผลการศึกษาครั้งนี้ ไรแดงที่มีปริมาณโปรตีนมากที่สุดคือไรแดงที่เลี้ยงด้วยอาหารชุดควบคุมสาหร่าย *Chlorella* sp. ความเข้มข้น 1×10^5 เซลล์ต่อมิลลิลิตร (C1) มีค่า 78.74% กรัมต่อกรัมน้ำหนักแห้ง รองมาคืออาหารชุดควบคุมที่ 1×10^6 เซลล์ต่อมิลลิลิตร (C2) มีค่า 78.13 % กรัมต่อกรัมน้ำหนักแห้ง โดยยีสต์ที่ให้ปริมาณโปรตีนสูงสุดคือ ยีสต์ *S. cerevisiae* ร่วมกับ *X. dendrorhous* ที่ความเข้มข้นของ 4×10^8 : 4×18^8 เซลล์ต่อมิลลิลิตร (SP3) มีปริมาณโปรตีนในไรแดงเท่ากับ 76.74% กรัมต่อกรัมน้ำหนักแห้ง และไรแดงมีปริมาณโปรตีนต่ำสุด (62.33% กรัมต่อกรัมน้ำหนักแห้ง) เมื่อเลี้ยงด้วย *S. cerevisiae* ร่วมกับ *X. dendrorhous* ที่ความเข้มข้น 4×10^7 : 4×18^7 เซลล์ต่อมิลลิลิตร (SP2) ซึ่งมีความแตกต่างจากรายงานของนุชนรี และคณะ (2555) ได้รายงานว่าไรแดงสดมีโปรตีนสูงถึง 79.10% กรัมต่อกรัมน้ำหนักแห้ง ส่วนไขมันเป็นสารอาหารที่มีความสำคัญรองจากโปรตีน (ธนาภรณ์, 2557) ปริมาณของไขมันมากที่สุดเมื่อเลี้ยงไรแดงด้วยอาหารชุดควบคุมที่ความเข้มข้น 1×10^7 เซลล์ต่อมิลลิลิตร (C3) มีปริมาณไขมันเท่ากับ 20.30% กรัมต่อกรัมน้ำหนักแห้ง รองมาคือ C1 โดยยีสต์ที่ให้ปริมาณไขมันสูงสุดคือ ยีสต์ *S. cerevisiae* ที่ความเข้มข้น 4×10^8 เซลล์ต่อมิลลิลิตร (S3) มีปริมาณไขมันในไรแดงเท่ากับ 17.34% กรัมต่อกรัมน้ำหนักแห้ง และอาหารที่ทำให้ไรแดงมีปริมาณของไขมันต่ำสุดคือ *X. dendrorhous* ที่ความเข้มข้นของ 4×10^8 เซลล์ต่อมิลลิลิตร (P3) (3.18% กรัมต่อกรัมน้ำหนักแห้ง) แต่หากเทียบกับงานของนุชนรี และคณะ (2555) พบว่าไรแดงสดมีปริมาณไขมัน 4.87% กรัมต่อกรัมน้ำหนักแห้ง ซึ่งการศึกษาครั้งนี้มีปริมาณไขมันมากกว่า ส่วนปริมาณของคาร์โบไฮเดรตในไรแดงมีค่าสูงเมื่อเพาะเลี้ยงไรแดงด้วยอาหารยีสต์ผสมระหว่าง *S. cerevisiae* ร่วมกับ *X. dendrorhous* ที่ความเข้มข้น 4×10^6 และ 4×10^7 เซลล์ต่อมิลลิลิตร ตามลำดับ (24.48 และ 22.10% กรัมต่อกรัมน้ำหนักแห้ง) โดยพบว่าอาหารยีสต์จะทำให้ปริมาณของคาร์โบไฮเดรตในไรแดงค่อนข้างสูงกว่าสาหร่าย ส่วนอาหารที่ทำให้ไรแดงมีปริมาณของเถ้าต่ำสุดคือสาหร่าย *Chlorella* sp. ที่ความเข้มข้น 1×10^6 เซลล์ต่อมิลลิลิตร (C2) (4.40% กรัมต่อกรัมน้ำหนักแห้ง) และปริมาณเถ้าสูงเมื่ออาหารมีส่วนผสมของยีสต์ *X. dendrorhous* แสดงให้เห็นว่ายีสต์ *X. dendrorhous* น่าจะมีผลทำให้ปริมาณของคาร์โบไฮเดรตและเถ้าในไรแดงมีปริมาณสูงขึ้น

