บทที่ 5

วิจารณ์ผลการทดลอง

5.1 การเปลี่ยนแปลงของสารอาหาร

5.1.1 แอมโมเนีย

จากผลการทดลอง พบว่าค่าเฉลี่ยของแอมโมเนียมตลอดการทดลอง 3 เดือน ยกเว้นชุดการทดลองที่มีการเติมสาหร่ายสไปรูลินาทั้งสองความเข้มข้น มีค่าที่แกว่งขึ้นลง แต่ค่าเฉลี่ยไม่เกิน 0.1 mg NH_4-N/L ซึ่งเป็นค่าที่ไม่ก่อให้เกิดความเป็นพิษต่อกุ้งกุลาดำ และยังสอดคล้องกับการศึกษาของ Alan, Maguire and Hopkins (1990) ที่รายงานพิษเฉียบพลัน (acute toxicity) ของแอมโมเนียเวลา 96 ชั่วโมง ต่อกุ้งกุลาดำวัยรุ่น โดยพบว่า ค่า LC_{50} มีค่า 1.69 mg NH_3-N /L (37.4 mg NH_4-N /L) และรายงานค่าแอมโมเนียที่ทำให้อัตราการเติบโตของกุ้งกุลาดำลดลง 5 % ถ้าอาศัยนานกว่า 3 สัปดาห์ คือ 0.21 mg NH_4-N /L (4.1 mg NH_4-N /L) ส่วน Chen, Liu and Lei (1990) ได้รายงานค่าความปลอดภัยที่เหมาะสมต่อการดำรงชีวิตของกุ้งกุลาดำตัวเต็มวัย (adolescents) ที่ความเค็ม 20 พีพีที ค่ากรดเบสของน้ำ 7.57 อุณหภูมิ 24.5 องศาเซลเซียส คือ 4.26 mg NH_4-N /L หรือเท่ากับ 0.08 mg NH_3-N /L

ส่วนชุดการทดลองที่มีการเติมสาหร่ายสไปรูลินาที่ความเข้มข้น $4.2x10^8$ และ $8.4x10^8$ ไตรโคมต่อลิตร และไม่มีการเติมปลานิลลงไป มีค่าเฉลี่ยที่ 0.12755 และ 0.27166 mg NH_4-N /L ซึ่งสูงกว่าชุดการทดลองอื่นแต่ยังอยู่ในช่วงที่ไม่เป็นอันตรายต่อกุ้งกุลาดำ โดยในช่วงการทดลองเดือนแรกแอมโมเนียมมีแนวโน้มการสะสมที่สูงมาก คือ มีค่าอยู่ในช่วง 0-0.3981 และ 0.0099-1.5837 mg NH_4-N /L ที่มีค่าสูงขนาดนี้ อาจมาจากการตายของสาหร่าย เนื่องจากในชุดการทดลองทั้ง 2 ชุดนี้มีการเติมสาหร่ายที่ความเข้มข้นสูง และไม่มีการเลี้ยงปลานิลร่วมด้วย ทำให้เกิดการบลูมและเน่าสลายของสาหร่ายอย่างรวดเร็ว จึงเป็นการคืนอินทรียสารกลับสู่น้ำ ส่วนค่าเฉลี่ยแอมโมเนียมของชุดที่มีการเติมสาหร่ายสไปรูลินาร่วมกับการเลี้ยงปลานิล (ตารางที่ 4-1) จะเห็นได้ว่ามีค่าที่ต่ำกว่าชุดการทดลองที่ไม่มีการเลี้ยงปลานิลร่วมด้วย เนื่องจากสาหร่ายถูกควบคุมไม่ให้มีการเจริญเติบโตอย่างรวดเร็วเกินไปโดยถูกปลานิลกรองกิน

