

อุปกรณ์และวิธีการดำเนินการวิจัย

สถานที่และเวลาทำการทดลอง การเตรียมอาหารผสมเม็ด ทำที่แผนกวิทยาศาสตร์ ทางทะเล จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย ส่วนการทดลองทำที่นาุ้งทดลองของกองประมง น้ำกรวย กรมประมง ณ.หมู่ที่ 9 ต.โคกขาม จังหวัดสมุทรสาคร

การทดลองเริ่มตั้งแต่วันที่ 1 กรกฎาคม 2520 ใช้เวลาในการสร้าง กระชังทดลองจำนวน 21 กระชัง เตรียมอาหารและได้รับลูกกุ้งจากสถานีประมง จังหวัดสงขลา จึงได้เริ่มทดลองเลี้ยงเมื่อวันที่ 7 สิงหาคม 2520 ถึง วันที่ 26 พฤศจิกายน 2520 รวมเวลาทดลอง 16 สัปดาห์

อุปกรณ์ในการทดลอง

1. กระชัง ขนาดของกระชังที่ใช้ 1.00 x 1.50 x 1.00 เมตร จำนวน 21 กระชัง นำมาใช้ทดลองเพียง 15 กระชัง ที่เหลือเตรียมสำรองไว้ สำหรับทดแทนกระชังที่ชำรุด

2. ไม้วัดความยาวกึ่งทดลองขนาด 0.10 เซนติเมตร ตราชั่ง ละเอียดขนาด 0.10 กรัม เทอร์โมมิเตอร์ เครื่องวัดความเค็มแบบ Reflectometer เครื่องตรวจสอบคุณสมบัติทางเคมีของน้ำ (HACH) ชุด เครื่องไตเตรทหาออกซิเจน ชุดเก็บน้ำเพื่อหาออกซิเจน เครื่องเก็บน้ำแบบ Kitahara สวิงสำหรับร่อนกุ้ง พรอมทั้งแปรงสำหรับขัดกระชัง

3. อาหารเลี้ยงกุ้งมี 4 ชนิด เป็นอาหาร เม็ดมีระดับโปรตีนคิดเป็น ร้อยละ 28.14 , 39.93 และ 50.07

การเตรียมอาหารผสมเม็ด อาหารผสมที่ใช้ในการทดลองเลี้ยงกุ้งกุลาดำมี 4 สูตร โดยมี ปลาป่น และรำละเอียด เป็นหลักในการกำหนดที่มีความแตกต่าง ส่วนประกอบอื่น ๆ ที่จำเป็นจะอยู่ในปริมาณเท่ากัน ดังตารางที่ 1

ปลาป่น ไร่ปลาป่นที่ซื้อตามท้องตลาดมาร่อนในตะแกรงร่อนแปง นำ ส่วนที่ร่อนเก็บ เป็นส่วนผสม

