ฝ่ายหอสมุด
คุณหญิงหลง อรรถกระวีสุนทร

# บทที่ 4

# ผลการศึกษาและวิจารณ์

## 1. การศึกษาผลของปัจจัยสิ่งแวดล้อมต่อองค์ประกอบเลือดและภูมิคุ้มกัน

ผลการศึกษาอิทธิพลของการเปลี่ยนแปลงสภาพแวดล้อมในการเลี้ยง โดยเฉพาะปัจจัยคุณภาพน้ำทั้งทางกายภาพและเคมีที่อาจส่งผลต่อภาวะเครียด (stress) ของกุ้งกุลาดำ โดยทำการวิเคราะห์องค์ประกอบเลือดและภูมิคุ้มกัน (haemato-immunological parameters) ในเชิงเปรียบเทียบระหว่างกุ้งที่เลี้ยงในสภาพธรรมชาติ (บ่อดิน) และกุ้งที่เลี้ยงในห้องปฏิบัติการซึ่งเป็นกุ้งชุดเดียวกัน เพื่อหาความสัมพันธ์ระหว่างปัจจัยคุณภาพน้ำที่เปลี่ยนแปลงไปจากสภาพธรรมชาติที่อาจมีผลต่อการเปลี่ยนแปลงขององค์ประกอบเลือดและภูมิคุ้มกัน พบว่าปัจจัยคุณภาพน้ำ ได้แก่ อุณหภูมิที่ลดลง ความเค็มของน้ำที่เพิ่มขึ้น ค่าความเป็นกรด-ด่าง (pH) และความต้องการด่าง (alkalinity) ที่ลดลง หรือปริมาณแอมโมเนีย และออกซิเจนละลายในน้ำที่เพิ่มขึ้นในสภาพของการเลี้ยงในห้องปฏิบัติการ (ตารางที่ 1) จะส่งผลโดยตรงต่อการเปลี่ยนแปลงขององค์ประกอบเลือดและภูมิคุ้มกันของกุ้งกุลาดำทั้งสองกลุ่มอายุ คือ 60 และ 120 วัน อย่างน้อย 3 ปัจจัย ได้แก่ ปริมาณเม็ดเลือดรวมของกุ้ง (THC) ปฏิกิริยาของเอนไซม์ phenoloxidase และปริมาณน้ำตาลในเลือด (blood glucose) เมื่อเปรียบเทียบกับกุ้งที่เลี้ยงในบ่อดิน และพบว่าไม่มีความแตกต่างกันของทุกค่าองค์ประกอบเลือดและภูมิคุ้มกันระหว่างกุ้งกุลาดำที่อายุ 60 และ 120 วัน (ตารางที่ 2) ซึ่งสอดคล้องกับรายงานการศึกษาของกิจการและคณะ (2543b) ที่พบว่าปริมาณเม็ดเลือดรวม ปฏิกิริยาของเอนไซม์ phenoloxidase ปริมาณโปรตีนในซีรัม และปริมาณน้ำตาลในเลือดของกุ้งกุลาดำ ไม่ขึ้นอยู่กับเพศ และขนาดของกุ้ง ยกเว้นวงจรการลอกคราบ

**ตารางที่ 1** แสดงค่าปัจจัยคุณภาพน้ำของบ่อดินและห้องปฏิบัติการ

| ปัจจัยคุณภาพน้ำ | บ่อดิน | ห้องปฏิบัติการ |
|---|---|---|
| Temperature (°C) | 30 | 27 |
| Salinity (ppt) | 7 | 10 |
| pH | 8.64 | 8.12 |
| Alkalinity (ppm) | 82 | 68 |
| Ammonia-N (ppm) | 0.6 | 1.43 |
| Dissolved oxygen (ppm) | 6.83 | 8.94 |