ในเดือนสุดท้าย ชุดการทดลอง S2/T0 ยังคงมีแอมโมเนียมเกิดขึ้นในปริมาณที่ค่อนข้างสูงกว่าชุดการทดลองอื่น แต่กุ้งกุลาดำก็สามารถเจริญเติบโตได้ สอดคล้องกับรายงานของ พุทธ ส่องแสงจินดา (2537) ได้ทำการศึกษาผลของแอมโมเนียที่ระดับต่างๆ ต่อการบริโภคออกซิเจนของกุ้งกุลาดำขนาด 5-30 กรัม ที่อุณหภูมิ 28^0 C โดยทำการทดลองในระบบปิด-น้ำนิ่ง (Static-closed system) ภายใต้สภาพแวดล้อมที่มีแอมโมเนียในระดับต่างๆ คือ 0, 0-1, 1-2, 2-3, 3-4 และ 4-5 มิลลิกรัมต่อลิตร พบว่าที่อุณหภูมิ 28^0 C กุ้งกุลาดำขนาดเล็กกว่า 10 กรัม จะมีการตอบสนองต่อการเพิ่มความเข้มข้นของแอมโมเนีย โดยการเพิ่มการบริโภคออกซิเจนในขณะที่กุ้งขนาดมากกว่า 20 กรัม จะมีการตอบสนองต่อการเพิ่มความเข้มข้นของแอมโมเนีย โดยการลดการบริโภคออกซิเจน ผลการทดลองชี้ให้เห็นว่า การที่กุ้งขนาดใหญ่สามารถปรับตัวให้เข้ากับสิ่งแวดล้อมที่มีแอมโมเนียสูงกว่า เนื่องมาจากสามารถลดการบริโภคออกซิเจน

จากรายงานดังกล่าว ช่วยยืนยันได้ว่าแอมโมเนียมไม่มีผลต่อการตายของกุ้งกุลาดำในชุดการทดลอง เนื่องจากกุ้งที่ตายส่วนใหญ่ จะตายเนื่องจากถูกกิน หลังจากลอกคราบ และบางส่วนกระโดดออกมาตายนอกถังทดลอง

5.1.2 ไนไตรท์

จากผลการทดลองตลอด 3 เดือน พบว่าความเข้มข้นของไนไตรท์ (NO_2^-) ในทุกการทดลอง มีค่าเฉลี่ยตลอดการทดลองสูงสุดอยู่ในชุดควบคุมซึ่งมีค่าเท่ากับ 0.9294 mg NO_2-N/L และแตกต่างจากชุดการทดลองอื่นอย่างมีนัยสำคัญ ($P<0.05$) ส่วนในชุดการทดลองอื่นๆมีค่าตั้งแต่ 0.2001 – 0.7112 mg NO_2-N/L ซึ่งเป็นค่าที่ไม่ก่อให้เกิดความเป็นพิษต่อกุ้งกุลาดำและสอดคล้องกับรายงานของ Chen *et al*., (1990) รายงานว่าไม่ควรเกิน 10.60 mg NO_2-N /L

ส่วนในชุดการทดลองที่มีการเลี้ยงปลานิล 3 และ 6 ตัวร่วมด้วยโดยไม่เติมสาหร่ายสไปรูลินา พบว่าค่าไนไตรท์มีค่าต่ำกว่าชุดควบคุม คือ 0.1129 และ 0.1482 mg NO_2-N/L ตามลำดับ อย่างมีนัยสำคัญ ($P<0.05$)

จะเห็นได้ว่าในชุดที่ไม่มีการเติมสาหร่ายสไปรูลินา ในช่วงเดือนแรกไม่มีไนไตรท์เกิดขึ้น หรือเกิดขึ้นเพียงเล็กน้อยเท่านั้น แต่ในชุดที่มีการเติมสาหร่ายสไปรูลินามีไนไตรท์เกิดขึ้นอย่างเห็นได้ชัดในเดือนแรก ทั้งนี้อาจเนื่องมาจากระบบยังปรับตัวได้ไม่ดี ไนตริฟายอิงแบคทีเรียในระบบอาจยังมีไม่พอในการที่จะเปลี่ยนไนไตรท์ไปเป็นไนเตรท

ส่วนไนไตรท์ที่เกิดขึ้นในชุดควบคุมนั้น เนื่องมาจากมีการปนเปื้อนของแพลงก์ตอนพืชตามธรรมชาติ และไม่มีตัวที่จะมาควบคุม หรือไม่มีปลานิลมากรองกิน ดังนั้นเมื่อมันตายและเน่าสลาย จึงเป็นการคืนอินทรียสารกลับสู่น้ำ