ตารางที่ ๑ ส่วนประกอบอัตราส่วน ( เปอร์เซ็นต์ ) และราคา ( บาท ) ของอาหารผสมสูตร ๔

ส่วนผสม	ราคา ก.ก.	อาหารสูตร ๑		อาหารสูตร ๒		อาหารสูตร ๓		อาหารสูตร ๔	
		%	ราคา	%	ราคา	%	ราคา	%	ราคา
ปลาป่น	๑๐.๐๐	-	-	๒๕.๐๐	๒.๕๐	๕๐.๐๐	๕.๐๐	๗๕.๐๐	๗.๕๐
หัวกุ้งป่น	๖.๐๐	๒.๐๐	๐.๑๒	๒.๐๐	๐.๑๒	๒.๐๐	๐.๑๒	๒.๐๐	๐.๑๒
เศษปลาหมึก	๔.๕๐	๓.๐๐	๐.๑๓๕	๓.๐๐	๐.๑๓๕	๓.๐๐	๐.๑๓๕	๓.๐๐	๐.๑๓๕
ยีสต์ขนมปัง	๒๖.๐๐	๒.๐๐	๐.๕๒	๒.๐๐	๐.๕๒	๒.๐๐	๐.๕๒	๒.๐๐	๐.๕๒
รำละเอียด	๒.๕๐	๗๕.๐๐	๑.๘๗๕	๕๐.๐๐	๑.๒๕	๒๕.๐๐	๐.๖๒๕	-	-
ถั่วเหลืองป่น	๗.๐๐	๕.๐๐	๐.๓๕	๕.๐๐	๐.๓๕	๕.๐๐	๐.๓๕	๕.๐๐	๐.๓๕
แป้งข้าวเจ้าสุก	๔.๐๐	๕.๐๐	๐.๔๕	๕.๐๐	๐.๔๕	๕.๐๐	๐.๔๕	๕.๐๐	๐.๔๕
แป้งสาลี	๑๓.๐๐	๕.๐๐	๐.๖๕	๕.๐๐	๐.๖๕	๕.๐๐	๐.๖๕	๕.๐๐	๐.๖๕
น้ำมันปลา	-	๑.๐๐	๐.๒๐	๑.๐๐	๐.๒๐	๑.๐๐	๐.๒๐	๑.๐๐	๐.๒๐
วิตามินและ เกลือแร่		๒.๐๐	๐.๗๕	๒.๐๐	๐.๗๕	๒.๐๐	๐.๗๕	๒.๐๐	๐.๗๕
รวม		๑๐๐.๐๐	๕.๐๕	๑๐๐.๐๐	๖.๘๒๕	๑๐๐.๐๐	๘.๘๐	๑๐๐.๐๐	๑๐.๖๗๕

รำละเอียด ใช้รำละเอียดที่ชื้อจากท้องตลาดที่แห้งดี มาร่อนในตะแกรงร่อนแป้ง นำรำละเอียดที่ร่อนแล้วเก็บเป็นส่วนผสมอาหาร

หัวกุ้ง นำหัวกุ้งสดที่ชื้อจากท้องตลาดมาตากแดดประมาณ 3 วัน เมื่อแห้งสนิทดีแล้ว นำมาบดละเอียดด้วยเครื่องตีปั่น และนำไปร่อนในตะแกรงร่อนหัวกุ้งสด 4.7 กก. เมื่อแห้งจะได้อหัวกุ้งแห้ง 1 กก. ราคาหัวกุ้งสดกิโลกรัมละ 1.00 บาท

ปลาหมึก ใช้เศษปลาหมึกและส่วนครีบ (fins) ของปลาหมึกสดนำมาตากแดดประมาณ 3 วัน แลวนำไปอบในตู้อบอุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส เป็นเวลาประมาณ 12 ชั่วโมง แลวนำมาทำให้ละเอียด แลวร่อนด้วยตะแกรงตาถี่ถี่ เหลืองปน นำถั่วเหลืองปั่นมาร่อนในตะแกรงตาถี่เช่นเดียวกัน สำหรับน้ำมันปลา (Fish oil) วิตามินและแร่ธาตุ (Vitamin and mineral) หาซื้อได้จากรานค้า

รำละเอียด , หัวกุ้งแห้ง และถั่วเหลืองปั่น ต้องนำมาอบในตู้อบที่อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส นาน 3 ชั่วโมง

อาหารผสมเม็ดที่ใช้ในการทดลองครั้งนี้ใช้แป้งขาวขาวสุกปั่น และแป้งสาลี (Wheat flour) เป็นตัวยึดอาหาร

ทำการผสมอาหารทั้ง 4 ชนิด โดยนำส่วนประกอบอาหารแต่ละชนิด (ตารางที่ 1) ที่ซึ่งแควมมาผสมให้เข้ากัน เมื่อเข้ากันดีแล้วนำมาเข้าเครื่องอัดแท่ง แลวดตากแดดนานประมาณ 6 ชั่วโมง ต่อจากนั้นอบที่อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส นานประมาณ 4 ชั่วโมง จากนั้นบรรจุลงพลาสติก แลวนำใส่ถังเก็บอาหาร เพื่อป้องกันความชื้น