ศึกษาอัตราการเจริญเติบโตของไรแดง

การศึกษาครั้งนี้พบว่า ไรแดงที่เลี้ยงด้วยยีสต์ *S. cerevisiae* ความเข้มข้น 4×10^6 เซลล์ต่อมิลลิลิตร (SC) ให้อัตราการเจริญเติบโตสูงที่สุด เท่ากับ 0.62±0.03 ต่อวัน รองมาเป็นไรแดงที่เลี้ยงด้วยสาหร่าย *Chlorella* sp. ความเข้มข้น 1×10^5 เซลล์ต่อมิลลิลิตร (CH) (0.59±0.00 ต่อวัน) และยีสต์ *X. dendrorhous* ที่ความเข้มข้น 4×10^7 เซลล์ต่อมิลลิลิตร (PH) (0.49±0.00 ต่อวัน) ตามลำดับ (Figure 1) และไรแดงที่เลี้ยงด้วยอาหารแต่ละชุดมีอัตราการเจริญเติบโตแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P < 0.01$) เมื่อเทียบกับรายงานของ Gama *et al*. (2015) ที่เลี้ยงไรแดงด้วยสาหร่าย *C. vulgaris* ที่ความเข้มข้น 7.5×10^5 เซลล์ต่อมิลลิลิตร ไรแดงมีอัตราการเจริญเติบโต 0.32 ต่อวัน และกับรายงานของ Morales-Ventura *et al*. (2012) ใช้สาหร่าย *C. vulgaris* ที่ความเข้มข้น 1.0×10^6 เซลล์ต่อมิลลิลิตร ให้อัตราการเจริญเติบโตในช่วง 0.1 - 0.38 ต่อวัน ซึ่งให้ปริมาณอัตราการเจริญเติบโตของไรแดงน้อยกว่าการศึกษาครั้งนี้ แสดงให้เห็นว่า การเพาะเลี้ยงไรแดงด้วยชนิดอาหารและความเข้มข้นแตกต่างกัน รวมไปถึงสภาวะในการเพาะเลี้ยงที่ต่างกันอาจมีผลต่ออัตราการเจริญเติบโตของไรแดง

Table 1 Percentage of protein, lipid, carbohydrate and ash of *M. macrocopa* with different feeds

Food types (cell/mL)		Nutritional Composition (% g/g dry biomass)			
		Protein	Lipid	Carbohydrate	Ash
Chlorella sp.	1×10^5 (C1)	78.74	14.70	0	6.56
	1×10^6 (C2)	78.13	12.98	2.88	6.01
	1×10^7 (C3)	68.70	20.30	6.60	4.40
S. cerevisiae	4×10^6 (S1)	73.26	12.32	8.14	6.28
	4×10^7 (S2)	73.46	14.50	6.14	5.90
	4×10^8 (S3)	72.36	17.34	5.15	5.15
X. dendrorhous	4×10^6 (P1)	69.10	5.04	17.66	8.20
	4×10^7 (P2)	74.37	4.69	13.36	7.58
	4×10^8 (P3)	72.08	3.18	16.97	7.77
S. cerevisiae + *X. dendrorhous*	4×10^6 (SP1)	64.48	3.79	24.48	7.25
	4×10^7 (SP2)	62.33	5.07	22.10	10.50
	4×10^8 (SP3)	76.74	3.88	11.24	8.14
Baker's yeast	4×10^6 (B1)	71.80	7.05	13.84	7.31
	4×10^7 (B2)	71.43	9.74	12.01	9.74
	4×10^8 (B3)	74.29	6.60	12.74	6.37