**ตารางที่ 2** แสดงค่าปัจจัยองค์ประกอบเลือดและภูมิคุ้มกันของกุ้งที่เลี้ยงในบ่อดินและกุ้งที่เลี้ยงในห้องปฏิบัติการ

| องค์ประกอบเลือดและภูมิคุ้มกัน | กุ้งที่เลี้ยงในบ่อดิน | | กุ้งที่เลี้ยงในห้องปฏิบัติการ | |
|---|---|---|---|---|
| | อายุ 60 วัน (*n*=40) | อายุ 120 วัน (*n*=40) | อายุ 60 วัน (*n*=40) | อายุ 120 วัน (*n*=40) |
| THC ($10^4$ cells/$mm^3$) | 5.53 ±1.79[a] | 4.55 ±0.65[a] | 2.89 ±1.17[b] | 3.54 ±0.86[b] |
| PO activity (unit/min/mg-protein) | 125.8 ±26.0[a] | 150.0 ±25.4[a] | 35.6 ±6.8[b] | 43.8 ±18.6[b] |
| Serum protein (mg/ml) | 109.5 ±14.5[a] | 112.9 ±12.8[a] | 125.4±14.8[a] | 126.5 ±15.2[a] |
| Blood glucose (mg%) | 33.7 ±5.5[a] | 42.1 ±8.75[a] | 72.1 ±8.2[b] | 65.2 ±9.0[b] |
| Blood pH | 7.22 ±0.10[a] | 7.23±0.09[a] | 7.30±0.09[a] | 7.21±0.07[a] |
| Clotting time (second) | 20 | 20 | 20 | 20 |

Values (mean ± S.D.) followed by the same letter in a row do not differ significantly at $P = 0.05$

การศึกษาการเปลี่ยนแปลงขององค์ประกอบเลือดและภูมิคุ้มกันได้มีรายงานในกุ้งกลุ่ม penaeid หลายชนิด เช่น *Penaeus stylirostris* ที่อยู่ในสภาวะที่มีออกซิเจนละลายต่ำ (Le Moullac *et al.*, 1998) หรือระหว่างการลอกคราบ (Le Moullac *et al.*, 1997) หรือในกุ้งญี่ปุ่น *P. japonicus* (Hennig *et al.*, 1998) และกุ้งกุลาดำ *P. monodon* (Sritunyalucksana *et al.*, 1999) มีการศึกษาการกระตุ้นปัจจัยทางด้านภูมิคุ้มกันที่สัมพันธ์กับการติดเชื้อไวรัส หรือหลังจากการให้สารกระตุ้นภูมิคุ้มกัน รวมถึงในกุ้ง *Litopenaeus setiferus* ที่มีรายงานเกี่ยวกับผลของความเครียด (stress) ต่อองค์ประกอบเลือดและปัจจัยทางภูมิคุ้มกัน (Sanchez *et al.*, 2001) และรายงานส่วนใหญ่พบว่าปัจจัยทางด้านภูมิคุ้มกันที่อ่อนไหวต่อการเปลี่ยนแปลงของสิ่งแวดล้อมมากที่สุด คือ ปริมาณเม็ดเลือดรวม (THC) เช่นเดียวกับผลจากการศึกษาครั้งนี้พบว่ากุ้งกุลาดำที่เลี้ยงในห้องปฏิบัติการจะมี THC ลดลง ถึง 22 - 47% เมื่อเปรียบเทียบกับกุ้งที่เลี้ยงในบ่อดิน ซึ่งสอดคล้องกับการศึกษาในกุ้ง *Farfantepenaeus paulensis* ที่พบว่าการเปลี่ยนแปลงของความเค็มน้ำจะทำให้กุ้งมีปริมาณเม็ดเลือดรวมลดลงถึง 40% ภายในเวลา 2 สัปดาห์ (Perazzolo, *et al.*, 2002) หรือ THC ของกุ้ง *L. setiferus* จะลดลงถึง 43% หลังจากนำมาเลี้ยงที่อุณหภูมิ 27°C เป็น

เวลา 7 วัน เมื่อเทียบกับ THC ของกุ้งที่จับมาใหม่ ๆ (Sanchez *et al.*, 2001) กิจการและคณะ (2543c) ได้รายงานปริมาณเม็ดเลือดรวมของกุ้งกุลาดำที่เลี้ยงที่อุณหภูมิ 30 °C จะมีค่าสูงกว่าที่อุณหภูมิ 25 °C ประมาณ 35% แต่จากรายงานการศึกษาผลของแอมโมเนียที่ระดับความเข้มข้นต่าง ๆ ตั้งแต่ 0, 1.10, 5.24, 11.10 และ 21.60 mg/l ไม่มีผลต่อการเปลี่ยนแปลงของ THC ในกุ้งขาว *L. vannamei* อย่างมีนัยสำคัญ (Liu and Chen, 2004)

เป็นที่ทราบดีว่าเซลล์เม็ดเลือดกุ้งจะมีบทบาทโดยตรงเกี่ยวข้องกับการตอบสนองทางด้านภูมิคุ้มกันด้านเซลล์ (cellular immune reaction) ของกุ้ง รวมทั้งเป็นบริเวณที่จะมีการแสดงออกของยีนที่เกี่ยวข้องกับการสังเคราะห์สารน้ำอื่น ๆ ที่เกี่ยวข้องกับภูมิคุ้มกัน (Gross *et al.*, 2001) ดังนั้นการลดลงของ THC เป็นระยะเวลานานของกุ้งที่เลี้ยงเนื่องมาจากการเปลี่ยนแปลงของปัจจัยสิ่งแวดล้อม จะทำให้กุ้งมีความต้านทานโรคลดลง และยอมรับเชื้อก่อโรคได้ง่ายขึ้น

ผลจากการศึกษาครั้งนี้พบว่ากุ้งที่นำมาเลี้ยงในห้องปฏิบัติการยังมีปฏิกิริยาของเอนไซม์ phenoloxidase ลดลงประมาณ 70% ทั้งนี้สัมพันธ์กับปริมาณเม็ดเลือดที่ลดลง เนื่องจากมีรายงานชัดเจนว่ามากกว่า 90% ของเอนไซม์ phenoloxidase จะพบอยู่ในเม็ดเลือดกุ้ง และประมาณ 10% พบในส่วนของน้ำเลือด (Perazzolo and Barracco, 1997) ดังนั้นเมื่อกุ้งมีปริมาณเม็ดเลือดลดลง จึงส่งผลให้ความว่องไวหรือปริมาณของเอนไซม์ phenoloxidase ลดลงด้วย อย่างไรก็ตามยังไม่มีรายงานว่าปัจจัยสิ่งแวดล้อมจะมีผลโดยตรงต่อการเปลี่ยนแปลงของปริมาณเอนไซม์ phenoloxidase นอกจากรายงานของ Liu and Chen (2004) ที่พบว่ากุ้งขาว *L. vannamei* ที่อยู่ในน้ำที่มีความเข้มข้นของแอมโมเนียสูงกว่า 5.24 mg/ml หลังจาก 7 วัน จะมี phenoloxidase activity ลดลง ประมาณ 20% ในขณะที่ปริมาณเม็ดเลือดรวมไม่เปลี่ยนแปลง ระบบ proPO ของกุ้งจะเกี่ยวข้องกับการแตกของเซลล์เม็ดเลือด (degranulation) จากการกระตุ้นด้วยสารประกอบของผนังเซลล์ของจุลชีพต่าง ๆ หลังจากการติดเชื้อ แต่การวัดความว่องไวของเอนไซม์ phenoloxidase ในหลอดทดลองจะกระตุ้นโดยใช้ trypsin

ระดับน้ำตาลในเลือด (blood glucose) สามารถใช้เป็นดัชนีที่บ่งบอกถึงสภาวะเครียดของกุ้งได้ดี จากการศึกษาครั้งนี้พบว่าปริมาณน้ำตาลในเลือดของกุ้งกุลาดำที่เลี้ยงในห้องปฏิบัติการจะมีค่าสูงกว่ากุ้งที่เลี้ยงในบ่อดินประมาณ 55 - 114% สอดคล้องกับรายงานของกิจการและคณะ (2543d) ที่พบว่ากุ้งที่เลี้ยงในสภาวะเครียดในห้องปฏิบัติการจะมีระดับของน้ำตาลในเลือดสูงขึ้นประมาณ 40% ทั้งนี้เป็นผลโดยตรงมาจากการเปลี่ยนแปลงของสภาพแวดล้อม นอกจากนี้ยังมีรายงานในกุ้งกุลาดำที่อยู่ในภาวะที่มีออกซิเจนละลายในน้ำค่อนข้างต่ำจะมีปริมาณน้ำตาลในเลือดสูงขึ้น (Hall and van Ham, 1998)

ผลการศึกษาครั้งนี้พบว่าการเปลี่ยนแปลงของปัจจัยสิ่งแวดล้อมไม่มีผลต่อปริมาณโปรตีนในน้ำเลือด ค่าความเป็นกรด-ด่าง และเวลาที่ใช้ในการแข็งตัวของเลือดกุ้งกุลาดำ ซึ่ง

สอดคล้องกับรายงานการศึกษาในกุ้งกุลาดำของกิจการและคณะ (2543c) ที่พบว่าโปรตีนในน้ำเลือด และ pH ของน้ำเลือดมีค่าเฉลี่ยที่ไม่แตกต่างกันระหว่างกุ้งที่เลี้ยงในบ่อดิน และกุ้งที่เลี้ยงในห้องปฏิบัติการ ทั้งนี้เนื่องจากในสภาพปกติระบบสรีรวิทยาของสิ่งมีชีวิตจะมีการปรับตัวเพื่อรักษาสมดุลของ pH ในเลือดให้คงที่ อย่างไรก็ตามยังมีบางรายงานที่ยืนยันว่าปัจจัยสิ่งแวดล้อมโดยเฉพาะความเค็มที่ลดลง หรือปริมาณแอมโมเนียที่เพิ่มขึ้น รวมทั้งภาวะเครียดอื่น ๆ มีผลทำให้ปริมาณโปรตีนในเลือดกุ้งลดลงได้ (Chen *et al.*,1994; Chen and Cheng, 1995; Perazzolo *et al.*, 2002) นอกจากนี้จากการศึกษาในกุ้ง western rock lobster ยังพบว่าปัจจัยความเครียดมีส่วนสำคัญที่ทำให้เวลาที่ใช้ในการแข็งตัวของเลือด (clotting time) ลดลงทั้ง ๆ ที่กุ้งกลุ่มดังกล่าวมี THC ลดลง (Jussila *et al.*, 2001) ซึ่งอาจจะมีความเป็นไปได้ที่ clotting time ของกุ้งอาจจะสัมพันธ์กับปัจจัยอื่น ๆ นอกเหนือจาก clotting proteins ที่ถูกปล่อยออกมาพร้อมกับการแตกตัวของเซลล์เม็ดเลือด

## 2. การศึกษาผลของการติดเชื้อต่อองค์ประกอบเลือดและภูมิคุ้มกัน

จากการศึกษาผลของการติดเชื้อก่อโรคที่สำคัญ 3 ชนิด ได้แก่ แบคทีเรีย *V. harveyi*, ไวรัสตัวแดงดวงขาว (WSSV) และไวรัสหัวเหลือง (YHV) ต่อองค์ประกอบเลือดและภูมิคุ้มกันของกุ้งกุลาดำทั้งสองกลุ่มอายุ (60 และ 120 วัน) ในห้องปฏิบัติการ พบว่ากุ้งกุลาดำทั้งสองกลุ่มอายุมีการตอบสนองต่อการติดเชื้อทั้งสามชนิดเป็นไปในทิศทางเดียวกัน กล่าวคือทุกองค์ประกอบเลือดและภูมิคุ้มกันที่ตรวจวัดมีค่าลดลงอย่างมีนัยสำคัญเมื่อเทียบกับกุ้งในกลุ่มควบคุม ยกเว้นความเป็นกรดด่าง (pH) ของเลือดกุ้งที่ไม่มีการเปลี่ยนแปลง นอกจากนี้ยังพบว่าเวลาที่ใช้ในการแข็งตัวของเลือด (blood clotting) ของกุ้งที่ติดเชื้อทั้งสามชนิดยังเพิ่มขึ้นอีกด้วย

โดยที่กุ้งอายุ 60 วัน ที่ติดเชื้อ *V. harveyi*, WSSV และ YHV มีปริมาณของเม็ดเลือดรวมลดลง 35%, 70% และ 50% ตามลำดับ PO activity ลดลง 34%, 89% และ 84% ตามลำดับ โปรตีนในน้ำเลือดลดลง 12%, 22% และ 15% ตามลำดับ ปริมาณน้ำตาลในเลือดลดลง 63%, 71% และ 65% ตามลำดับ และเวลาที่ใช้ในการแข็งตัวของเลือดของกุ้งทดลองส่วนใหญ่เพิ่มขึ้นเป็น 40 วินาที ในขณะที่กุ้งปกติส่วนใหญ่มีค่า clotting time 20 วินาที ส่วนกุ้งอายุ 120 วันที่ติดเชื้อ *V. harveyi*, WSSV และ YHV มีปริมาณของเม็ดเลือดรวมลดลง 28%, 58% และ 67% ตามลำดับ PO activity ลดลง 27%, 37% และ 33% ตามลำดับ โปรตีนในน้ำเลือดลดลง 18%, 32% และ 21% ตามลำดับ ปริมาณน้ำตาลในเลือดลดลง 74%, 58% และ 48% ตามลำดับ และเวลาที่ใช้ในการแข็งตัวของเลือดของกุ้งทดลองส่วนใหญ่เพิ่มขึ้นเป็น 120 วินาที ในขณะที่กุ้งปกติส่วนใหญ่มีค่า clotting time 20 วินาที (ตารางที่ 3 และ 4)

**ตารางที่ 3** แสดงค่าปัจจัยองค์ประกอบเลือดและภูมิคุ้มกันของกุ้งอายุ 60 วัน ที่ถูกชักนำให้มีการติดเชื้อต่าง ๆ ในห้องปฏิบัติการ

| องค์ประกอบเลือดและภูมิคุ้มกัน | กุ้งที่เลี้ยงในห้องปฏิบัติการ อายุ 60 วัน | | | |
|---|---|---|---|---|
| | กลุ่มควบคุม | กลุ่มติดเชื้อ *V. harveyi* | กลุ่มติดเชื้อ WSSV | กลุ่มติดเชื้อ YHV |
| THC ($10^4$ cells/$mm^3$) | 5.93 ±1.79[a] | 3.87 ±1.92[b] | 1.77 ±0.84[b] | 2.95 ±2.23[b] |
| PO activity (unit/min/mg-protein) | 45.6 ±5.6[a] | 30.0 ±3.7[b] | 5.2 ±1.3[b] | 7.1 ±1.6[b] |
| Serum protein (mg/ml) | 125.4 ±14.84[a] | 110.5 ±15.7[b] | 97.8 ±17.7[b] | 107.1 ±14.3[b] |
| Blood glucose (mg%) | 72.11 ±8.21[a] | 26.96 ±2.19[b] | 20.58 ±8.2[b] | 25.56 ±7.99[b] |
| Blood pH | 7.30 ±0.09[a] | 7.36 ±0.12[a] | 7.27 ±0.15[a] | 7.27 ±0.08[a] |
| Clotting time (second) | 20 | 40 | 40 | 40 |

Values (mean ± S.D.) followed by the same letter in a row do not differ significantly at $P = 0.05$

ผลการศึกษาพบว่าการติดเชื้อโดยเฉพาะเชื้อไวรัส WSSV และ YHV จะสัมพันธ์กับการลดลงของปริมาณเม็ดรวม และ PO activity ในสัดส่วนที่สูงมากเมื่อเทียบกับกุ้งปกติ สอดคล้องกับรายงานของกิจการและคณะ (2543e) ที่พบว่ากุ้งกุลาดำที่ติดเชื้อไวรัสหัวเหลือง หรือไวรัสตัวแดงดวงขาวจะมีปริมาณเม็ดเลือดรวม และ PO activity ลดลงสูงสุดถึง 82% และ 68% ตามลำดับ ทั้งนี้อาจเป็นผลมาจากการที่ไวรัสหัวเหลืองจะเข้าไปเพิ่มจำนวนในเซลล์เม็ดเลือดโดยตรง เป็นผลให้เกิดการตายของเซลล์เม็ดเลือด ในขณะที่มีหลักฐานว่า WSSV สามารถก่อให้เกิดการติดเชื้อในเนื้อเยื่อที่ทำหน้าที่ผลิตเม็ดเลือด (haematopoietic tissue) ของกุ้ง (Supamattaya *et al.*, 1994; Supamattaya, *et al.*, 1998) และจากการศึกษาในกุ้งขาว *L. vannamei* พบว่าการติดเชื้อ Taura syndrome virus มีผลทำให้ปริมาณเม็ดเลือดรวมลดลงถึง 79% (Song *et al.*, 2003) หรือการศึกษาในกุ้งกุลาดำ *P. monodon* และกุ้งญี่ปุ่น *P. japonicus* ที่ติดเชื้อ WSSV ก็ให้ผลการศึกษาในลักษณะเดียวกัน (Hennig *et al.* 1998; Chang *et al.*, 1999) ซึ่งพบว่าการแตกตัวของเซลล์เม็ดเลือด (haemocyte lysis) การสร้างเซลล์ทดแทนในเนื้อเยื่อที่มี

การติดเชื้อ การเกิดโนดูล (nodule formation) หรือการขัดขวางกระบวนการสร้างเซลล์เม็ดเลือด (haematopoiesis) ระหว่างการติดเชื้อจะสัมพันธ์กับการลดลงของ THC โดยตรง (Song *et al.*, 2003) นอกจากนี้การศึกษาครั้งนี้ยังพบว่าเปอร์เซ็นต์การลดลงของปริมาณเม็ดเลือดและ PO activity ของกุ้งอายุ 120 วัน อยู่ในสัดส่วนที่ต่ำกว่าของกุ้งอายุ 60 วัน จึงมีความเป็นไปได้ที่ภูมิคุ้มกันที่เกี่ยวข้องกับเซลล์เม็ดเลือดของกุ้งขนาดใหญ่จะมีความสามารถในการตอบสนองต่อการติดเชื้อทั้งสามชนิดได้ดีกว่ากุ้งขนาดเล็ก

