

ผลการวิจัย

จากการศึกษาระดับทองแดงในอาหารที่มีผลต่อการเจริญเติบโต ความถี่ในการลอกคราบ อัตราการรอดตาย ความแตกต่างของขนาด FCR และความเข้มข้นของโปรตีนและทองแดงในปลาสมากุ้งขาว โดยให้อาหารที่มีการเสริมทองแดงที่แตกต่างกัน 5 ระดับ 0 mg/kg (control) 50 mg/kg 100 mg/kg 150 mg/kg และ 200 mg/kg โดยเลี้ยงกุ้งขาวตั้งแต่ขนาดเริ่มต้น 9.24 เซนติเมตร และน้ำหนัก 6.24 กรัม จนถึงสิ้นสุดการทดลองเป็นเวลานาน 60 วัน พบว่ากุ้งมีความเจริญเติบโตอย่างต่อเนื่อง (รูปที่ 1 และรูปที่ 2)

ผลการวิเคราะห์ข้อมูลการเจริญเติบโต ความแปรปรวนของขนาด อัตราการรอด ความถี่ในการลอกคราบ และ FCR

1. เปอร์เซ็นต์น้ำหนักที่เพิ่มขึ้น (Weight gain)

เปอร์เซ็นต์น้ำหนักที่เพิ่มขึ้นในแต่ละชุดการทดลองไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P>0.05$) (รูปที่ 3)

2. เปอร์เซ็นต์ความยาวที่เพิ่มขึ้น (Length gain)

เปอร์เซ็นต์ความยาวลำตัวที่เพิ่มขึ้นของชุดการทดลองที่เสริมทองแดง 100 mg/kg มีค่าสูงสุด สูงกว่าชุดควบคุมและชุดการทดลองที่เสริมทองแดง 150 mg/kg อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.05$) โดยที่ชุดการทดลองที่เสริมทองแดง 50 mg/kg 200 mg/kg และชุดควบคุมไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P>0.05$) (รูปที่ 4)

3. อัตราการเจริญเติบโตจำเพาะในส่วนน้ำหนัก (Specific growth rate of weight)

ในแต่ละชุดการทดลองในเรื่องของเปอร์เซ็นต์ความแตกต่างของขนาดในส่วนน้ำหนักไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P>0.05$) (รูปที่ 5)

4. อัตราการเจริญเติบโตจำเพาะในส่วนความยาว (Specific growth rate of length)

เปอร์เซ็นต์ความแตกต่างของขนาดในส่วนความยาวของชุดการทดลองอาหารที่เสริมทองแดง 100 mg/kg สูงกว่าชุดควบคุมและชุดการทดลองที่เสริมทองแดง 150 mg/kg อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.05$) แต่ไม่แตกต่างกับชุดการทดลองที่เสริมทองแดง 50 mg/kg และชุดการทดลองที่เสริมทองแดง 200 mg/kg ($P>0.05$) (รูปที่ 6)



5. อัตราการเจริญเติบโตเฉลี่ยต่อวัน (Average daily weight gain)

ในแต่ละชุดการทดลองในเรื่องของอัตราการเจริญเติบโตเฉลี่ยต่อวัน ไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P>0.05$) (รูปที่ 7)

6. เปอร์เซ็นต์ความแปรปรวนของขนาดในส่วนน้ำหนัก (Size variation, weight)

ในแต่ละชุดการทดลองในเรื่องของเปอร์เซ็นต์ความแตกต่างของขนาดในส่วนน้ำหนักไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P>0.05$) (รูปที่ 8)

7. เปอร์เซ็นต์ความแปรปรวนของขนาดในส่วนความยาว (Size variation, length)

เปอร์เซ็นต์ความแตกต่างของขนาดในส่วนความยาวของชุดการทดลองที่เสริมทองแดง 100 mg/kg สูงกว่าชุดการทดลองที่เสริมทองแดง 50 mg/kg 200 mg/kg และชุดควบคุม อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.05$) (รูปที่ 9)

8. อัตราการรอด (Survival)

อัตราการรอดของชุดการทดลองที่เสริมทองแดง 50 mg/kg และ 200 mg/kg ต่ำกว่าชุดควบคุม อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.05$) โดยที่ชุดการทดลองที่เสริมทองแดง 100 mg/kg และ 150 mg/kg ไม่มีความแตกต่างกันและไม่แตกต่างกับชุดควบคุมอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P>0.05$) (รูปที่ 10 และ 11)

9. อัตราการแลกเนื้อของกิ้ง (Feed conversion ratio; FCR)