กระชังสำหรับเลี้ยงกุ้งทดลอง มีขนาด 1.00 1.50 1.00 เมตร สร้างด้วยไม้ขนาด 2x2 นิ้ว มีฉนวนในคอนเบร 20 (ขนาดตาอวน 20 คาคอ 1 ตารางนิ้ว) โดยรอบพื้นกระชัง มีแผนไม้บางประกบอวนเข้ากับโครง

นำกระชังทั้ง 15 ใบ วางตามแนวยาวของแปลงทดลอง ยึดกระชังแต่ละใบเข้ากับหลักไม้ไผ่ข้างละตน วางกระชังให้จมในน้ำ 80 เซนติเมตร

และสูงจากก้นบ่อประมาณ 20 เซนติเมตร กระจกแต่ละใบอยู่ห่างกันประมาณ 1.00 เมตร (ดังรูปที่ 1)

แปลงทดลองที่วางกระจกนี้ มีขนาด 2 ไร่ มีประตูระบายน้ำเข้า 2 ประตู ประตูระบายน้ำออก 1 ประตู การระบายน้ำเข้าใช้เครื่องฉีดยาจากคลองพิทยาลงกรณในขณะน้ำขึ้นสูงสุดทุก ๆ วัน ทำให้แปลงทดลองได้รับน้ำใหม่เสมอ

การเตรียมลูกกุ้งทดลอง ลูกกุ้งก้ามกักที่ใช้ในการทดลอง เป็นลูกกุ้งวัยอ่อน ได้จากการเพาะฟักที่สถานีประมงจังหวัดสงขลา การจำเลี้ยงลูกกุ้งจากสถานีประมงจังหวัดสงขลา มาแปลงทดลองที่จังหวัดสมุทรสาคร ใช้วิธีบรรจุลงพลาสติกอ็อกซิเจน แฉวบรรจุในถังพลาสติกที่มีฝาปิด รักษาอุณหภูมิให้เย็นในระดับ 20-24 องศาเซลเซียส ควบคุมการให้อาหารโดยผสมน้ำแข็งบดระหว่างถึงพลาสติกกับดุงบรรจุลูกกุ้ง รวมกินเวลาประมาณ 5 ชั่วโมง

ก่อนนำลูกกุ้งในแปลงทดลอง ได้นำมาอนุบาลลูกกุ้งจนโตขนาดความยาวเฉลี่ย 3.739 ซม. และน้ำหนักเฉลี่ย 0.332 กรัม

การวางแผนการทดลองและการจัดกลุ่มทดลองลงกระจก

การวางแผนการทดลองใช้วิธี

โดยให้อาหาร 4 ชนิดและไม่ให้อาหาร 1 ชนิด แต่ละชนิดทำการทดลอง 3 ซ้ำ (รูปที่ 1) ดังนี้