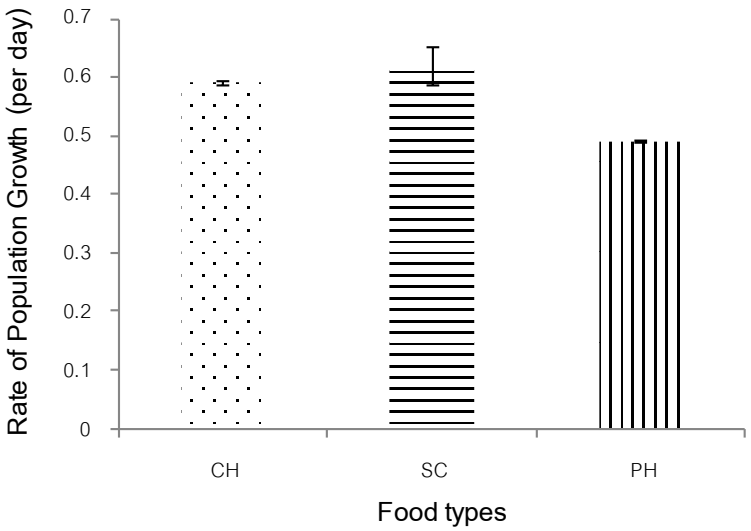

Figure 1 Rate of population growth per day (*r*) of *M. macrocopa* subjected to three feeds. The data points are the mean and standard error of three replicates

Abbreviations: CH is *Chlorella* sp. concentration 1×10^5 cell/ml, SC is *S. cerevisiae* concentration 4×10^6 cell/ml and PH is *X. dendrorhous* concentration 4×10^7 cell/ml

สรุป

อาหารที่ทำให้ไรแดงมีปริมาณโปรตีนสูงที่สุดคือ สาหร่าย *Chlorella* sp. ที่ความเข้มข้น 1×10^5 และ 1×10^6 เซลล์ต่อมิลลิลิตร ส่วนอาหารที่สามารถใช้แทนสาหร่ายแล้วมีความเหมาะสมที่ทำให้ไรแดงมีองค์ประกอบทางโภชนาการใกล้เคียงกับสาหร่าย และส่งผลให้อัตราการเจริญเติบโตสูงหรือเพิ่มผลผลิตไรแดงได้อย่างรวดเร็ว คือ ยีสต์ *S. cerevisiae* ที่ช่วงความเข้มข้น 4×10^6 - 4×10^7 เซลล์ต่อมิลลิลิตร โดยสามารถใช้ยีสต์ในการเพาะเลี้ยงไรแดงในช่วงที่สาหร่ายขาดแคลนได้ ทั้งยังช่วยลดต้นทุนและลดระยะเวลาในการผลิตอาหารของไรแดง แม้เลี้ยงไรแดงด้วยสภาวะไม่ให้อากาศ โดยยีสต์ *S. cerevisiae* มีองค์ประกอบของอาหารเลี้ยงที่น้อยกว่า เติบโตได้เร็วกว่าสาหร่ายซึ่งใช้เวลาเพียง 24 ชั่วโมง ก็สามารถนำไปเพาะเลี้ยงไรแดงได้

กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบคุณสำนักงานคณะกรรมการวิจัยแห่งชาติ (วช.) ที่สนับสนุนทุนในการวิจัย ทุนอุดหนุนประเภทบัณฑิตศึกษาปี 2559 และทุนสนับสนุนการวิจัย จากภาควิชาสัตววิทยา คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

เอกสารอ้างอิง

ธนาภรณ์ จิตตปาลพงศ์. 2557. **การสร้างสูตรอาหารสัตว์น้ำและสูตรอาหารสัตว์น้ำเศรษฐกิจ**. ราชการบริหารส่วนกลาง, กรมประมง, กระทรวงเกษตรและสหกรณ์.

นฤมล อัศวเกศมณี. 2549. **อาหารและการให้อาหารปลา จัดพิมพ์ตามโครงการตำราวิชาการราชภัฏเฉลิมพระเกียรติ เนื่องในวโรกาสพระบาทสมเด็กพระเจ้าอยู่หัวทรงครองสิริราชสมบัติครบ 60 ปี**. คณะเทคโนโลยีการเกษตร, มหาวิทยาลัยราชภัฏสงขลา.

นุชนรี ทองศรี, จุฑามาศ ชมพูนิช, จูอะดี พงศ์มณีรัตน์ และชนิกานต์ เชษฐสิงห์. 2555. ผลของการเก็บรักษาไรแดงต่อการเจริญเติบโตของปลา. **เอกสารวิชาการฉบับที่ 55/2551**. สานักวิจัยและพัฒนาประมงน้ำจืด กรมประมง กระทรวงเกษตรและสหกรณ์.

ลัดดา วงศ์รัตน์. 2543. **คู่มือการเลี้ยงแพลงก์ตอน**. พิมพ์ครั้งที่ 3. คณะประมง มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ.

วิรัตดา สีตะสิทธิ์. 2543. วิเคราะห์และประมวลผลการศึกษาวิจัยเรื่องไรแดงในประเทศไทย. **เอกสารวิชาการฉบับที่ 207/2543**. สถาบันวิจัยการเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำจืด กรมประมง กระทรวงเกษตรและสหกรณ์.