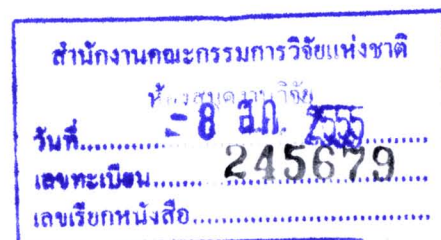
อัตราการแลกเนื้อของกิ้งในแต่ละชุดการทดลองไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P>0.05$) (รูปที่ 12)

10. ความถี่ในการลอกคราบของกิ้ง (Molting frequency)

ความถี่ในการลอกคราบของกิ้งในแต่ละชุดการทดลองไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P>0.05$) (รูปที่ 13 และ 14)

11. ระดับความเข้มข้นโปรตีนในพลาสมา

ระดับความเข้มข้นของโปรตีนในพลาสมาของกิ้งขาว จากการนำสมการเส้นตรงจากกราฟมาตรฐาน (รูปที่ 15) มาคำนวณปริมาณโปรตีน โดยจะเห็นชัดเจนว่าชุดการทดลองที่เสริมทองแดง 200 mg/kg จะพบวาระดับความเข้มข้นโปรตีนมีค่าสูงสุด สูงกว่าชุดการทดลองที่เสริมทองแดงในอาหาร 50 mg/kg, 100 mg/kg, 150 mg/kg และชุดควบคุม อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.05$) โดยที่ชุดควบคุมมีระดับความเข้มข้นของโปรตีนต่ำสุด ต่ำกว่าชุดการทดลองที่เสริมทองแดง 150 mg/kg อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.05$) แต่ไม่แตกต่างกับชุดการทดลองที่เสริมทองแดง 50 mg/kg และ 100 mg/kg อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P>0.05$) (รูปที่ 16)



12. ระดับความเข้มข้นของทองแดงในพลาสมา

ระดับความเข้มข้นของทองแดงในพลาสมาของชุดการทดลองที่เสริมทองแดง 150 mg/kg สูงสุดและสูงกว่าชุดควบคุมอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P < 0.05$) แต่ไม่แตกต่างกับชุดการทดลองที่เสริมทองแดง 50 mg/kg 100 mg/kg และ 200 mg/kg (รูปที่ 17)

13. ผลการทดสอบการทนทานต่อการขาดออกซิเจน

13.1 ระยะเวลาที่ทนทานที่สุดที่ทำให้กุ้งสลบ

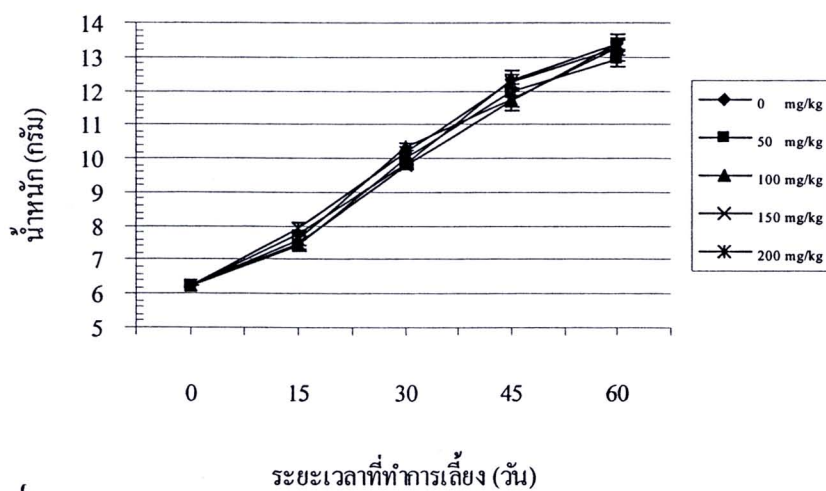
ระยะเวลาที่ทำให้กุ้งสลบ 50% ของชุดการทดลองที่เสริมทองแดง 150 mg/kg มีค่าสูงสุด สูงกว่าชุดการทดลองที่เสริมทองแดง 50 mg/kg 100 mg/kg และชุดควบคุม อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P < 0.05$) โดยที่ชุดการทดลองที่เสริมทองแดง 150 mg/kg และ 200 mg/kg ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P > 0.05$) และระยะเวลาที่ทำให้กุ้งสลบของชุดควบคุมมีค่าต่ำสุด ต่ำกว่าชุดการทดลองที่เสริมทองแดง 50 mg/kg และ 100 mg/kg อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P < 0.05$) (รูปที่ 18)