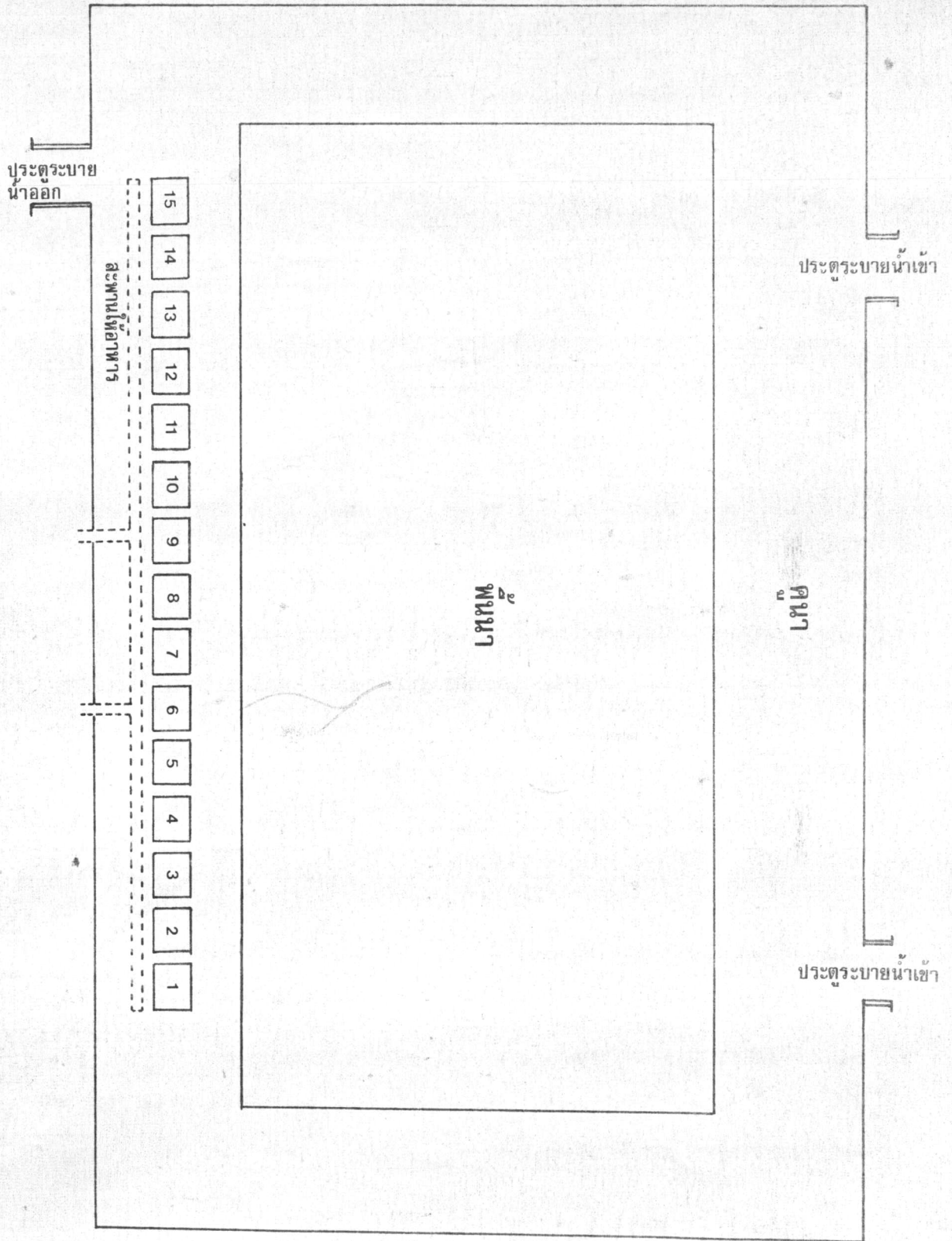
กระจกทดลองที่ 1, 6 และ 11 เลี้ยงกุ้งทดลองด้วยอาหารผสมอาหารโปรตีนระดับ 17.52 %