5.1.3 ไนเตรท

ในช่วงการทดลองเดือนแรกไนเตรทมีความเข้มข้นค่อนข้างน้อย และมีอัตราการสะสมเพิ่มขึ้นตลอดการทดลอง ชุดการทดลองที่มีค่าเฉลี่ยของไนเตรทต่ำที่สุดคือ S2/T3 ซึ่งมีการเติมสาหร่ายสไปรูลินา $8.4x10^8$ ไตรโคมต่อลิตร มีค่าเฉลี่ยต่ำที่ สุด ซึ่งมีความแตกต่างกับชุดการทดลองอื่นอย่างมีนัยสำคัญ ($P<0.05$) คือ 5.9091 mg NO_3-N/L และมีการเปลี่ยนแปลงอยู่ในช่วง 2.1806-10.7372 mg NO_3-N/L ส่วนชุดการทดลองที่มีค่าไนเตรทมากที่สุด คือ ชุดการทดลอง S1/T0 และ S1/T3 คือ 13.0451 และ12.5387 mg NO_3-N/L มีความแตกต่างอย่างนัยมีสำคัญ ($P<0.05$) ค่าที่วิเคราะห์ได้นี้ยังอยู่ในช่วงที่ยอมรับได้ ไม่เป็นอันตรายต่อกุ้งกุลาดำ แต่ต้องมีการเปลี่ยนถ่ายน้ำบ้าง

ส่วนชุดการทดลองอื่นๆ มีค่าตั้งแต่ 7.5866 – 11.4801 mg NO_3-N/L จัดอยู่ในเกณฑ์ที่ดีมาก

เมื่อพิจารณาดูที่ความหนาแน่นของสาหร่ายสไปรูลินา พบว่าชุดการทดลองที่มีความหนาแน่นของสาหร่ายสไปรูลินา $8.4x10^8$ ไตรโคมต่อลิตร จะมีความเข้มข้นของไนเตรทต่ำกว่าชุดที่ไม่ได้เติม และเมื่อพิจารณาดูที่จำนวนปลานิล ชุดการทดลองที่มีจำนวนปลานิล 3 ตัวจะมีค่าไนเตรทต่ำกว่าชุดที่มี 6 ตัว (ตารางที่ 4-5) เนื่องจากชุดที่มีปลานิลจำนวน 6 ตัว จะกรองกินแพลงก์ตอนพืชและสาหร่ายสไปรูลินาจากน้ำเลี้ยงกุ้งกุลาดำได้ในปริมาณที่มากกว่าชุดที่มีปลานิล 3 ตัว ทำให้เหลือสาหร่ายที่จะใช้ไนเตรทในการเจริญเติบโตน้อยลง

5.1.4 ฟอสเฟต

ตลอดการทดลอง 3 เดือน จะเห็นได้ว่าความเข้มข้นของฟอสเฟต (PO_4^{3-}) ในชุด S0/T6 ซึ่งไม่มีการเติมสาหร่าย มีค่าเฉลี่ยตลอดการทดลอง 2.7687 mg PO_4-P/L ซึ่งสูงกว่าชุดการทดลองอื่นอย่างมีนัยสำคัญ ($P<0.05$) และมีการเปลี่ยนแปลงอยู่ในช่วง 1.0506 - 3.9628 mg PO_4-P/L ส่วนชุดที่มีความเข้มข้นของฟอสเฟต (PO_4^{3-}) ต่ำที่สุดคือ ชุด S2/T0 ซึ่งมีการเติมสาหร่ายสไปรูลินา $8.4x10^8$ ไตรโคมต่อลิตร มีค่าเฉลี่ยตลอดการทดลอง 1.5791 mg PO_4-P/L และมีการเปลี่ยนแปลงอยู่ในช่วง 0.4101 - 3.1615 mg PO_4-P/L ซึ่งแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญ ($P<0.05$) กับชุดควบคุม S0/T0 และชุดการทดลองอื่นๆ