13.2 ระดับออกซิเจนต่ำสุดที่ละลายในน้ำที่ทำให้กุ้งสลบ

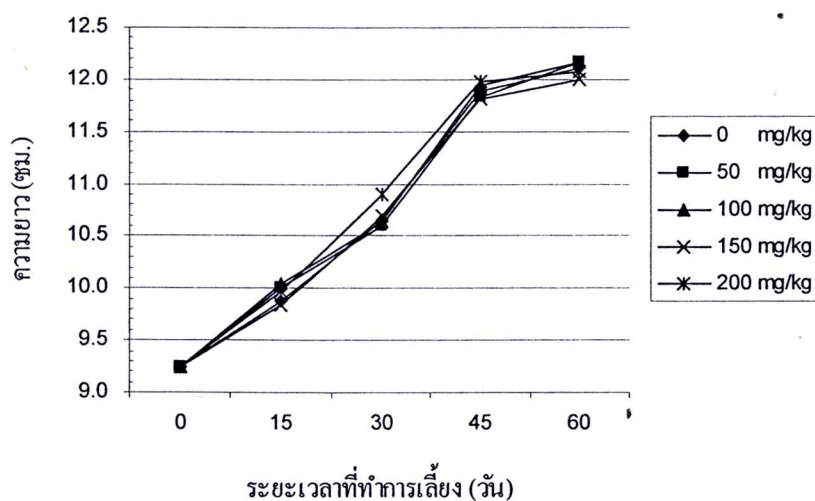
ปริมาณออกซิเจนที่ละลายในน้ำที่ทำให้กุ้งสลบของชุดการทดลองที่เสริมทองแดง 150 mg/kg ต่ำกว่าชุดการทดลองที่เสริมทองแดง 0 mg/kg (ชุดควบคุม) 50 mg/kg และ 100 mg/kg อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P < 0.05$) แต่ไม่แตกต่างกับชุดการทดลองที่เสริมทองแดง 200 mg/kg อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P > 0.05$) และชุดควบคุมจะมีปริมาณออกซิเจนที่ละลายในน้ำสูงสุดที่ทำให้กุ้งสลบ และสูงกว่าชุดการทดลองที่เสริมทองแดง 50 mg/kg และ 100 mg/kg อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P < 0.05$) (รูปที่ 19)

14. คุณภาพน้ำในบ่อทดลอง

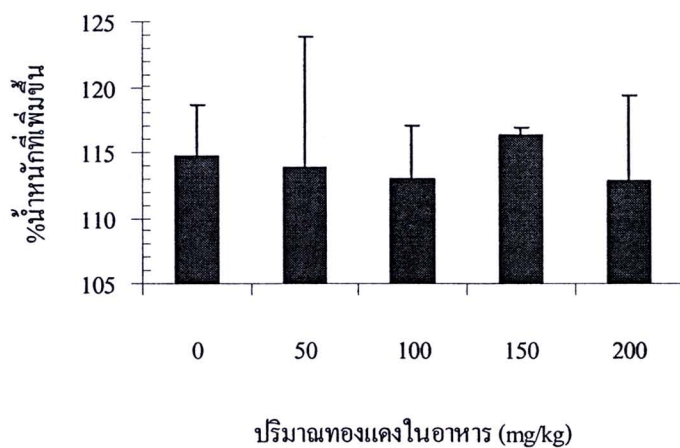
จากการตรวจสอบตลอดระยะเวลาที่ทำการทดลอง พบว่า ระดับความเค็มอยู่ที่ 10 ppt อุณหภูมิ 26 – 29 °C พีเอช 7.8-8.3 ส่วนไนโตรเจน 0.002 mg/l และแอมโมเนียต่ำกว่า 0.02 mg/l ซึ่งคุณภาพน้ำยังอยู่ระดับไม่เป็นอันตรายต่อสัตว์น้ำ ทั้งนี้เนื่องจากการเปลี่ยนถ่ายน้ำ 50% ทุกๆ 7 วัน และมีการนำอาหารที่เหลือออกไปหลังจากให้กุ้งกินเป็นเวลา 2-3 ชม.