สันทนา ดวงสวัสดิ์, 2529. ชีวประวัติและการเพาะเลี้ยงไรแดง. **เอกสารเผยแพร่ฉบับที่ 3**. สถาบันประมงน้ำจืดแห่งชาติ, กรมประมง.

สาธิต โกวิทวที. 2541. อัตราการขยายพันธุ์ของไรแดง (*Moina macrocopa* Straus, 1820) ที่เลี้ยงด้วยแบคทีเรีย (*Bacillus subtilis*) ในห้องปฏิบัติการ. ใน **การประชุมวิชาการของมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์. ครั้งที่ 36**. มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์. กรุงเทพฯ.

อมรรัตน์ เสริมวัฒนากุล และ บุษกร บำรุงธรรม. 2543. **อาหารปลาสวยงาม**. สถาบันวิจัยสัตว์น้ำสวยงามและสถานแสดงพันธุ์สัตว์น้ำ, กรมประมง.

AOAC. 2012. **Official Methods of Analysis of AOAC international**. 19th ed. AOAC 54 International, Gaithersburg, Maryland, USA Becker, E.W. 2007. Micro-algae as a source of protein. Biotechnology Advance., 25: 207-210.

Conceição, L.E.C., M. Yufera, P. Makridis, S. Morais and M.T. Dinis. 2010. Live feeds for early of Fish rearing. **Aquaculture Research**. 41: 613-640.

Gama-Flores, J.L., M.E. Huidobro-Salas, S.S.S. Sarma, S. Nandini, R. Zepeda-Mejia and R.D. Gulati. (2015). Temperature and age affect the life history characteristics and fatty acid profiles of *Moina macrocopa* (Cladocera). **Journal of Thermal Biology**. 53, 135-142.

Gogoi, B., V. Safi and D.N. Das. 2016. The cladoceran as live Feed in Fish Culture: A Brief Review. **Research Journol of Animal**, *Veterinary and Fishery Sciences* . Vol.4(3), 7-12.

Kushniryk O., O. Khudyi, L. Khuda, R. Kolman and M. Marchenko. 2015. Cultivating *Moina macrocopa* Straus in different media using carotenogenic yeast Rhodotorula. **Archives of Polish Fisheries**. 23: 37-42.

Mohammad, A.R., Z. Mohammad, Y. Vahid and M. Seyed Mohammad. 2012. Effect of Different Levels of Dietary Supplementation of *Saccharomyces cerevisiae* on Growth Performance, Feed Utilization and body Biochemical Composition of Nile Tilapia (*Oreochromis niloticus*) Fingerlings. **Journal of the Persian Gulf (Marine Science)**. 3(9): 15-24.

Morales-Ventura, J., S. Nandini, S.S.S. Sarma, and M.E. Castellanos-Páez. 2012. Demography of zooplankton (*Anuraeopsis fissa*, *Brachionus rubens* and *Moina macrocopa*) fed *Chlorella vulgaris* and *Scenedesmus acutus* cultured on different media. **Revista de Biologia Tropical Journal**. 60(3), 955-965.

Peña, A.F., S., Nandini, and S.S.S. Sarma. 2005. Differences in population growth of rotifers and cladocerans raised on algal diets supplemented with yeast. **Limnologica**. 35: 298-303.

Sanderson, G.W. and S.O. Jolly. 1994. The value of *Phaffia* yeast as a feed ingredient for salmonid fish. **Aquaculture**. 124: 193-200.

Taghavi, D., O. Farhadian, N.M. Soofiani and Y. Keivany. 2013. Effects of different light/dark regimes and algal food on growth, fecundity, ephippial induction and molting of freshwater cladoceran, *Ceriodaphnia quadrangula*. **Aquaculture**. 410: 190-196.

Tewary, A. and B.C. Patra. 2011. Oral administration of baker's yeast (*Saccharomyces cerevisiae*) acts as a growth promoter and immunomodulator in Labeo rohita (Ham.). **Aquaculture research advance**. 2(1): 1-7.

Yamada, E.A. and V.C. Sgarbieri. 2005. Yeast (*Saccharomyces cerevisiae*) Protein Concentrate: Preparation, Chemical Composition, and Nutritional and Functional Properties. **Journal Agriculture and Food Chemistry**. 53: 3931-3936.