**ตารางที่ 4** แสดงค่าปัจจัยองค์ประกอบเลือดและภูมิคุ้มกันของกุ้งกุลาดำอายุ 120 วัน ที่ถูกชักนำให้มีการติดเชื้อต่าง ๆ ในห้องปฏิบัติการ

| องค์ประกอบเลือดและภูมิคุ้มกัน | กุ้งที่เลี้ยงในห้องปฏิบัติการ อายุ 120 วัน | | | |
|---|---|---|---|---|
| | กลุ่มควบคุม | กลุ่มติดเชื้อ *V. harveyi* | กลุ่มติดเชื้อ WSSV | กลุ่มติดเชื้อ YHV |
| THC ($10^4$ cells/$mm^3$) | 4.05 ±2.58[a] | 2.93 ±1.81[b] | 1.72 ±0.13[b] | 1.32 ±0.94[b] |
| PO activity (unit/min/mg-protein) | 53.87 ±8.64[a] | 39.36 ±5.80[b] | 33.67 ±9.08[b] | 36.32 ±4.94[b] |
| Serum protein (mg/ml) | 137.46 ±16.09[a] | 112.56 ±13.72[b] | 92.79 ±17.75[b] | 109.08 ±14.32[b] |
| Blood glucose (mg%) | 65.12 ±9.02[a] | 16.95 ±2.57[b] | 27.10 ±5.33[b] | 34.02 ±3.62[b] |
| Blood pH | 7.21 ±0.07[a] | 7.25 ±0.07[a] | 7.11 ±0.14[a] | 7.20 ±0.28[a] |
| Clotting time (second) | 20 | 120 | 120 | 120 |

Values (mean ± S.D.) followed by the same letter in a row do not differ significantly at $P = 0.05$

จากการศึกษาครั้งนี้พบว่าระหว่างการติดเชื้อทั้งสามชนิด กุ้งกุลาดำจะมีปริมาณของโปรตีนในน้ำเลือดลดลงอย่างมีนัยสำคัญเมื่อเปรียบเทียบกับกลุ่มควบคุม ซึ่งสัมพันธ์กับการต้องใช้เวลามากขึ้นสำหรับการแข็งตัวของเลือด ทั้งนี้เนื่องจากโปรตีนที่เกี่ยวข้องกับการแข็งตัวของเลือด (clottable proteins) จะถูกปลดปล่อยออกมาขณะที่มีการแตกของเม็ดเลือดเนื่องจากการถูกกระตุ้นด้วยเชื้อก่อโรคระหว่างการติดเชื้อ ดังนั้นเมื่อปริมาณของเม็ดเลือดลดลงก็จะส่งผลต่อปริมาณของโปรตีนในเลือดด้วย สอดคล้องกับการศึกษาในกุ้งขาว *L. vannamei* ที่พบว่าการติด

เชื้อ Taura syndrome virus (TSV) มีผลทำให้ปริมาณโปรตีนในเลือดลดลง 56% และ clottable proteinsลดลงถึง 80% และเลือดของกุ้งที่ติดเชื้อยังมีการแข็งตัวค่อนข้างช้า (poor coagulate) อีกด้วย (Song *et al.*, 2003) กุ้งขนาดใหญ่ (120 วัน) ต้องใช้เวลาในการแข็งตัวของเลือดนานกว่าในกุ้งขนาดเล็ก (60 กรัม) ซึ่งอาจเป็นผลมาจากกุ้งขนาดใหญ่ที่ติดเชื้อมีเปอร์เซ็นต์การลดลงของปริมาณโปรตีนในเลือดในสัดส่วนที่สูงกว่า นอกจากนี้พบว่าการติดเชื้อยังมีผลต่อการเปลี่ยนแปลงของปริมาณน้ำตาลในเลือดของกุ้งโดยตรง เช่นเดียวกับปัจจัยสิ่งแวดล้อมอื่น ๆ ที่ติดเชื้อยังมีการลดลงสามารถ อย่างไรก็ตามการชักนำให้ติดเชื้อโดยวิธีการฉีดอาจจะมีผลกระทบต่อการเปลี่ยนแปลงขององค์ประกอบเลือดและภูมิคุ้มกันของกุ้งในช่วงสั้น ๆ ทั้งนี้ความรุนแรงของผลกระทบขึ้นอยู่กับปริมาณของเม็ดเลือดกุ้งที่ถูกทำลายไประหว่างการติดเชื้อ