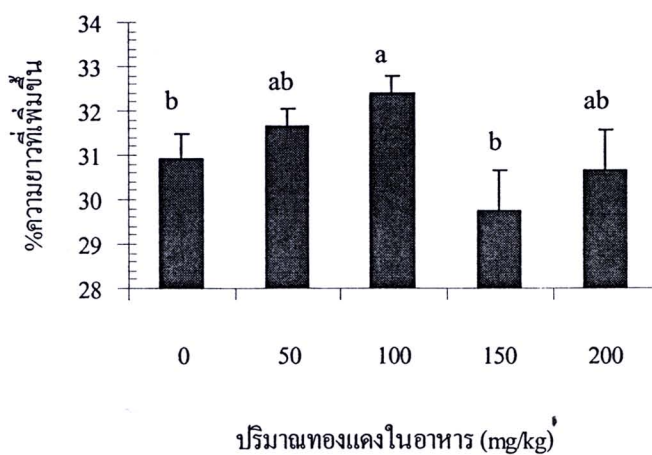
รูปที่ 1 น้ำหนักตัวของกุ้งขาว (*L. vannamei*) ที่เลี้ยงด้วยอาหารเสริมทองแดง ระยะเวลาเลี้ยง 60 วัน
ค่าเฉลี่ย $\pm$ S.E.



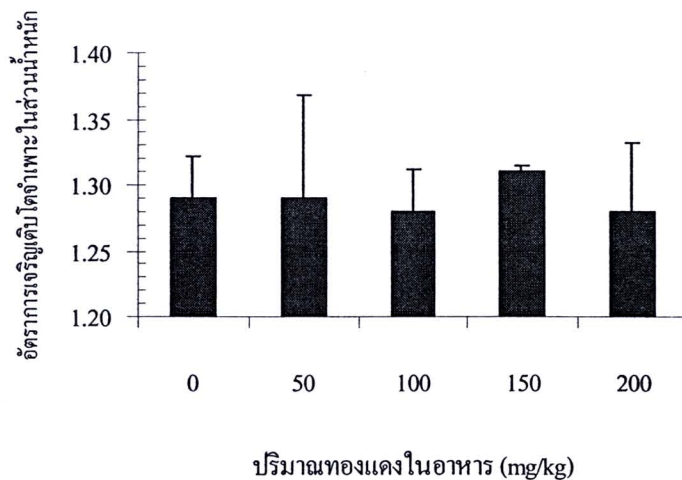
รูปที่ 2 ความยาวลำตัวของกุ้งขาว (*L. vannamei*) ที่เลี้ยงด้วยอาหารเสริมทองแดง ระยะเวลาเลี้ยง 60 วัน
ค่าเฉลี่ย $\pm$ S.E.



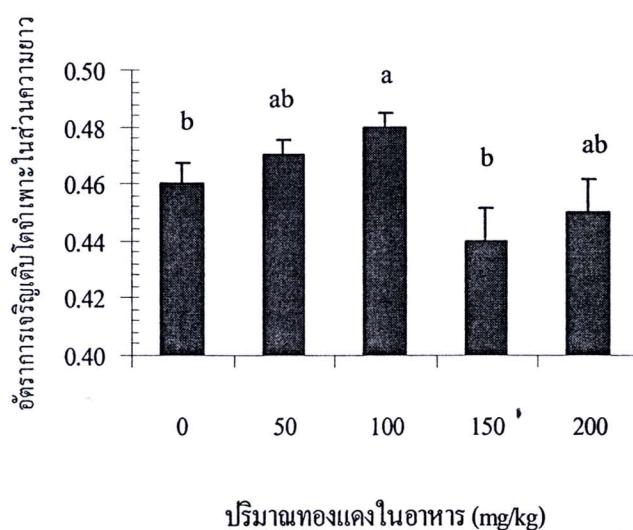
รูปที่ 3 เปอร์เซนต์น้ำหนักตัวที่เพิ่มขึ้นของกุ้งขาว (*L. vannamei*) ที่เลี้ยงด้วยอาหารเสริมทองแดงครบ 60 วัน
ค่าเฉลี่ย $\pm$ S.E.



รูปที่ 4 เปอร์เซนต์ความยาวลำตัวที่เพิ่มขึ้นของกุ้งขาว (*L. vannamei*) ที่เลี้ยงด้วยอาหารเสริมทองแดงครบ 60 วัน
หมายเหตุ 1. ค่าเฉลี่ย $\pm$ S.E.
2. อักษรภาษาอังกฤษที่ต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$)



รูปที่ 5 อัตราการเจริญเติบโตจำเพาะในส่วนของน้ำหนักของกุ้งขาว (*L. vannamei*) ที่เลี้ยงด้วยอาหารเสริมทองแดงครบ 60 วัน ค่าเฉลี่ย $\pm$ S.E.

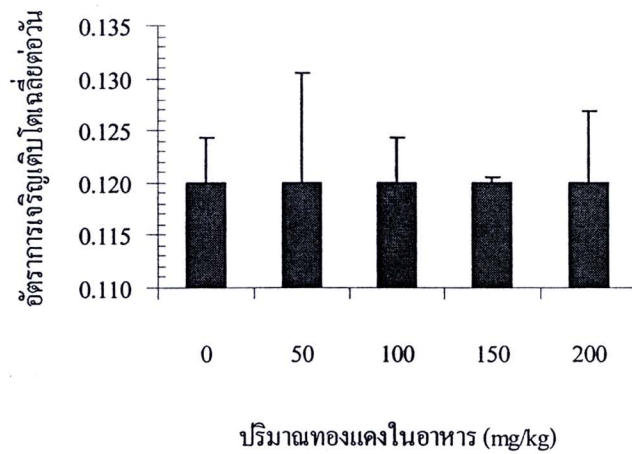


รูปที่ 6 อัตราการเจริญเติบโตจำเพาะในส่วนความยาวของกุ้งขาว (*L. vannamei*) ที่เลี้ยงด้วยอาหารเสริมทองแดงเมื่อเลี้ยงครบ 60 วัน

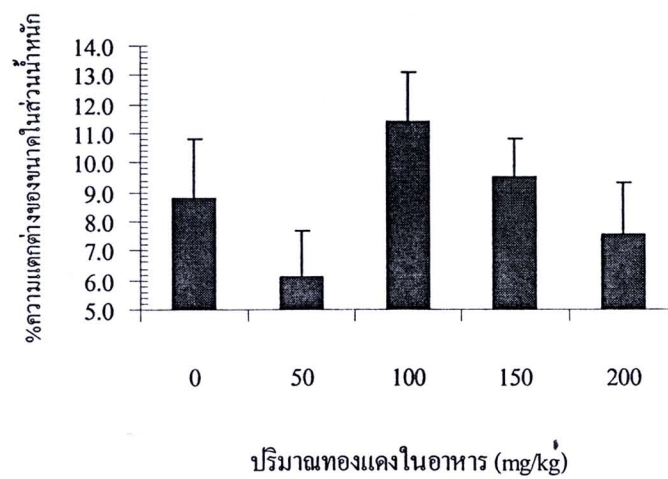
หมายเหตุ 1. ค่าเฉลี่ย $\pm$ S.E.

2. อักษรภาษาอังกฤษที่แตกต่างกันคือมีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ

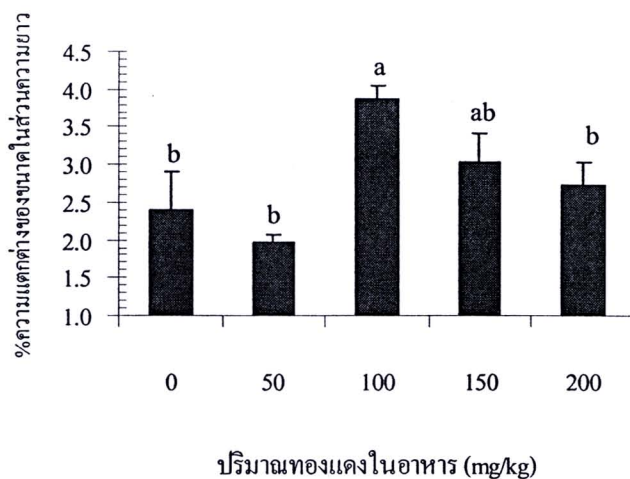
($p < 0.05$)



รูปที่ 7 อัตราการเจริญเติบโตเฉลี่ยต่อวันของกุ้งขาว (*L. vannamei*) ที่เลี้ยงด้วยอาหารเสริมทองแดงครบ 60 วัน ค่าเฉลี่ย $\pm$ S.E.

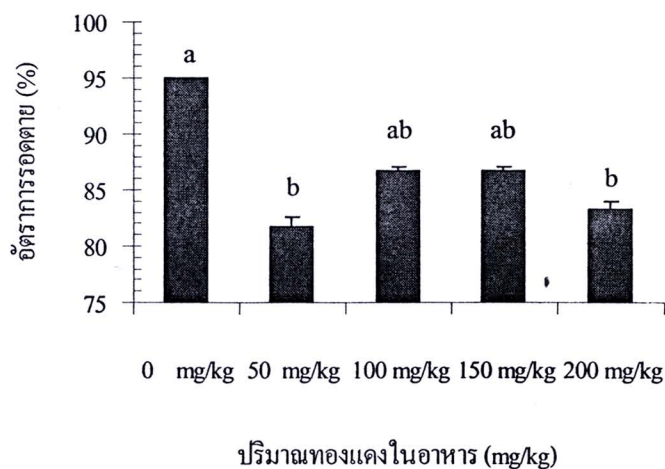


รูปที่ 8 เปอร์เซนต์ความแปรปรวนของขนาดในส่วนน้ำหนักของกุ้งขาว (*L. vannamei*) ที่เลี้ยงด้วยอาหารเสริมทองแดงครบ 60 วัน ค่าเฉลี่ย $\pm$ S.E.