กระจกทดลองที่ 2, 7 และ 12 เลี้ยงกุ้งทดลองด้วยอาหารผสมโปรตีน 28.14 %

กระจกทดลองที่ 3, 8 และ 13 เลี้ยงกุ้งทดลองด้วยอาหารผสมโปรตีนระดับ 39.93 %

กระจกทดลองที่ 4, 9 และ 14 เลี้ยงกุ้งทดลองด้วยอาหารผสมโปรตีนระดับ 50.07 %

กระจกทดลองที่ 5, 10 และ 15 ไม่ให้อาหาร



รูปที่ 1 แผนผังการจัดกระชังทดลองและระบบระบายน้ำ



วิธีการวิเคราะห์ทางสถิติ การศึกษาการเจริญเติบโต อัตราการเจริญเติบโต อัตราการตายและผลผลิตต่อหน่วยพื้นที่ ของกุ้งทดลองที่เกิดจากอิทธิพลของอาหาร 4 สูตร และไม้ให้อาหาร โดยใช้สถิติในการวิเคราะห์ความแปรปรวน (Analysis of Variance) ส่วนการเปรียบเทียบความแตกต่างของอิทธิพลของอาหารชนิดใดต่อ การเจริญเติบโต อัตราการเจริญเติบโต อัตราการตาย ผลผลิตต่อหน่วยพื้นที่ของกุ้งทดลอง โดยใช้วิธี Duncan's new multiple range test ที่ระดับความเชื่อมั่น 95 %

วิธีวิเคราะห์ทางแปรปรวน (Analysis of Variance)

สำหรับ Randomized Complete Block Design

Treatment $i = 1, 2, 3$	Replication $j = 1, 2, 3$			Total
	1	2	3	
อาหารระดับโปรตีน 17.52 %	$x_{11}$	$x_{12}$	$x_{13}$	$x_{1\cdot}$
อาหารระดับโปรตีน 28.14 %	$x_{21}$	$x_{22}$	$x_{23}$	$x_{2\cdot}$
อาหารระดับโปรตีน 39.93 %	$x_{31}$	$x_{32}$	$x_{34}$	$x_{3\cdot}$
อาหารระดับโปรตีน 50.07 %	$x_{41}$	$x_{42}$	$x_{43}$	$x_{4\cdot}$
ไม้ให้อาหาร	$x_{51}$	$x_{52}$	$x_{53}$	$x_{5\cdot}$
รวม	$x_{\cdot 1}$	$x_{\cdot 2}$	$x_{\cdot 3}$	

$$(I) \text{ Total SS} = \sum x_{ij}^2 - (\sum x_{ij})^2 / rt$$

$$(2) \text{ Treatment SS} = (\sum x_i^2) / r - CT$$

$$(3) \text{ Replication SS} = (\sum x_j^2) / t - CT$$

$$(4) \text{ Error SS} = (I) - (2) - (3)$$

CT \* correction term

$$= (\sum x_{ij}^2) / rt$$

r = จำนวนซ้ำในแต่ละพรีทเมนต์

t = จำนวนพรีทเมนต์

## ผลการวิเคราะห์เหรียนซ์

SOV	df	SS	MS	F
Treatment	(t-1)	(2)	(2)/(t-1)	
Replication	(r-1)	(3)	(3)/(r-1)	
Error	(t-1)(r-1)	(4)	(4)/(t-1)(r-1)	
Total				

การเปรียบเทียบโดยวิธี Duncan's New Multiple Range Test  
วิธีคำนวณ

$$S_x = \sqrt{\text{error mean square}/r}$$

การจับกุ้งทดลองในกระชัง วันที่ 6 สิงหาคม 2520 ทำการคัดเลือก  
กุ้งที่ขนาดใกล้เคียงกัน โดยวิธีสุ่มครั้งละ 25 ตัว ใส่ในกระชังทั้งหมด 15 กระชัง  
กระทำแบบเดียวกัน 3 ครั้ง ดังนั้นกุ้งในแต่ละกระชังมีกุ้ง 75 ตัว โดยทำการ  
สุ่มตัวอย่าง เพื่อชั่งวัดขนาดความยาว (จากปลายสุดของกรีถึงปลายสุดของหาง)  
และชั่งน้ำหนักกระชังละ 25 ตัว

การชั่ง-วัดขนาดกุ้งทดลอง หลังจากจับกุ้งลงบ่อแล้ว การชั่ง-วัด  
ขนาดกุ้งทดลองทำทุก ๆ 2 สัปดาห์ รวม 8 ครั้ง เป็นจำนวน 16 สัปดาห์ การ  
ทดลองได้เสร็จสิ้นในวันที่ 26 พฤศจิกายน 2520 โดยสุ่มตัวอย่างกระชังละ 25  
ตัว จากทุกครั้งที่ทำการชั่งวัดขนาด

การวัดความยาวโดยวัดปลายสุดของกรีถึงปลายสุดของหาง  
การชั่งน้ำหนัก โดยวิธีน้ำหนักที่ได้จากการสุ่มตัวอย่าง มาชั่งด้วยผ้าหรือ  
กระดาษชั่ง ใหนักที่ยูรวมตัวนั้นแห้ง แลวนำกุ้งนั้นไปชั่งน้ำหนัก

การหาความสัมพันธ์ความยาวและน้ำหนักของกุ้ง นำข้อมูลของน้ำหนัก  
และความยาวของกุ้ง ที่ทดลองในอาหารระดับโปรตีนต่าง ๆ และไม่ให้อาหาร  
มาหาความสัมพันธ์ระหว่างขนาดความยาวและน้ำหนัก (Length-weight

relationship) ของ กุ้ง โดยใช้จากสมการของกฎกำลังสาม (Cube Law)

$$W = cL^n$$

โดยกำหนดให้

$W$  = น้ำหนักของกุ้ง (กรัม)

$L$  = ความยาวของกุ้ง (เซ็นติเมตร)

$c$  = ค่าคงที่ (constant) หรือ

Coefficient of condition or Length - Weight factor)

$n$  = ค่าคงที่ (constant) ซึ่งเป็นอัตรา

การเปลี่ยนแปลงของน้ำหนักกับความยาว

เปลี่ยนสมการ  $W = cL^n$  ซึ่งเป็นสมการ เส้นโค้ง ให้เป็นสมการ เส้นตรง

จะได้

$$\log W = \log c + n \log L$$

โดยสมมุติให้

$$\log W = Y$$

$$\log c = a$$

$$\log L = X$$

$$n = b$$

ซึ่งจะสอดคล้องกับสมการ เส้นตรง

$$Y = a + bX$$

คำนวณหาค่า  $a$  และ  $b$  จากหลักของ Least square method

$$b = \frac{\sum XY - (\sum X)(\sum Y)/n}{\sum X^2 - (\sum X)^2/n}$$

$$a = \bar{Y} - b\bar{X}$$

การคำนวณหาอัตราการเปลี่ยนอาหารเป็นเนื้อ (Food conversion ratio) อัตราการแปรเปลี่ยนของอาหารเป็นเนื้อกุ้ง สามารถคำนวณได้จากสูตร

$$\text{Food conversion} = \frac{F}{W - W_t}$$

$F$  = จำนวนอาหารที่ให้อาหารทั้งหมด (กรัม)



$W =$  น้ำหนักรวม เมื่อ เริ่มทดลอง (กรัม)

$W_2 =$  น้ำหนักรวมของกึ่ง เมื่อ เสร็จสิ้นการทดลอง (กรัม)

การเก็บน้ำเพื่อตรวจสอบภาวะแวดล้อม ทำการเก็บตัวอย่างน้ำในกระ-  
ชัง เพื่อตรวจสอบคุณสมบัติทุก สัปดาห์ ในเวลา 12.00 น. ในสัปดาห์ที่ 1, 3,  
5, 7, 9, 11, 13, และ 15 นอกจากนี้ได้ตรวจสอบทุก ๆ 6 ชั่วโมงในสัปดาห์  
ที่ 2, 4, 5, 8, 10, 12, 14 และ 16 คุณสมบัติที่ตรวจสอบมีดังนี้

1. อุณหภูมิ การวัดอุณหภูมิทำโดยการหย่อน เทอร์โมมิเตอร์ลงในน้ำ  
สักครู่ และอ่านผลขณะที่เทอร์โมมิเตอร์อยู่ในน้ำ เป็นองศา เซลเซียส

2. ความเค็ม วัดความเค็มด้วย เครื่องรีเฟกโตมิเตอร์  
(Reflectometer) ของน้ำในกระชัง อ่านออกเป็น

3. ปริมาณออกซิเจนที่ละลายน้ำ วิธีของวินคลเลอร์ (Winkler's  
method) คือ เก็บตัวอย่างน้ำด้วย เครื่อง เหน้ Kitahara นำน้ำใน เครื่อง  
เก็บน้ำมา เก็บในขวด เก็บน้ำ ไม่ให้มีฟองอากาศในขวด เก็บน้ำตัวอย่าง แล้วทำ  
การฟiks ที่ด้วยสารละลาย แมกนีเซียมซัลเฟต (Magnesium sulfate), สาร  
ละลายโปตัสเซียมไอโอดอไซด์ในสารละลายโพแทสเซียมไฮดรอกไซด์ (Potassium  
iodide solution in Potassium hydroxide solution) จากนั้น เติม  
กรดซัลฟูริก (Sulfuric acid) ในขวดน้ำตัวอย่างขวดละ 1 มิลลิลิตร แล้ว  
จึงไทเทรตกับ โซเดียมไทโอซัลเฟต (Sodium Thiosulphate,  $Na_2S_2O_3$ ) ที่  
มีความเข้มข้น 0.01 N. โดยโซเดียมไทโอซัลเฟตเป็นครรชนี (Indicator) โดยถือว่า  
ไม่มีสีครั้งแรกเป็น end point จกจำนวนโซเดียมไทโอซัลเฟตที่ใช้ไปในการ  
ไทเทรต หาปริมาณออกซิเจนได้จากค่าคำนวณจากสูตร

$$\text{ปริมาณออกซิเจนที่ละลายน้ำ ml/L} = \frac{A \times M \times 22393}{4(V-2)}$$

A = ปริมาณของโซเดียมไทโอซัลเฟตที่ใช้ในการไทเทรต เป็น  
มิลลิลิตร

M = นอแมลลิตี (Normality) ความเข้มข้นของโซเดียมไทโอ-

ชนิดที่ใช้ในการไตเตรทเป็นนอร์มอล (Normal)

$V =$  ปริมาตรของซวคเก็บน้ำตัวอย่างที่นำมาไตเตรทหาปริมาณออกซิเจนมีลลิตร

4. ความเป็นกรดเป็นด่าง (pH) ทำการตรวจวัดโดยใช้เครื่องวิเคราะห์คุณสมบัติของน้ำ HACH Spectrophotometer โดยนำตัวอย่างน้ำ 25 มิลลิตร นำมาเติมน้ำยาหาความเป็นกรดเป็นด่าง 1 มิลลิตร เขย่าให้รวมกัน สังเกตจุดสีที่เกิดขึ้น จักช่วงคลื่น (Wave length) ให้สัมพันธ์กับวงสีของน้ำก่อนทำการวัด จากนั้นนำน้ำตัวอย่างที่เติมน้ำยามาวัดความเป็นกรดเป็นด่างต่อไป

การให้อาหาร อาหารแต่ละวันให้ประมาณร้อยละ 10 ของน้ำหนักกุ้งทดลอง โดยแบ่งให้สองเวลา คือ 08.00น. และ 16.00น. ในเวลาเช้าให้อาหารประมาณร้อยละ 40 ของน้ำหนักอาหารที่จะให้ทั้งหมดในแต่ละวัน ส่วนเวลาเย็นจะให้อาหารส่วนที่เหลือ (60เปอร์เซ็นต์) ก่อนการให้อาหารแต่ละครั้ง สังเกตดูเศษอาหารที่เหลือ ถ้ามีเศษอาหารเหลือจากวันก่อน จะทำการชอนทิ้ง