และเมื่อพิจารณาดูที่จำนวนปลานิล ชุดการทดลองที่มีจำนวนปลานิล 3 ตัวจะมีค่าฟอสเฟตต่ำกว่าชุดที่มี 6 ตัว (ตารางที่ 4-11) เนื่องจากชุดที่มีปลานิลจำนวน 6 ตัว จะกรองกินแพลงก์ตอนพืชและสาหร่ายสไปรูลินาในจำนวนที่มากกว่าชุดที่มีปลานิล 3 ตัว ทำให้เหลือสาหร่ายที่จะใช้ฟอสเฟตในการเจริญเติบโตน้อยลง

จากภาพที่ 4-4 และตารางที่ 4-12 จะเห็นๆได้ว่าทุกชุดการทดลองมีแนวโน้มของปริมาณฟอสเฟตเพิ่มขึ้นเรื่อยๆจนกระทั่งสิ้นสุดการทดลอง ซึ่งการเพิ่มขึ้นของฟอสเฟตน่าจะสอดคล้องกับการสะสมของฟอสฟอรัสที่เป็นองค์ประกอบอยู่ในอาหารกุ้งที่กินไม่หมดเพิ่มขึ้นตามระยะเวลาการทดลอง ส่วนความแตกต่างของปริมาณฟอสเฟตในน้ำที่เกิดขึ้นในแต่ละชุดการทดลอง น่าจะมีสาเหตุมาจากปริมาณอาหารกุ้งที่ให้ในแต่ละชุดการทดลอง กระบวนการใช้ฟอสฟอรัสในการสังเคราะห์แสงของสาหร่ายสไปรูลินา และจำนวนปลานิลในถังทดลอง

5.2 การเจริญเติบโตของสาหร่ายสไปรูลินา

พบว่าชุดการทดลองที่มีการเจริญเติบโตของสาหร่ายสไปรูลินาได้สูงที่สุดคือ ชุด S2/T0 มีค่าเฉลี่ยของปริมาณคลอโรฟิลล์รวม 21.9790 mg-chl/L และมีการเปลี่ยนแปลงอยู่ในช่วง 2.5819-51.2925 mg-chl/L ซึ่งมีความแตกต่างจากชุดการทดลองอื่นอย่างมีนัยสำคัญ ($P<0.05$)

เมื่อดูที่ความเข้มข้นของสารอาหาร พบว่าความเข้มข้นของไนเตรทและฟอสเฟตจะมีค่าลดลงเมื่อปริมาณคลอโรฟิลล์รวมของสาหร่ายมีค่าเพิ่มขึ้น แสดงว่าสารอาหารที่หายไป ถูกสาหร่ายสไปรูลินานำไปใช้ในการสร้างเซลล์ ซึ่งไนเตรท และฟอสเฟตจัดเป็น Macro-nutrients ของสาหร่ายสไปรูลินา Richmond (1986) กล่าวว่า NO_3^- และ NH_4^+ เท่านั้นที่ทำให้สาหร่ายมีการเจริญสูงสุด ประกอบกับความเข้มแสงที่ตรวจวัดได้บริเวณสถานที่ทดลองมีค่าอยู่ในช่วง 15,000 – 30,000 ลักซ์ ขึ้นไป ซึ่งอยู่ในช่วง 30 ถึง 35 กิโลลักซ์ ที่นับว่าเป็นช่วงที่เหมาะสมในการสังเคราะห์แสงของสาหร่ายสไปรูลินา (Venkataraman, 1983) ดังนั้นฟอสเฟตจึงถูกใช้ไปในกระบวนการสังเคราะห์แสงของสาหร่ายสไปรูลินา เนื่องจากมันมีหน้าที่ในการถ่ายเทพลังงานและในการสังเคราะห์กรดนิวคลีอิก (Richmond, 1986)