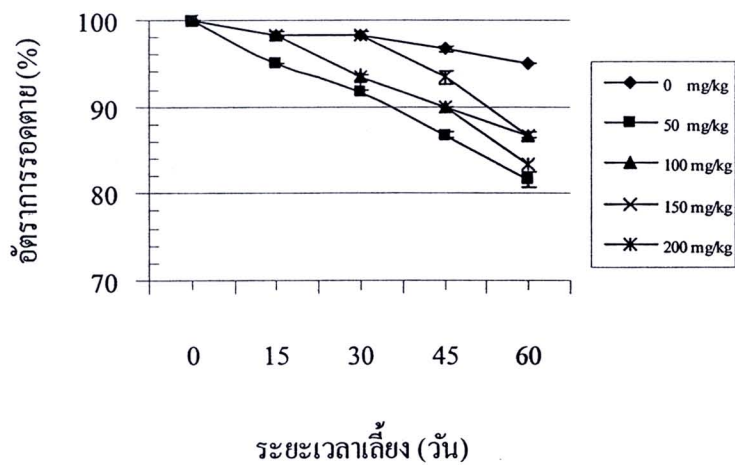
รูปที่ 9 เปอร์เซนต์แปรปรวนของขนาดในส่วนความยาวของกุ้งขาว (*L. vannamei*) ที่เลี้ยงด้วยอาหารเสริมทองแดงครบ 60 วัน

- หมายเหตุ
1. ค่าเฉลี่ย $\pm$ S.E.
 2. อักษรภาษาอังกฤษที่ต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$)

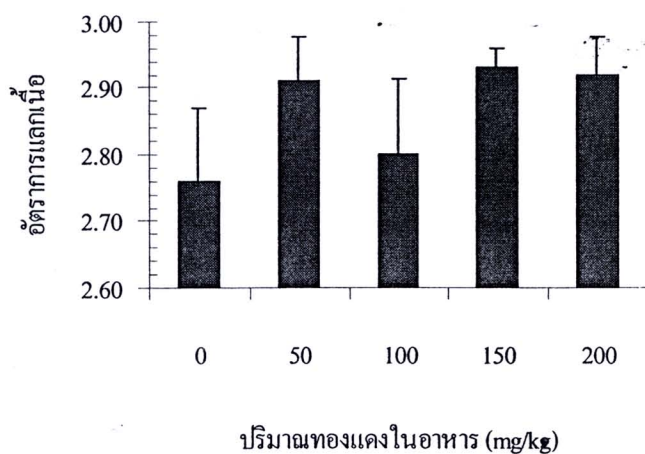


รูปที่ 10 อัตราการรอดของกุ้งขาว (*L. vannamei*) ที่เลี้ยงด้วยอาหารเสริมทองแดงครบ 60 วัน

- หมายเหตุ
1. ค่าเฉลี่ย $\pm$ S.E.
 2. อักษรภาษาอังกฤษที่ต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$)



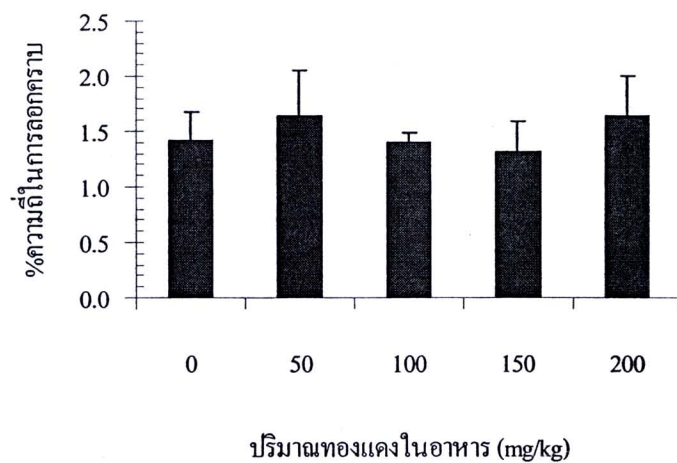
รูปที่ 11 อัตราการรอดของกุ้งขาว (*L. vannamei*) ที่เลี้ยงด้วยอาหารเสริมทองแดงตลอดระยะเวลาเลี้ยง 60 วัน



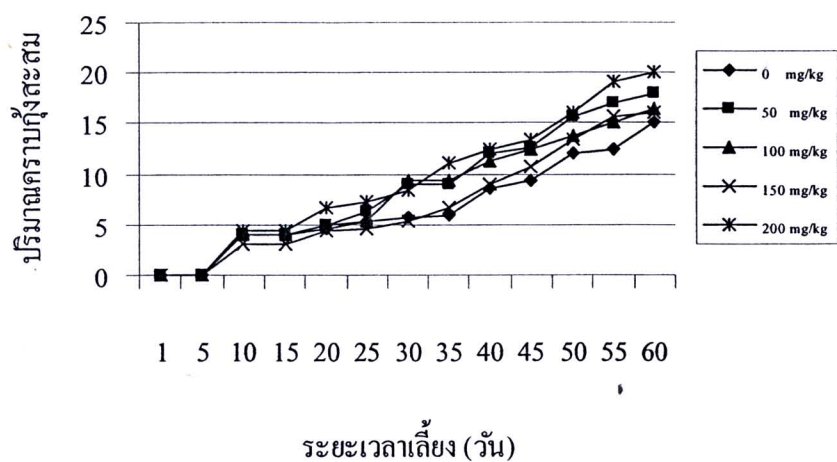
รูปที่ 12 อัตราการแลกเนื้อของกุ้งขาว (*L. vannamei*) ที่เลี้ยงด้วยอาหารเสริมทองแดงครบ 60 วัน

หมายเหตุ

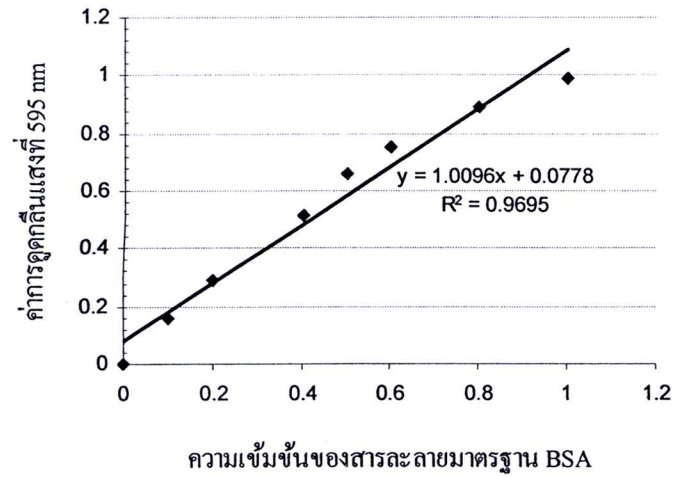
1. ค่าเฉลี่ย $\pm$ S.E.
2. อักษรภาษาอังกฤษที่ต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$)



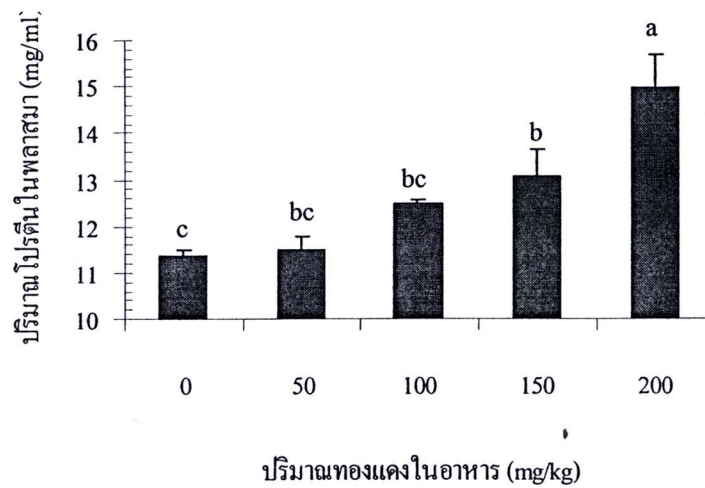
รูปที่ 13 ความถี่ในการลอกคราบในของกุ้งขาว (*L. vannamei*) ที่เลี้ยงด้วยอาหารเสริมทองแดงครบ 60 วัน
ค่าเฉลี่ย $\pm$ S.E.



รูปที่ 14 ความถี่สะสมในการลอกคราบในของกุ้งขาว (*L. vannamei*) ที่เลี้ยงด้วยอาหารเสริมทองแดง ตลอดระยะเวลาเลี้ยง 60 วัน



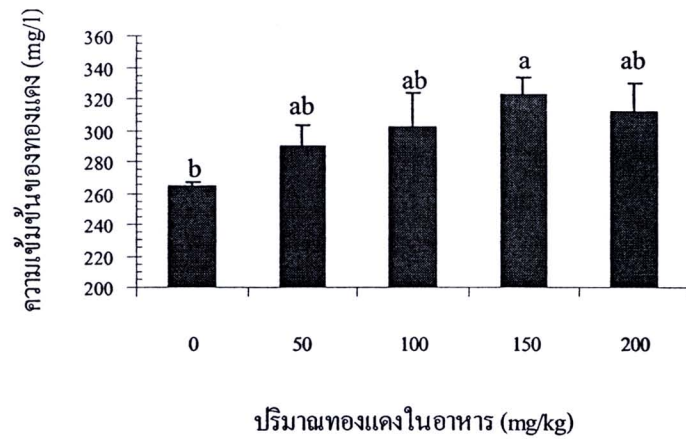
รูปที่ 15 กราฟมาตรฐานความเข้มข้นโปรตีน (Standard Curve)



รูปที่ 16 ความเข้มข้นของโปรตีนในพลาสมากุ้งขาว (*L.vannamei*) เมื่อเลี้ยงครบ 60 วัน

หมายเหตุ

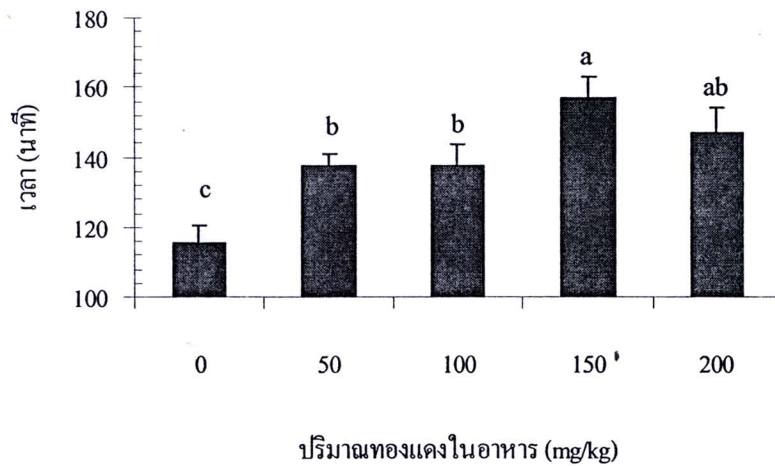
1. ค่าเฉลี่ย $\pm$ S.E.
2. อักษรภาษาอังกฤษที่ต่างกันคือมีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$)



รูปที่ 17 ความเข้มข้นของทองแดงในพลาสมากุ้งขาว (*L.vannamei*) เมื่อเลี้ยงครบ 60 วัน

หมายเหตุ

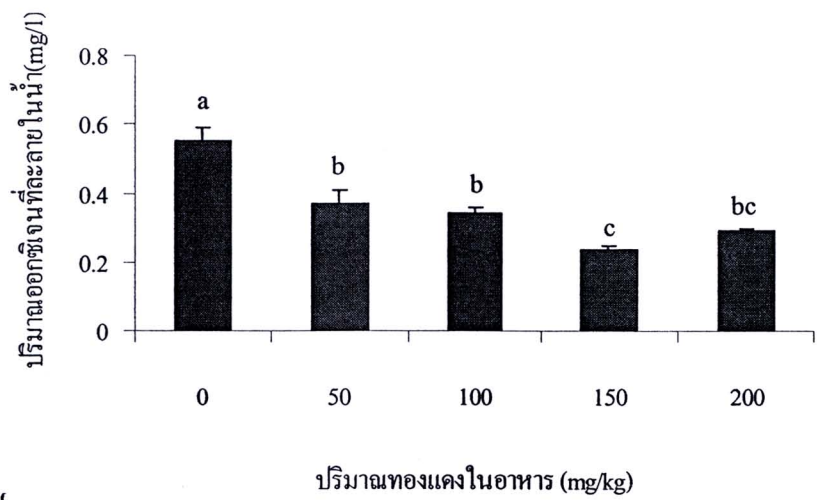
1. ค่าเฉลี่ย $\pm$ S.E.
2. อักษรภาษาอังกฤษที่แตกต่างกันคือมีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$)



รูปที่ 18 เวลาที่กุ้งสลบเฉลี่ยในแต่ละชุดการทดลอง

หมายเหตุ

1. ค่าเฉลี่ย $\pm$ S.E.
2. อักษรภาษาอังกฤษที่แตกต่างกันคือมีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$)



รูปที่ 19 ปริมาณออกซิเจนที่ละลายในน้ำที่ทำให้กุ้งสลบเฉลี่ยในแต่ละชุดการทดลอง

- หมายเหตุ
1. ค่าเฉลี่ย $\pm$ S.E.
 2. อักษรภาษาอังกฤษที่แตกต่างกันคือมีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$)