5.3 การเจริญเติบโตและอัตราการรอดของกุ้งกุลาดำในระบบความเค็มต่ำ

การเติบโตและการรอดของกุ้งกุลาดำในระบบการเลี้ยงแบบความเค็มต่ำนี้ มีปัจจัยอื่นเข้ามาเกี่ยวข้องหลายประการ ทั้งจากคุณภาพน้ำในระบบ ลักษณะการเลี้ยง คุณภาพของกุ้ง ความหนาแน่น อายุและขนาดของกุ้ง ปริมาณและคุณภาพของอาหารที่ให้ ตลอดจนระยะเวลาที่ทำการทดลอง

จากการทดลอง จะเห็นได้ว่า ในชุดควบคุม S0/T0 มีผลผลิตที่ต่ำที่สุด คือ 47.46 กรัม ส่วนชุดที่ให้ผลผลิตสูงที่สุดคือ ชุดการทดลอง S2/T6 ซึ่งผลผลิตที่ได้ คือ 164.4 กรัม

จากการเปรียบเทียบผลผลิต และอัตราการรอดระหว่างชุดการทดลองที่มีการเติมสาหร่ายสไปรูลินา (S1/T0, S2/T0) เพียงอย่างเดียว กับชุดการทดลองที่มีการเลี้ยงปลานิลร่วมด้วย (S1/T3, S1/T6, S2/T3, S2/T6) พบว่าชุดการทดลองที่เติมสาหร่ายสไปรูลินาเพียงอย่างเดียว ที่ความหนาแน่น 4.2 $x10^8$ และ 8.4 $x10^8$ ไตรโคมต่อลิตร ผลผลิตกุ้งกุลาดำที่ได้ คือ 81.07 และ 146.97 กรัม ตามลำดับ ซึ่งมากกว่าผลผลิตของชุดการทดลองที่มีการเลี้ยงปลานิลร่วมด้วย จำนวน 3 และ 6 ตัว ส่วนอัตรารอดของกุ้งกุลาดำ คือ 7 และ 12 ตัว ตามลำดับ ซึ่งมากกว่าผลผลิตของชุดการทดลองที่มีการเลี้ยงปลานิลร่วมด้วย จำนวน 3 และ 6 ตัว

จะเห็นได้ว่าถึงแม้ในชุดการทดลองที่มีการเติมสาหร่ายสไปรูลินาเพียงอย่างเดียว จะมีความเข้มข้นของแอมโมเนียมที่สูงกว่าการทดลองอื่น แต่กลับมีผลผลิตและอัตรารอดที่สูง ทั้งนี้เนื่องจากความเข้มข้นของแอมโมเนียมที่เกิดขึ้นอยู่ในช่วงที่ไม่ก่อให้เกิดพิษต่อกุ้งกุลาดำ และจากผลการทดลองของพุทธ ส่องแสงจินดา (2537) รายงานว่าพบว่าที่อุณหภูมิ 28^0 C กุ้งกุลาดำขนาดใหญ่สามารถปรับตัวให้เข้ากับสิ่งแวดล้อมที่มีแอมโมเนียสูงกว่า เนื่องมาจากสามารถลดการบริโภคออกซิเจน ดังนั้นเมื่อกุ้งเจริญเติบโตขึ้นเรื่อยๆ จึงมีความต้านทานต่อพิษของแอมโมเนียมได้ดีขึ้น

อีกปัจจัยที่มีผลต่อการเจริญเติบโต และอัตรารอดของกุ้งกุลาดำ คือ แสง แสงมีอิทธิพลต่อการกินอาหารของกุ้ง ถ้ามีแสงสว่างมาก จะทำให้กุ้งมีอาการเครียด กินอาหารได้น้อยลง มีอาการตื่นตระหนก จากการบันทึกค่าความเข้มแสงในช่วงระยะเวลาทำการทดลอง ความเข้มแสงในแต่ละชุดการทดลองมีค่าแตกต่างกันเนื่องจากตำแหน่งของบ่อทดลองที่ถูกบังด้วยร่มไม้ เพราะบริเวณสถานที่ทดลองมีต้นไม้ใหญ่ขึ้นอยู่ ค่าเฉลี่ยของความเข้มแสงตลอดการทดลองส่วนใหญ่มีค่าเกิน 15,000 ลักซ์ ขึ้นไป (ภาคผนวก ง) ซึ่งในบางวัน บางชุดการทดลองมีความเข้มแสงสูงเกิน 20,000 ลักซ์ นับว่าความเข้มแสงสูงมาก ทำให้มีผลต่อกุ้งกุลาดำ ดังนั้นชุดการทดลองที่มีการเติมสาหร่ายสไปรูลินา 8.4 $x10^8$ ไตรโคมต่อลิตรนั้น น้ำในบ่อทดลองค่อนข้างขุ่นและมีสีเขียวของสาหร่ายสไปรูลินา ทำให้แสงส่องผ่านลงไปในบ่อทดลองได้น้อย กุ้งกุลาดำในชุดการทดลองนี้จึงเครียดน้อยกว่าในชุดการทดลองอื่น ทำให้ไม่เกิดการกินกันเองของกุ้ง ผลผลิตและอัตรารอดที่ได้จึงมีค่าสูงกว่าในชุดการทดลองอื่น สอดคล้องกับการทดลองของ ไกรวัล แผ้วฉ่ำ (2537) ที่ได้ทำการศึกษาอิทธิพลของความเข้มแสงที่มีต่อการเจริญเติบโตและอัตราการรอดตายในการอนุบาลกุ้งกุลาดำวัยอ่อน ทำการศึกษา 5 ระดับ คือ 0, 750, 1,000, 1,250 ลักซ์ และแสงธรรมชาติ ที่มีต่อกุ้งกุลาดำระยะโพสลาวาร์ 15 ที่ความเค็ม 20 พีพีที อุณหภูมิ 30^0 C เป็นเวลา 28 วัน เมื่อสิ้นสุดการทดลองพบว่า กุ้งกุลาดำที่เลี้ยงในที่มืดตลอดเวลา (ความเข้มแสง 0 ลักซ์) มีการ

เจริญเติบโตทั้งในด้านน้ำหนักตัวเฉลี่ยและอัตราการเจริญเติบโตดีที่สุด และแตกต่างทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญ จากกุ้งที่เลี้ยงในความเข้มแสง 750, 1,000, 1,250 ลักซ์ และแสงธรรมชาติ และอัตราการรอดตายสูงที่สุด แต่ไม่มีความแตกต่างทางสถิติจากกุ้ง ที่เลี้ยงในความเข้มแสง แสง 750, 1,000, 1,250 ลักซ์ และแสงธรรมชาติ

อุณหภูมิ เป็นอีกปัจจัยที่มีผลต่อการเจริญเติบโตของกุ้งกุลาดำ อุณหภูมิที่วัดได้ตลอดการทดลองเป็นตัวแปรที่ไม่สามารถควบคุมได้เนื่องจากขึ้นกับสภาพอากาศภายนอกของสิ่งแวดล้อม ความสำคัญของอุณหภูมิที่มีต่อกุ้งกุลาดำ คือ อุณหภูมิของน้ำจะมีผลต่อกระบวนต่างๆ ภายในร่างกายของกุ้งกุลาดำเป็นอย่างมาก เช่น การย่อยอาหาร การกินอาหาร การเคลื่อนไหว การหายใจ การสืบพันธุ์และการเจริญเติบโต นอกจากนี้อุณหภูมิยังมีผลต่อค่าการละลายของก๊าซชนิดต่างๆในน้ำ เช่น ก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ ก๊าซออกซิเจน และก๊าซไนโตรเจน ซึ่งโดยทั่วไปหากอุณหภูมิของน้ำสูงขึ้น จะทำให้ก๊าซชนิดต่างๆสามารถละลายน้ำได้น้อยลง กุ้งกุลาดำต้องการอุณหภูมิสำหรับการเจริญเติบโตระหว่าง 25-30 องศาเซลเซียส อุณหภูมิเฉลี่ยของน้ำในแต่ละชุดการทดลองมีค่าอยู่ในช่วง 27.5-29.0 องศาเซลเซียส (ภาคผนวก ง) ซึ่งถือว่าอยู่ในช่วงที่เหมาะสมต่อการเจริญเติบโตของกุ้งกุลาดำ

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย