ใบรับรองวิทยานิพนธ์

บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต (เพาะเลี้ยงสัตว์น้ำ)

ปริญญา

เพาะเลี้ยงสัตว์น้ำ	เพาะเลี้ยงสัตว์น้ำ
สาขา	**ภาควิชา**

เรื่อง การประมาณค่าพารามิเตอร์ทางพันธุกรรมสำหรับน้ำหนักและขนาดลำตัวของกุ้งขาว (*Litopenaeus vannamei*)

Estimation of Genetic Parameters for Weight and Body Size of Pacific White Shrimp (*Litopenaeus vannamei*)

นามผู้วิจัย นายยุทธณา การชะนะไชย

ได้พิจารณาเห็นชอบโดย

อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก

(รองศาสตราจารย์สุภาวดี พุ่มพวง, Ph.D.)

อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ร่วม

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ศกร คุณวุฒิฤทธิรณ, วท.ด.)

อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ร่วม

(อาจารย์สุภัทรา อุไรวรรณ์, Ph.D.)

หัวหน้าภาควิชา

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์พงศ์เชฏฐ์ พิชิตกุล, วท.ม.)

บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์รับรองแล้ว

(รองศาสตราจารย์กัญจนา ธีระกุล, D.Agr.)

คณบดีบัณฑิตวิทยาลัย

วันที่ **เดือน** **พ.ศ.**

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

วิทยานิพนธ์

เรื่อง

การประมาณค่าพารามิเตอร์ทางพันธุกรรมสำหรับน้ำหนักและขนาดลำตัวของกุ้งขาว (*Litopenaeus vannamei*)

Estimation of Genetic Parameters for Weight and Body Size of Pacific White Shrimp (*Litopenaeus vannamei*)

โดย

นายยุทธณา การชะนะไชย

เสนอ

บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์
เพื่อความสมบูรณ์แห่งปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต (เพาะเลี้ยงสัตว์น้ำ)
พ.ศ. 2554

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ยุทธณา การชะนะไชย 2554: การประมาณค่าพารามิเตอร์ทางพันธุกรรมสำหรับน้ำหนักและขนาดลำตัวของกุ้งขาว (*Litopenaeus vannamei*) ปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต (เพาะเลี้ยงสัตว์น้ำ) สาขาวิชาเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำ ภาควิชาเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำ อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก: รองศาสตราจารย์สุภาวดี พุ่มพวง, Ph.D. 98 หน้า

การศึกษาครั้งนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อประมาณค่าพารามิเตอร์ทางพันธุกรรมสำหรับลักษณะน้ำหนักตัวและขนาดลำตัวของกุ้งขาว (*Litopenaeus vannamei*) ในระยะทำเครื่องหมายและระยะเก็บเกี่ยว ลูกกุ้ง 12 ครอบครัว ได้รับการอนุบาล จนมีอายุเฉลี่ย 77 วันหลังฟัก (ระยะทำเครื่องหมาย) จึงนำกุ้ง 200 ตัวต่อครอบครัวมาทำเครื่องหมายประจำครอบครัว และกุ้ง 950 ตัวถูกจัดเก็บข้อมูล (น้ำหนักตัวและขนาดลำตัว) จากนั้น กุ้ง 140 ตัวที่มีเครื่องหมายถูกสุ่มจากแต่ละครอบครัว แล้วนำไปเลี้ยงรวมกันในสภาพแวดล้อมที่แตกต่างกัน 3 แบบ เมื่อกุ้งมีอายุเฉลี่ย 124 วันหลังฟัก (ระยะเก็บเกี่ยว) กุ้ง 1,664 ตัว ถูกสุ่มจับและวัดขนาดรายตัว ค่าเฉลี่ย (ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน) มีค่าเท่ากับ 18.70 (3.00) กรัมสำหรับน้ำหนักตัว 11.67 (1.14) เซนติเมตรสำหรับความยาวลำตัว 8.72 (1.03) เซนติเมตรสำหรับความยาวหาง 2.95 (0.22) เซนติเมตรสำหรับความยาวหัว 74.62 (1.85) สำหรับเปอร์เซ็นต์ความยาวหาง 25.38 (1.85) สำหรับเปอร์เซ็นต์ความยาวหัว และ 1.60 (0.15) กรัมต่อเซนติเมตรสำหรับสัดส่วนน้ำหนักตัวต่อความยาวลำตัว และพบว่า เพศ จำนวนวันหลังฟัก และบ่อมีอิทธิพลต่อน้ำหนักตัวและขนาดลำตัว ($P < 0.05$) กุ้งขาวเพศเมียมีขนาดของลักษณะที่ศึกษาใหญ่กว่ากุ้งขาวเพศผู้ทุกลักษณะยกเว้นเปอร์เซ็นต์ความยาวหาง องค์ประกอบความแปรปรวนของลักษณะที่ศึกษาถูกประมาณค่าด้วยวิธี Restricted Maximum Likelihood (REML) ร่วมกับแบบจำลองสัตว์ ที่ระยะเก็บเกี่ยวค่าประมาณอัตราพันธุกรรม (ความคลาดเคลื่อนมาตรฐาน) มีค่าเท่ากับ 0.37 (0.14) สำหรับน้ำหนักตัว 0.34 (0.13) สำหรับความยาวลำตัว 0.35 (0.13) สำหรับความยาวหาง 0.13 (0.06) สำหรับความยาวหัว 0.05 (0.03) สำหรับสำหรับเปอร์เซ็นต์ความยาวหางและเปอร์เซ็นต์ความยาวหัว และ 0.34 (0.13) สำหรับอัตราส่วนน้ำหนักตัวต่อความยาวลำตัว ค่าสหสัมพันธ์ทางพันธุกรรมระหว่างน้ำหนักตัวกับความยาวลำตัว ความยาวหาง ความยาวหัว เปอร์เซ็นต์ความยาวหาง เปอร์เซ็นต์ความยาวหัว และอัตราส่วนน้ำหนักตัวต่อความยาวลำตัวมีค่า 0.98 (0.01), 0.97 (0.02), 0.94 (0.05), 0.36 (0.32), -0.36 (032) และ 0.99 (0.01) ตามลำดับ อัตราพันธุกรรมของลักษณะมีค่าสูง ชี้ให้เห็นว่า สามารถสร้างผลตอบสนองทางพันธุกรรมได้สูงจากการคัดเลือกทางพันธุกรรมสำหรับน้ำหนักและขนาดตัว (ความยาวลำตัว ความยาวหาง และอัตราส่วนน้ำหนักตัวต่อความยาวลำตัว) ค่าสหสัมพันธ์ทางพันธุกรรมระหว่างน้ำหนักตัวกับขนาดลำตัว (ความยาวลำตัว ความยาวหาง ความยาวหัว และอัตราส่วนน้ำหนักตัวต่อความยาวลำตัว) มีค่าสูง บอกเป็นนัยว่า เมื่อการปรับปรุงน้ำหนักตัวสามารถช่วยให้ขนาดลำตัวเปลี่ยนแปลงด้วยเช่นกัน การศึกษานี้แสดงให้เห็นถึง การประยุกต์ใช้กลวิธี REML ร่วมกับสมการแบบผสม เพื่อประมาณค่าองค์ประกอบความแปรปรวนและพารามิเตอร์ทางพันธุกรรมสำหรับลักษณะที่สำคัญทางเศรษฐกิจในกุ้ง

_____ _____ ___ / ___ / ___

ลายมือชื่อนิสิต ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

Yoottana Kanchanachai 2011: Estimation of Genetic Parameters for Weight and Body Size of Pacific White Shrimp (*Litopenaeus vannamei*). Master of Science (Aquaculture), Major Field: Aquaculture, Department of Aquaculture. Thesis Advisor: Associate Professor Supawadee Poompuang, Ph.D. 98 pages.

The objective of this study was to estimate genetic parameters for weight and body size of Pacific White Shrimp (*Litopenaeus vannamei*) at tagging age and harvest size. Shrimp from 12 full-sib families were reared until age was 77 days post hatch (tagging age) in average, 200 shrimps per family were tagged for family identification, and 950 shrimps per family were data collected (weight and bodysize). Then, 140 tagged shrimps were sampled from each family and they were reared together in 3 different environments. When the average age was 124 days post hatch (harvest size), 1,664 shrimps were randomly cached and individually measured. Mean value (SD) was 18.70 (3.00) g for body weight (BW), 11.67 (1.14) cm for body length (BL), 8.72 (1.03) cm for abdominal length (AL), 2.95 (0.22) cm for carapace length (CL), 74.62 (1.85) % for percent tail length (ALBL), 25.38 (1.85) % for percent carapace length (CLBL) and 1.60 (0.15) g/cm for ratio between body weight and body length (BWBL). Sex, days post hatch, and pond had significant effects on weight and size traits ($P < 0.05$). Female were larger than male for all traits, except percent tail. Variance components of the study traits were estimated by a Restricted Maximum Likelihood (REML) procedure with animal mixed linear models. At harvest age, the heritability estimate (S.E.) was 0.37 (0.14) for BW, 0.34 (0.13) for BL, 0.35 (0.13) for AL, 0.13 (0.06) for CL, 0.05 (0.03) for ALBL and CLBL, and 0.34 (0.13) for BWBL. Genetic correlation (SE) between BW and BL, AL, CL, ALBL, CLBL and BWBL were 0.98 (0.01), 0.97 (0.02), 0.94 (0.05), 0.36 (0.32), -0.36 (032) and 0.99 (0.01) respectively. High heritability estimates suggested that high genetic response could be obtained through genetic selection for BW and size traits (BL, AL and BWBL). Furthermore, high genetic correlations between BW and size traits (BL, AL, CL and BWBL) imply that selection for improving BW would cause simultaneous changes of the size traits. The present study demonstrates the application of REML and mixed model techniques to estimate variance components and genetic parameters for economically important traits in shrimp.

_____ _____ ___ / ___ / ___

Student's signature Thesis Advisor's signature

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

กิตติกรรมประกาศ

ข้าพเจ้าขอกราบขอบพระคุณรองศาสตราจารย์ ดร.สุภาวดี พุ่มพวง ประธานกรรมการที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ศกร คุณวุฒิฤทธิรณ และ ดร.สุภัทรา อุไรวรรณ์ กรรมการร่วม ที่ให้ความรู้ และคำปรึกษาในด้านการเรียน การวางแผน การค้นคว้าวิจัย การตรวจสอบและแก้ไขวิทยานิพนธ์เล่มนี้จนเสร็จสมบูรณ์ และกราบขอบพระคุณ อาจารย์ ดร.วงศ์ปฐม กมลรัตน์ ผู้ทรงคุณวุฒิภายนอก และ รองศาสตราจารย์ ดร. วราห์ เทพาหุดี ประธานกรรมการการสอบ ที่ได้ให้ความกรุณาตรวจแก้ไขวิทยานิพนธ์ให้สมบูรณ์ยิ่งขึ้น

ผู้วิจัยขอขอบคุณคุณกฤตย เติมประภัสสร์ คุณเอนก หมีเงิน ที่ให้ความช่วยเหลือในการจัดเก็บข้อมูลการทดลอง และขอขอบคุณพี่น้องสมาชิกกลุ่ม TAGU (Tropical Animal Genetic Unit) ที่ให้คำแนะนำในด้านการเรียนและการวิจัยด้วยดีตลอดมา

สุดท้ายขอกราบขอบพระคุณ คุณพ่อ คุณแม่ ที่เคารพอย่างสูง รวมทั้งพี่น้องทุกคนที่คอยให้กำลังใจในการเรียนและการวิจัย จนสำเร็จการศึกษาในครั้งนี้

ยุทธณา การชะนะไชย

ตุลาคม 2554

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

สารบัญ

หน้า

สารบัญ	(1)
สารบัญตาราง	(2)
สารบัญภาพ	(5)
คำนำ	1
วัตถุประสงค์	3
การตรวจเอกสาร	4
อุปกรณ์และวิธีการ	17
ผลและวิจารณ์	26
สรุปและข้อเสนอแนะ	53
สรุป	53
ข้อเสนอแนะ	55
เอกสารและสิ่งอ้างอิง	56
ภาคผนวก	65
ประวัติการศึกษาและการทำงาน	98

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

สารบัญตาราง

ตารางที่		หน้า
1	ราคากุ้งขาวเฉลี่ย (บาทต่อกิโลกรัม) ในแต่ละปี ณ ตลาดกลางกุ้งสมุทรสาคร	7
2	น้ำหนักตัวกุ้งขาวที่เลี้ยงด้วยความหนาแน่นและเก็บเกี่ยวที่อายุแตกต่างกันในประเทศไทย	7
3	ค่าอัตราพันธุกรรมและค่าความคลาดเคลื่อนมาตรฐานของลักษณะน้ำหนักตัวและขนาดลำตัวของกุ้งขาว	15
4	อายุของกุ้งแต่ละครอบครัวในวันทำเครื่องหมายและเก็บเกี่ยว	19
5	ค่าเฉลี่ยของลักษณะน้ำหนักตัวและขนาดลำตัวของกุ้งขาวที่ระยะทำเครื่องหมาย (อายุ 77 วัน)	26
6	ค่าเฉลี่ยของลักษณะน้ำหนักตัวและขนาดลำตัวของกุ้งขาวที่ระยะเก็บเกี่ยว (อายุ 124 วัน)	28
7	ค่าเฉลี่ยลีสแควร์ (Least squares means, LSMEAN) และความคลาดเคลื่อนมาตรฐาน (Standard error, S.E.) ของลักษณะที่ทำการศึกษาในระยะเก็บเกี่ยว (อายุ 124 วัน) จำแนกตามเพศ จำนวนกุ้งทั้งหมด 1,664 ตัว	30
8	ค่าเฉลี่ยลีสแควร์ (Least squares means, LSMEAN) และความคลาดเคลื่อนมาตรฐาน(Standard error, S.E.) ของลักษณะที่ทำการศึกษาในระยะเก็บเกี่ยว (อายุ 124 วัน) จำแนกตามจำนวนวันหลังฟัก จำนวนกุ้งทั้งหมด 1,664 ตัว	32
9	ค่าเฉลี่ยลีสแควร์ (Least squares means, LSMEAN) และความคลาดเคลื่อนมาตรฐาน (Standard error, S.E.) ของลักษณะที่ทำการศึกษาในระยะเก็บเกี่ยว (อายุ 124 วัน) จำแนกตามบ่อ (บ่อที่ 1, 2 และ 3 มีความหนาแน่น 50, 25 และ 100 ตัวต่อตารางเมตร)	34
10	ค่าอัตราพันธุกรรม (Heritability, h^2) และความคลาดเคลื่อนมาตรฐาน (Standard error, S.E.) ของลักษณะที่ทำการศึกษาในกุ้งขาวอายุ 77 วัน น้ำหนักตัว 3.92 กรัม	37
11	ค่าอัตราพันธุกรรม (Heritability, h^2) และความคลาดเคลื่อนมาตรฐาน (Standard error, S.E.) ของลักษณะที่ทำการศึกษาในกุ้งขาวอายุ 124 วัน น้ำหนักตัว 18.70 กรัม	40

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

สารบัญตาราง (ต่อ)

ตารางที่ **หน้า**

12 ค่าสหสัมพันธ์ทางพันธุกรรม (เหนือเส้นทแยงมุม) และค่าสหสัมพันธ์ของลักษณะปรากฏ (ล่างเส้นทแยงมุม) ระหว่างลักษณะแต่ละลักษณะของกุ้งขาวที่ระยะทำเครื่องหมาย (อายุ 77 วัน) 44

13 ค่าสหสัมพันธ์ทางพันธุกรรม (เหนือเส้นทแยงมุม) และค่าสหสัมพันธ์ของลักษณะปรากฏ (ล่างเส้นทแยงมุม) ระหว่างลักษณะแต่ละลักษณะของกุ้งขาวที่ระยะเก็บเกี่ยว (อายุ 124 วัน) 45

14 ค่าต่ำสุดและค่าสูงสุดของค่าคุณค่าการผสมพันธุ์ ของน้ำหนักตัว ความยาวลำตัว ความยาวหาง ความยาวหัว เปอร์เซ็นต์ความยาวหาง เปอร์เซ็นต์ความยาวหัว และอัตราส่วนน้ำหนักตัวต่อความยาวลำตัว ของกุ้งขาวในระยะทำเครื่องหมาย (อายุ 77 วัน) และระยะเก็บเกี่ยว (อายุ 124 วัน) 47

ตารางผนวกที่

1 ค่าเฉลี่ยสำหรับลักษณะน้ำหนักตัว (BW) ความยาวลำตัว (BL) ความยาวหาง (AL) ความยาวหัว (CL) เปอร์เซ็นต์ความยาวหาง (ALBL) เปอร์เซ็นต์ความยาวหัว (CLBL) และอัตราส่วนน้ำหนักตัวต่อความยาวลำตัว (BWBL) ของกุ้งขาวแต่ละครอบครัวในระยะทำเครื่องหมาย 92

2 ค่าเฉลี่ยสำหรับลักษณะน้ำหนักตัว (BW) ความยาวลำตัว (BL) ความยาวหาง (AL) ความยาวหัว (CL) เปอร์เซ็นต์ความยาวหาง (ALBL) เปอร์เซ็นต์ความยาวหัว (CLBL) และอัตราส่วนน้ำหนักตัวต่อความยาวลำตัว (BWBL) ของกุ้งขาวแต่ละครอบครัวในระยะเก็บเกี่ยว 93

3 ค่าทำนายคุณค่าการผสมพันธุ์ (EBV) สำหรับลักษณะน้ำหนักตัว (BW) ความยาวลำตัว (BL) ความยาวหาง (AL) ความยาวหัว (CL) เปอร์เซ็นต์ความยาวหาง (ALBL) เปอร์เซ็นต์ความยาวหัว (CLBL) และอัตราส่วนน้ำหนักตัวต่อความยาวลำตัว (BWBL) ในกุ้งขาวระยะทำเครื่องหมาย 10 ลำดับแรก 94

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

สารบัญตาราง (ต่อ)

ตารางผนวกที่		หน้า
4	ค่าทำนายคุณค่าการผสมพันธุ์ (EBV) สำหรับลักษณะน้ำหนักตัว (BW) ความยาวลำตัว (BL) ความยาวหาง (AL) ความยาวหัว (CL) เปอร์เซ็นต์ความยาวหาง (ALBL) เปอร์เซ็นต์ความยาวหัว (CLBL) และอัตราส่วนน้ำหนักตัวต่อความยาวลำตัว (BWBL) ในกุ้งขาวระยะเก็บเกี่ยว 10 ลำดับแรก	95
5	ค่าเฉลี่ยของค่าทำนายคุณค่าการผสมพันธุ์ (EBV) สำหรับลักษณะน้ำหนักตัว (BW) ความยาวลำตัว (BL) ความยาวหาง (AL) ความยาวหัว (CL) เปอร์เซ็นต์ความยาวหาง (ALBL) เปอร์เซ็นต์ความยาวหัว (CLBL) และอัตราส่วนน้ำหนักตัวต่อความยาวลำตัว (BWBL) ในกุ้งขาวระยะทำเครื่องหมายของแต่ละครอบครัว	96
6	ค่าเฉลี่ยของค่าทำนายคุณค่าการผสมพันธุ์ (EBV) สำหรับลักษณะน้ำหนักตัว (BW) ความยาวลำตัว (BL) ความยาวหาง (AL) ความยาวหัว (CL) เปอร์เซ็นต์ความยาวหาง (ALBL) เปอร์เซ็นต์ความยาวหัว (CLBL) และอัตราส่วนน้ำหนักตัวต่อความยาวลำตัว (BWBL) ในกุ้งขาวระยะเก็บเกี่ยวของแต่ละครอบครัว	97

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

สารบัญภาพ

ภาพที่		หน้า
1	กุ้งขาว (*Litopenaeus vannamei*)	4
2	ผลผลิตกุ้งขาวที่ได้จากการเลี้ยงในแต่ละจังหวัดของประเทศไทย ปี พ.ศ. 2549	5
3	โครงสร้างอวัยวะสืบพันธุ์ของกุ้งขาวเพศผู้ (พีแทสมา) (a) และอวัยวะสืบพันธุ์ของกุ้งขาวเพศเมีย (ธีไลกัม) (b)	9
4	การวัดความยาวลำตัว (BL) ความยาวหัว (CL) และความยาวหาง (AL) ในกุ้งขาว	21

ภาพผนวกที่

1	ลักษณะการกระจายของข้อมูลน้ำหนักตัวในกุ้งขาวระยะทำเครื่องหมายโดย Proc Univariate ในโปรแกรม SAS	78
2	ลักษณะการกระจายของข้อมูลความยาวลำตัวในกุ้งขาวระยะทำเครื่องหมายโดย Proc Univariate ในโปรแกรม SAS	79
3	ลักษณะการกระจายของข้อมูลความยาวหางในกุ้งขาวระยะทำเครื่องหมายโดย Proc Univariate ในโปรแกรม SAS	80
4	ลักษณะการกระจายของข้อมูลความยาวหัวในกุ้งขาวระยะทำเครื่องหมายโดย Proc Univariate ในโปรแกรม SAS	81
5	ลักษณะการกระจายของข้อมูลเปอร์เซ็นต์ความยาวหางในกุ้งขาวระยะทำเครื่องหมายโดย Proc Univariate ในโปรแกรม SAS	82
6	ลักษณะการกระจายของข้อมูลเปอร์เซ็นต์ความยาวหัวในกุ้งขาวระยะทำเครื่องหมายโดย Proc Univariate ในโปรแกรม SAS	83
7	ลักษณะการกระจายของข้อมูลอัตราส่วนน้ำหนักตัวต่อความยาวลำตัวในกุ้งขาวระยะทำเครื่องหมายโดย Proc Univariate ในโปรแกรม SAS	84
8	ลักษณะการกระจายของข้อมูลน้ำหนักตัวในกุ้งขาวระยะเก็บเกี่ยวโดย Proc Univariate ในโปรแกรม SAS	85
9	ลักษณะการกระจายของข้อมูลความยาวลำตัวในกุ้งขาวระยะเก็บเกี่ยวโดย Proc Univariate ในโปรแกรม SAS	86

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

สารบัญภาพ (ต่อ)

ภาพผนวกที่		หน้า
10	ลักษณะการกระจายของข้อมูลความยาวหางในกุ้งขาวระยะเก็บเกี่ยว โดย Proc Univariate ในโปรแกรม SAS	87
11	ลักษณะการกระจายของข้อมูลความยาวหัวในกุ้งขาวระยะเก็บเกี่ยว โดย Proc Univariate ในโปรแกรม SAS	88
12	ลักษณะการกระจายของข้อมูลเปอร์เซ็นต์ความยาวหางในกุ้งขาวระยะเก็บเกี่ยวโดย Proc Univariate ในโปรแกรม SAS	89
13	ลักษณะการกระจายของข้อมูลเปอร์เซ็นต์ความยาวหัวในกุ้งขาวระยะเก็บเกี่ยวโดย Proc Univariate ในโปรแกรม SAS	90
14	ลักษณะการกระจายของข้อมูลอัตราส่วนน้ำหนักตัวต่อความยาวลำตัว ในกุ้งขาวระยะเก็บเกี่ยวโดย Proc Univariate ในโปรแกรม SAS	91

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

การประมาณค่าพารามิเตอร์ทางพันธุกรรมสำหรับน้ำหนักและขนาดลำตัวของกุ้งขาว (*Litopenaeus vannamei*)

Estimation of Genetic Parameters for Weight and Body Size of Pacific White Shrimp (*Litopenaeus vannamei*)

คำนำ

กุ้งขาว (*Litopenaeus vannamei*) เป็นกุ้งที่มีถิ่นกำเนิดในทวีปอเมริกาใต้ มีอัตราการเจริญเติบโตดีในช่วงระยะเก็บเกี่ยวและมีระยะเวลาในการเลี้ยงสั้น ซึ่งเป็นเหตุผลหนึ่งที่ทำให้เกษตรกรไทยนิยมเลี้ยงกุ้งชนิดนี้จำนวนมาก ในปี พ.ศ. 2551 ประเทศไทยมีผลผลิตกุ้งขาวเท่ากับ 501,394.0 ตัน คิดเป็นร้อยละ 98.97 ของผลผลิตกุ้งทั้งหมดในประเทศ และส่งออกสินค้ากุ้งเป็นอันดับหนึ่งของโลก (345,285.6 ตัน มูลค่า 83,280.1 ล้านบาท) (ศูนย์สารสนเทศ กรมประมง กระทรวงเกษตรและสหกรณ์, 2553) กุ้งชนิดนี้บริษัทเอกชนนำเข้ามาใช้ประโยชน์เป็นพ่อแม่พันธุ์สำหรับการผลิตกุ้งทางการค้าตั้งแต่ปี พ.ศ. 2545 นอกจากนี้ได้มีปรับปรุงพันธุ์กุ้งขาวเพื่อให้มีคุณสมบัติเหมาะสมต่อการเลี้ยงในสภาพแวดล้อมของประเทศไทย โดยทั่วไปลักษณะที่ได้รับความสนใจในการปรับปรุงพันธุ์ ได้แก่ น้ำหนักตัว ความดกของไข่ และความต้านทานโรค เป็นต้น กุ้งขาวที่ผลิตได้ในประเทศไทยส่วนใหญ่ถูกส่งออกไปจำหน่ายในต่างประเทศในรูปกุ้งแช่เย็นหรือแช่แข็ง โดยกุ้งแต่ละตัวจะถูกเด็ดหัวออก การแปรรูปลักษณะนี้ทำให้ขนาดลำตัวของกุ้งเป็นอีกลักษณะหนึ่งที่มีความสำคัญทางเศรษฐกิจ กุ้งที่มีเปอร์เซ็นต์ความยาวหางสูง เมื่อนำมาแปรรูปจะทำให้ได้น้ำหนักดีกว่ากุ้งที่มีเปอร์เซ็นต์ความยาวหางต่ำ แต่อย่างไรก็ตาม ลักษณะดังกล่าวยังไม่ได้รับความสนใจในการปรับปรุงพันธุ์มากนัก

เป้าหมายทั่วไปของการปรับปรุงพันธุ์คือการยกระดับค่าเฉลี่ยของประชากรในรุ่นถัดไป โดยการคัดเลือกและจับคู่ผสมพันธุ์สัตว์ในรุ่นปัจจุบัน การคัดเลือกสัตว์เพื่อนำมาเป็นพ่อแม่พันธุ์นั้นส่วนหนึ่งพิจารณาจากคุณค่าการผสมพันธุ์ (breeding value) ซึ่งในการหาคุณค่าการผสมพันธุ์ของสัตว์แต่ละตัวเกี่ยวข้องกับค่าความแปรปรวนทางพันธุกรรม และความแปรปรวนทางลักษณะปรากฏ ค่าดังกล่าวสามารถนำไปใช้ในการคำนวณหาอัตราพันธุกรรมและสหสัมพันธ์ ซึ่งเป็นค่าที่ใช้ในการพิจารณารูปแบบการปรับปรุงพันธุ์

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

วิธีการประมาณค่าอัตราพันธุกรรมมีหลายวิธีได้แก่ วิธีการวิเคราะห์การถดถอย (offspring-parent regression) วิธีการวิเคราะห์ความแปรปรวน (Analysis of Variance, ANOVA) ทั้งสองวิธีเหมาะสำหรับข้อมูลที่ได้จากประชากรที่ไม่มีการคัดเลือกและข้อมูลสมดุล (balanced data) แต่ข้อมูลส่วนใหญ่มักจะเป็นข้อมูลที่ไม่สมดุล ทำให้ตั้งแต่ปี ค.ศ. 2003 นักวิจัยนิยมใช้สมการแบบผสม (Mixed Model Equation) ร่วมกับกลวิธี Restricted Maximum Likelihood (REML) เนื่องจากวิธีดังกล่าวสามารถใช้ได้กับข้อมูลที่มาจากประชากรที่มีการคัดเลือกและข้อมูลไม่สมดุล (unbalanced data) นอกจากนี้ REML สามารถใช้ประโยชน์จากความสัมพันธ์ทางพันธุกรรม (genetic relationship) ในการวิเคราะห์ข้อมูล ทำให้ข้อมูลทั้งหมดที่มีในประชากรนั้นถูกนำมาใช้ประโยชน์ และสมการแบบผสมสามารถทำนายคุณค่าการผสมพันธุ์ของสัตว์ด้วยวิธีการ Best Linear Unbiased Prediction (BLUP) โดยใช้แบบจำลองสัตว์ (animal model) ซึ่งเป็นวิธีการที่มีประสิทธิภาพมากที่สุดในปัจจุบัน งานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการศึกษาพารามิเตอร์ทางพันธุกรรมในสัตว์บกในประเทศไทยใช้วิธีการเหล่านี้ในการทำนายค่าพารามิเตอร์ต่างๆ ในการศึกษาครั้งนี้จึงได้ใช้วิธีการดังกล่าว เพื่อทำนายคุณค่าการผสมพันธุ์ ค่าอัตราพันธุกรรม สหสัมพันธ์ของลักษณะน้ำหนักตัวและขนาดลำตัวของกุ้งขาว

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

วัตถุประสงค์

1. เพื่อศึกษาปัจจัยที่มีผลต่อน้ำหนักและขนาดลำตัวของกุ้งขาว ที่เลี้ยงดูภายใต้สภาพแวดล้อมในประเทศไทย

2. เพื่อประมาณค่าองค์ประกอบความแปรปรวน และพารามิเตอร์ทางพันธุกรรม ได้แก่ อัตราพันธุกรรม สหสัมพันธ์ทางพันธุกรรม และสหสัมพันธ์ของลักษณะปรากฏ สำหรับน้ำหนักและขนาดลำตัวของกุ้งขาวที่เลี้ยงดูภายใต้สภาพแวดล้อมในประเทศไทย

3. เพื่อทำนายคุณค่าการผสมพันธุ์ สำหรับน้ำหนักและขนาดลำตัวของกุ้งขาวที่เลี้ยงในประเทศไทย โดยวิธี BLUP

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

การตรวจเอกสาร

1. การเลี้ยงกุ้งขาวในประเทศไทย

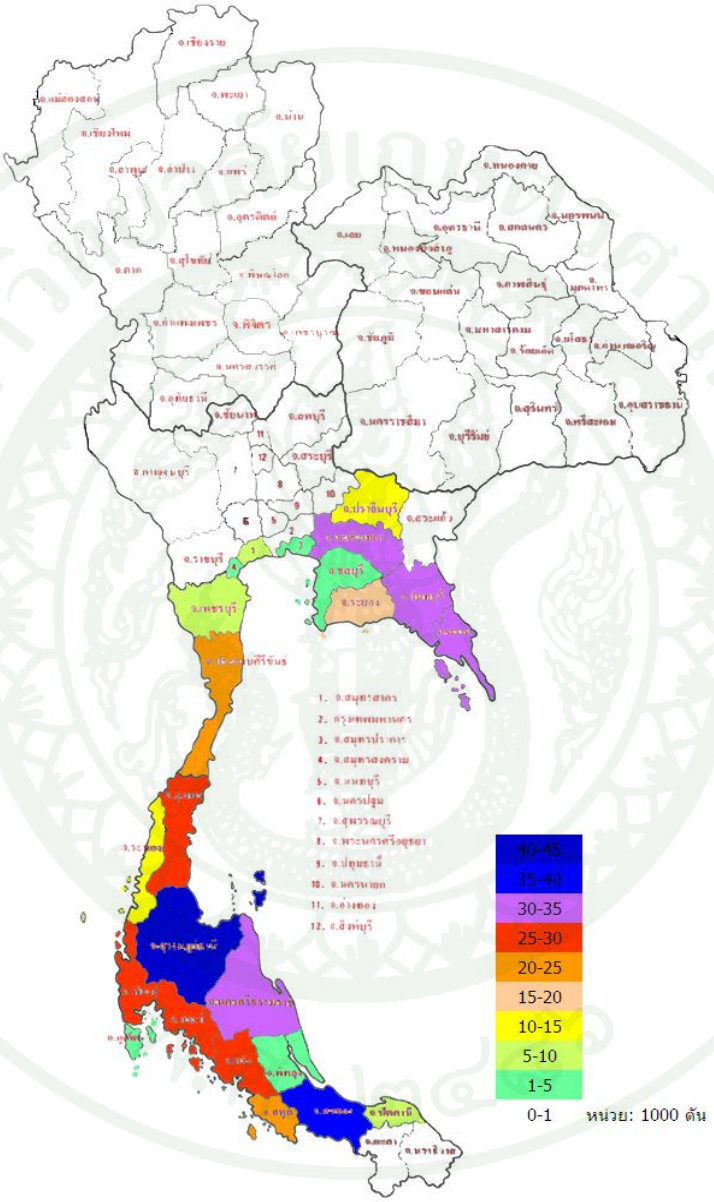
กุ้งขาวแปซิฟิก (*Litopenaeus vannamei*) หรือที่เรียกกันโดยทั่วไปว่า white leg shrimp (ภาพที่ 1) ซึ่งเกษตรกรไทยนิยมเรียกว่า “กุ้งขาว” เป็นกุ้งพื้นเมืองในทวีปอเมริกาใต้ พบทั่วไปบริเวณมหาสมุทรแปซิฟิกตะวันออก จากตอนเหนือของประเทศเม็กซิโกจนถึงตอนเหนือของประเทศเปรู กุ้งขาวถูกนำเข้ามาในประเทศไทยครั้งแรกในปี พ.ศ. 2539 แต่ไม่ประสบความสำเร็จในการผลิตมากนัก จนกระทั่งในปี พ.ศ. 2545 กรมประมงอนุญาตให้นำเข้ากุ้งปลอดเชื้อจากต่างประเทศเข้ามาทดลองเลี้ยง ซึ่งในช่วงเวลาดังกล่าวเป็นช่วงที่การเลี้ยงกุ้งกุลาดำ (*Penaeus monodon*) ในประเทศประสบกับปัญหาการระบาดของโรคไวรัส และการเจริญเติบโต (ชลอ และ พรเลิศ, 2547) และเนื่องจากกุ้งขาวให้ผลตอบแทนในการเลี้ยงสูงกว่ากุ้งกุลาดำ และมีระยะเวลาในการผลิตน้อยกว่า (แก้วตา, 2548) ด้วยเหตุนี้เกษตรกรจึงให้ความสนใจหันมาเลี้ยงกุ้งขาวเพิ่มมากขึ้นจนกลายเป็นสัตว์น้ำเศรษฐกิจที่สำคัญของประเทศไทย

ภาพที่ 1 กุ้งขาว (*Litopenaeus vannamei*)

การเลี้ยงกุ้งขาวในประเทศไทยพบทั่วไปในภาคตะวันออก ภาคกลาง และภาคใต้ (ภาพที่ 2) สามารถแบ่งรูปแบบการเลี้ยงตามความเค็มของน้ำที่ใช้เลี้ยงเป็น 2 แบบ (ชลอ และ พรเลิศ, 2547) ได้แก่ ความเค็มต่ำ (น้อยกว่า 10 ppt) และความเค็มปกติ (มากกว่า 10 ppt) ที่ระดับความหนาแน่น 80,000 ถึง 100,000 ตัวต่อไร่ (วิทยา, 2549) ระยะเวลาในการเลี้ยง ประมาณ 90 ถึง 100 วัน ซึ่งจะได้กุ้งที่มีน้ำหนักตัวประมาณ 15 ถึง 20 กรัม (ชลอ และ พรเลิศ, 2547) และจากการสำรวจสถานการณ์การผลิตกุ้งทะเล พบว่าในปี พ.ศ. 2551 ผลผลิตกุ้งทะเลในประเทศไทยจากการเลี้ยงมีน้ำหนักรวม 506,602 ตัน เป็นกุ้งขาว 501,394 ตัน (ร้อยละ 98.97) กุ้งกุลาดำ 4,745 ตัน (ร้อยละ 0.94) กุ้งแชบ๊วย

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

403 ตัน (ร้อยละ 0.08) และกุ้งชนิดอื่น 60 ตัน (ร้อยละ 0.01) (ศูนย์สารสนเทศ กรมประมง กระทรวงเกษตรและสหกรณ์, 2551)



ภาพที่ 2 ผลผลิตกุ้งขาวที่ได้จากการเลี้ยงในแต่ละจังหวัดของประเทศไทย ปี พ.ศ. 2549

ที่มา: ศูนย์สารสนเทศ กรมประมง กระทรวงเกษตรและสหกรณ์ (2551)

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

2. วงจรชีวิตของกุ้งขาว

ตลอดทั้งวงจรชีวิตของกุ้งขาวสามารถอยู่ภายใต้สภาพแวดล้อมที่สร้างขึ้นโดยมนุษย์เป็นสาเหตุหนึ่งที่ทำให้การปรับปรุงพันธุ์กุ้งชนิดนี้ประสบความสำเร็จ กุ้งขาวใช้เวลา 16 ชั่วโมง หลังจากฟักออกจากไข่เพื่อเข้าสู่ระยะนอเพลียส (nauplius) (Arce *et al.*, 2000) ซึ่งมี 6 ระยะ (N1-N6) หลังจากนั้นเข้าสู่ระยะโปรโตซูเอีย (protozoea) มี 3 ระยะ (Z1-Z3) ระยะไมซิส (mysis) มี 3 ระยะ (M1-M3) และเข้าสู่ระยะโพสลาวาร์ (postlarva) (Kitani, 1986) ระยะวัยรุ่น (juvenile) และระยะเต็มวัย (adult) (Carpenter and Niem, eds., 1998) อายุที่สามารถผสมพันธุ์ครั้งแรกสำหรับกุ้งขาวเพศผู้อยู่ในช่วงอายุ 6 ถึง 12 เดือน (Ceballos-Vázquez *et al*., 2003; Parnes *et al*., 2004) และกุ้งขาวเพศเมียอยู่ในช่วงอายุ 8 ถึง 15 เดือน (Aquacop, 1979; Parnes *et al*., 2004) ขึ้นอยู่กับสภาพแวดล้อมที่เลี้ยง กุ้งขาวเพศผู้ที่เหมาะสมต่อการสืบพันธุ์ควรมีขนาดมากกว่า 40 กรัม และกุ้งขาวเพศเมียควรมีขนาดมากกว่า 45 กรัม (Wyban and Sweeney, 1991)

3. การปรับปรุงพันธุ์กุ้งขาว

งานวิจัยทางด้านการปรับปรุงพันธุ์โดยส่วนใหญ่เน้นให้ความสำคัญในเรื่อง น้ำหนักตัว ความดกไข่ และความต้านทานโรค (Henzel *et al.*, 2000.; Argue *et al.*, 2002; Goyard *et al.*, 2002; Pérez-Rostro and Ibarra, 2003a; Pérez-Rostro and Ibarra, 2003b; Gitterle *et al.*, 2005a; Ibarra *et al.*, 2005; Gitterle *et al.*, 2006a; Gitterle *et al.*, 2006b) แต่ในการศึกษาครั้งนี้ศึกษาเกี่ยวกับ น้ำหนักตัวและขนาดลำตัว จึงขออธิบายเฉพาะลักษณะดังกล่าวเท่านั้น

3.1 น้ำหนักตัว (Body weight)

เป็นลักษณะที่มีความสำคัญทางเศรษฐกิจของกุ้งขาวรวมทั้งกุ้งอื่นๆ เนื่องจาก ราคากุ้งถูกกำหนดตามน้ำหนักตัวซึ่งประเมินจากจำนวนตัวกุ้งต่อหนึ่งกิโลกรัม (ตารางที่ 1) กุ้งแต่ละตัวที่มีน้ำหนักมากขึ้นย่อมมีผลทำให้น้ำหนักของกุ้งรวมทั้งบ่อมากขึ้นตามไปด้วย (ตารางที่ 2)

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ตารางที่ 1 ราคากุ้งขาวเฉลี่ย (บาทต่อกิโลกรัม) ในแต่ละปี ณ ตลาดกลางกุ้งสมุทรสาคร

ปี พ.ศ.	จำนวนตัวกุ้งต่อหนึ่งกิโลกรัม				
	40	50	60	70	80
2547	186	153	130	117	107
2548	186	152	132	119	108
2549	181	146	125	114	104
2550	146	121	108	100	92

ที่มา: สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร กระทรวงเกษตรและสหกรณ์ (2548, 2549, 2550, 2551)

ตารางที่ 2 น้ำหนักตัวกุ้งขาวที่เลี้ยงด้วยความหนาแน่นและเก็บเกี่ยวที่อายุแตกต่างกันในประเทศไทย

อายุ (วัน)	ความหนาแน่น (ตัว/ตารางเมตร)	ประเภทบ่อ	น้ำหนัก (กรัม)	ที่มา
152	100,000	บ่อดิน	21.27	พรรณิภา (2547)
127	120,000	บ่อดิน	18.93	อรอนงค์ (2547)
127	120,000	บ่อ PE[1]	23.03	อรอนงค์ (2547)
145	160,000	บ่อ PE	20.92 ± 1.61	แก้วตา (2548)
126	100,000	บ่อดิน	14.30 ± 0.41	ถีรประภา (2550)
142	80,000	บ่อดิน	20.70 ± 0.65	ถีรประภา (2550)

หมายเหตุ [1]PE คือบ่อที่ปูด้วยโพลีเอททีลีน

3.2 ขนาดลำตัว (Body size)

กุ้งที่ผลิตได้ในประเทศไทยส่วนใหญ่ถูกส่งออกไปจำหน่ายในต่างประเทศ ผลิตภัณฑ์กุ้งเพื่อการส่งออกของไทยที่สำคัญ แบ่งออกเป็น 3 ประเภท คือ กุ้งสดแช่เย็นหรือแช่แข็ง กุ้งกระป๋อง และกุ้งแปรรูป ผลิตภัณฑ์กุ้งที่ส่งออกไปจำหน่ายในต่างประเทศส่วนใหญ่เป็นกุ้งแช่เย็น

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

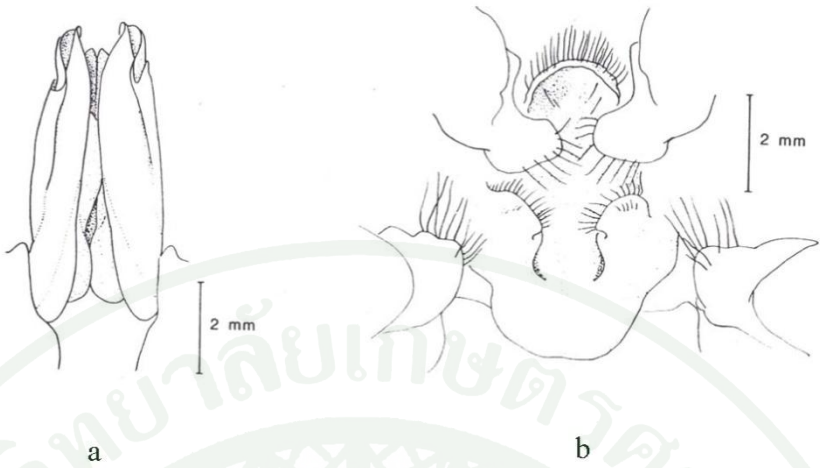
หรือแช่แข็ง (สถาบันอาหาร, 2547) กุ้งแช่เย็นหรือแช่แข็งที่นิยมผลิตในปัจจุบันมีหลายรูปแบบ เช่น กุ้งชนิดที่ไม่เด็ดหัว ไม่แกะเปลือก กุ้งเด็ดหัวแต่ไม่แกะเปลือก และกุ้งเด็ดหัว แกะเปลือก ไม่ไว้หาง และผ่าเอาไส้ออก เป็นต้น (กระทรวงอุตสาหกรรม, 2546) ส่วนใหญ่กุ้งที่แปรรูปเพื่อการส่งออกเป็นกุ้งที่เด็ดหัวออก ดังนั้น กุ้งที่มีเปอร์เซ็นต์ความยาวหางสูง เมื่อนำมาแปรรูปจะทำให้ได้น้ำหนักดีกว่ากุ้งที่มีเปอร์เซ็นต์ความยาวหางที่ต่ำกว่า การศึกษาของ Pérez-Rostro and Ibarra (2003a) รายงานว่ากุ้งขาวอายุ 19 ถึง 20 สัปดาห์ มีความยาวส่วนหาง คิดเป็นร้อยละ 72 ของความยาวลำตัวทั้งหมด และมีน้ำหนักส่วนหางคิดเป็นร้อยละ 62 ของน้ำหนักตัวทั้งหมด

4. ปัจจัยที่มีอิทธิพลต่อน้ำหนักและขนาดลำตัวของกุ้งขาว

4.1 เพศ

กุ้งในตระกูล Penaeidae เพศผู้มีอวัยวะช่วยในการสืบพันธุ์ที่เรียกว่าพีแทสมา (Petasma) อยู่ที่ขาว่ายน้ำคู่ที่ 1 ในขณะที่กุ้งเพศเมียมีอวัยวะที่ช่วยในการเก็บน้ำเชื้อของเพศผู้ที่เรียกว่า ธีไลกัม (Thelycum) มีตำแหน่งอยู่ที่ระหว่างโคนขาเดินคู่ที่ 4 และ 5 (ภาพที่ 3) แต่โดยทั่วไปการจำแนกเพศของกุ้งใช้อวัยวะช่วยสืบพันธุ์ของเพศผู้คือพีแทสมา ในการจำแนกเพศ สามารถสังเกตได้ด้วยตาเปล่าเมื่อกุ้งมีอายุอย่างน้อย 4 เดือน หรือมีน้ำหนักเฉลี่ย 7.36 กรัม (Pérez-Rostro and Ibarra, 2003b) นอกจากนั้นความแตกต่างของเพศเมียและเพศผู้สามารถสังเกตได้จากความแตกต่างของขนาด ซึ่ง Pérez-Rostro *et al.* (1999) พบว่า กุ้งเพศผู้และเพศเมียมีน้ำหนักแตกต่างกันในวันที่ 160 หลังจากปล่อยกุ้ง (P<0.05) โดยเพศเมียมีน้ำหนักเฉลี่ย 18.09 กรัม และเพศผู้มีน้ำหนักเฉลี่ย 16.96 กรัม ในขณะที่ Chow and Sandifer (1991) รายงานว่า กุ้งขาวเพศเมียเริ่มมีน้ำหนักตัวมากกว่าเพศผู้เมื่อมีขนาด 13-15 กรัม ขึ้นอยู่กับสภาพแวดล้อมที่เลี้ยง Pérez-Rostro *et al.* (2003a) ศึกษาในกุ้งขาวน้ำหนักตัวเฉลี่ย 16.1 กรัม พบว่ากุ้งขาวเพศเมียมีน้ำหนักตัว ความยาวลำตัว ความยาวหัว น้ำหนักหัว และความกว้างของปล้องหางที่ 1 มากกว่ากุ้งขาวเพศผู้ แต่ความยาวหางและน้ำหนักหางแตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ ($P < 0.05$) Chow and Sandifer (1991) รายงานว่า กุ้งขาวเพศผู้มีเปอร์เซ็นต์ความยาวหางมากกว่ากุ้งขาวเพศเมีย สาเหตุที่กุ้งเพศเมียมีขนาดใหญ่กว่ากุ้งเพศผู้อาจเกิดจากกุ้งเพศผู้มีช่วงระยะเวลาในการลอกคราบแต่ละครั้งนานกว่ากุ้งเพศเมีย (Kibria, 1993) และ Moss and Moss (2006) รายงานว่ากุ้งเพศเมียมีประสิทธิภาพในการใช้ประโยชน์ของอาหารสูงกว่ากุ้งเพศผู้

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์



ภาพที่ 3 โครงสร้างอวัยวะสืบพันธุ์ของกุ้งขาวเพศผู้ (พีแทสมา) (a) และอวัยวะสืบพันธุ์ของกุ้งขาวเพศเมีย (ธีไลกัม) (b)

ที่มา: Bailey-Brock and Moss (1992)

4.2 ฟาร์ม หรือสถานที่เลี้ยง

การเลี้ยงกุ้งในประเทศไทยกระจายทั่วไปในจังหวัดติดชายทะเล ในภาคตะวันออก ภาคกลาง และภาคใต้ (ศูนย์สารสนเทศ กรมประมง กระทรวงเกษตรและสหกรณ์, 2551) จากการที่ฟาร์มกระจายอยู่ในพื้นที่ที่แตกต่างกันส่งผลให้คุณภาพน้ำที่ใช้ในการเลี้ยงกุ้ง เช่น อุณหภูมิ ระดับความเค็ม และความเป็นกรดเป็นด่าง เป็นต้น มีค่าแตกต่างกัน ตัวอย่างเช่น การศึกษาของ Ponce-Palafox *et al.* (1997) พบว่าอุณหภูมิมีผลต่ออัตราการเจริญเติบโตและอัตรารอดชีวิตของกุ้งขาว ($P > 0.001$) อย่างไรก็ตาม อุณหภูมิที่เหมาะสมต่อการเจริญเติบโตจะเปลี่ยนแปลงไปตามระยะ และน้ำหนักตัวของกุ้ง อุณหภูมิที่เหมาะสมต่อการเจริญเติบโตของกุ้งจะลดลงเมื่อน้ำหนักตัวของกุ้งเพิ่มขึ้น (Wyban *et al.*, 1995) โดยอุณหภูมิมีผลทำให้ระยะห่างระหว่างการลอกคราบแต่ละครั้งสั้นลง เนื่องจากเมื่ออุณหภูมิเพิ่มขึ้น ส่งผลให้การทำงานของเอ็นไซม์และฮอร์โมนเพิ่มขึ้น และอัตราเมตาบอลิซึมเพิ่มขึ้น (Li and Hong, 2006) แต่ไม่พบว่าอุณหภูมิมีผลต่อการเพิ่มขนาดในการลอกคราบแต่ละครั้ง (Sudo, 2003)

กุ้งขาวสามารถอาศัยอยู่ในน้ำระดับความเค็มตั้งแต่ 1 ถึง 40 ppt (Bray *et al.*, 1994) แต่อย่างไรก็ตาม ระดับความเค็มที่เหมาะสมต่อการเจริญเติบโตของกุ้งจะเปลี่ยนไปตามระยะ โดยกุ้ง

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ขาวในระยะโพสลาร์วา (PL-18) มีอัตราการเจริญเติบโตดีที่สุดเมื่อเลี้ยงที่ระดับความเค็ม 33 ถึง 40 ppt (Ponce-Palafox *et al.*, 1997) ส่วนกุ้งขาวระยะวัยรุ่น (น้ำหนักตัวประมาณ 1.6 กรัม) มีอัตราการเจริญเติบโตในน้ำที่มีระดับความเค็มต่ำ (< 15 ppt) มากกว่าน้ำที่มีระดับความเค็มสูง (Bray *et al.*, 1994) นอกเหนือจากอุณหภูมิ และระดับความเค็มแล้ว คุณภาพน้ำอื่นๆ ได้แก่ แอมโมเนีย (Jainn-Chu and Chi-Yuan, 1992) และไนไตรท์ (Jiann-Chu and Sheue-Feng, 1992) รวมถึงความหนาแน่นของกุ้งที่เลี้ยงภายในบ่อ ล้วนมีผลต่อการเจริญเติบโตของกุ้งเช่นเดียวกัน (Pérez-Rostro *et al.*, 1999; Araneda *et al.*, 2008) ดังนั้นการเลี้ยงกุ้งในสภาพแวดล้อมที่แตกต่างกันส่งผลให้น้ำหนักตัวและขนาดลำตัวแตกต่างกัน เช่น Castillo-Juárez *et al.* (2007) เลี้ยงกุ้งความหนาแน่น 9.1 ตัวต่อตารางเมตร และ 14.8 ตัวต่อตารางเมตร อย่างละ 2 บ่อ พบว่าน้ำหนักตัวของกุ้งทั้งสี่บ่อแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P < 0.05$) Pérez-Rostro *et al.* (2003a) เลี้ยงกุ้งในสภาพแวดล้อม 2 แบบ สภาพแวดล้อมที่ 1 เลี้ยงกุ้งที่ระดับความหนาแน่น 4.3 ตัวต่อตารางเมตร ในน้ำความเค็ม 37-38 ppt เปลี่ยนถ่ายน้ำวันละ 20 เปอร์เซ็นต์ สภาพแวดล้อมที่ 2 เลี้ยงกุ้งที่ระดับความหนาแน่น 2.15 ตัวต่อตารางเมตร ในน้ำความเค็ม 35 ppt เปลี่ยนถ่ายน้ำวันละ 40 เปอร์เซ็นต์ พบว่า กุ้งในสภาพแวดล้อมที่ 2 มีน้ำหนักตัว ความยาวลำตัว ความยาวหาง ความยาวหัว น้ำหนักหาง น้ำหนักหัว และความกว้างของปล้องที่ 1 มากกว่ากุ้งที่เลี้ยงในสภาพแวดล้อมที่ 1 อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P < 0.05$) ในขณะที่ Chow and Sandifer (1991) พบความแตกต่างของอัตราส่วนความยาวหางต่อความยาวหัวในการเลี้ยงกุ้งขาวที่ระดับความหนาแน่นแตกต่างกัน

4.3 จำนวนวันหลังฟัก (Days Post Hatching)

ในการผลิตลูกกุ้งหลายครอบครัวส่วนใหญ่ไม่สามารถที่จะกระทำได้ภายในวันเดียว สาเหตุเนื่องมาจาก ความไม่พร้อมของพ่อแม่พันธุ์ในการให้ไข่ ความสะดวกในการเตรียมอาหารมีชีวิต และการปฏิบัติงานของคนเลี้ยง จากสาเหตุเหล่านี้ ทำให้กุ้งในแต่ละครอบครัวมีจำนวนวันหลังฟักออกจากไข่ไม่เท่ากัน ตัวอย่าง เช่น การศึกษาของ Castillo-Juárez *et al.* (2007) เก็บข้อมูลจากกุ้งจำนวน 101 ครอบครัวเพื่อนำมาประมาณค่าอัตราพันธุกรรมของกุ้งขาวในระยะเก็บเกี่ยว โดยใช้ระยะเวลาในการผลิตกุ้งทั้งหมด 23 วัน แต่ทำการเก็บเกี่ยวภายในวันเดียว ส่งผลให้น้ำหนักตัวเฉลี่ยของแต่ละครอบครัวแตกต่างกัน ($P < 0.05$) ในงานวิจัยของ Argue *et al.* (2002) พบความสัมพันธ์เชิงเส้นตรงระหว่างวันที่ฟักและน้ำหนักตัวของกุ้งขาว ในส่วนของขนาดลำตัว Chow and Sandifer (1991) รายงานว่า เมื่อกุ้งมีน้ำหนักเพิ่มขึ้นเปอร์เซ็นต์ความยาวหางเพิ่มขึ้นด้วย ($P < 0.001$) แตกต่างจากผลการทดลองของ Argue *et al.* (2002) ที่พบว่า กุ้งที่มีขนาดโตขึ้นจะมีเปอร์เซ็นต์น้ำหนักหางที่

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ลดลง ($P < 0.001$) ดังนั้น เพื่อไม่ให้การประมาณค่าความแปรปรวนทางพันธุกรรมเกิดคลาดเคลื่อนจากค่าจริง ในการประมาณพารามิเตอร์ทางพันธุกรรมของกุ้ง ในงานวิจัยต่อมาจำนวนวันหลังฟักถูกจัดให้เป็นปัจจัยกำหนด (Castillo-Juárez, 2004 and Castillo-Juárez *et al*., 2007)

5. การประมาณค่าอัตราพันธุกรรมในกุ้ง

วิธีการประมาณค่าอัตราพันธุกรรมในกุ้งมีการเปลี่ยนแปลงไปพร้อมกับการพัฒนาของวิธีการทางสถิติที่ใช้ในการประมาณค่าอัตราพันธุกรรมในพืชและสัตว์ เพื่อเพิ่มความแม่นยำ (precision) และลดความอคติ (bias) ของค่าประมาณ ซึ่งวิธีการในการประมาณค่าอัตราพันธุกรรมในกุ้งเริ่มจากการใช้วิธีการวิเคราะห์การถดถอย (Offspring-parent Regression) การวิเคราะห์ความแปรปรวน (Analysis of Variance, ANOVA) และเปลี่ยนมาเป็นการใช้สมการแบบผสม (Mixed Model Equation) ร่วมกับกลวิธี Restricted Maximum Likelihood (REML) ซึ่ง Falconer and Mackay (1996) อธิบายวิธีการวิเคราะห์ด้วยวิธีการต่างๆ รวมถึงข้อเสียของวิธีการเหล่านั้นไว้ดังนี้ การวิเคราะห์การถดถอย เป็นการหาค่าอัตราพันธุกรรม โดยการสร้างสมการเส้นตรงที่มีน้ำหนักตัวเฉลี่ยของพ่อและแม่ในแต่ละครอบครัวเป็นตัวแปรอิสระ และน้ำหนักตัวเฉลี่ยของลูกในแต่ละครอบครัวเป็นตัวแปรตาม และอยู่ภายใต้สมมุติฐานว่าพ่อแม่จับคู่ผสมพันธุ์โดยสุ่มและในประชากรไม่มีการคัดเลือก ความชันของเส้นตรง คืออัตราพันธุกรรม ส่วนการหาอัตราพันธุกรรมโดยวิธีวิเคราะห์ความแปรปรวน มีความซับซ้อนมากกว่าวิธีแรก รูปแบบทั่วไปของข้อมูลที่ใช้หาอัตราพันธุกรรมโดยวิธีการวิเคราะห์ความแปรปรวน ประกอบด้วยสัตว์เพศผู้จับคู่ผสมพันธุ์กับเพศเมียหลายตัว เลือกสัตว์และจับคู่ผสมพันธุ์โดยการสุ่ม จัดเก็บข้อมูลของลูกที่ได้จากสัตว์เพศเมียแต่ละตัว และแบ่งความแปรปรวนของลักษณะปรากฏ (σ_P^2) ออกเป็นความแปรปรวนระหว่างพ่อ (σ_S^2) ความแปรปรวนระหว่างแม่ (σ_D^2) และความแปรปรวนระหว่างลูก (σ_W^2) โดยที่ความแปรปรวนระหว่างพ่อมีค่าเท่ากับ $\frac{1}{4}V_A$ ความแปรปรวนระหว่างแม่มีค่าเท่ากับ $\frac{1}{4}V_A + \frac{1}{4}V_D + V_{Ec}$ อัตราพันธุกรรมที่ได้จากวิธีนี้มีหลายค่า เช่น ใช้ความแปรปรวนเนื่องจากอิทธิพลของพ่อ โดยอัตราพันธุกรรมมีค่าเท่ากับสี่เท่าของอัตราส่วนระหว่างความแปรปรวนระหว่างพ่อต่อความแปรปรวนของลักษณะปรากฏ ($h^2 = \frac{4\sigma_S^2}{\sigma_P^2}$) หรือใช้ความแปรปรวนเนื่องจากอิทธิพลของแม่ โดยอัตราพันธุกรรมมีค่าเท่ากับสี่เท่าของอัตราส่วนระหว่างความแปรปรวนระหว่างแม่ต่อความแปรปรวนของลักษณะปรากฏ ($h^2 = \frac{4\sigma_D^2}{\sigma_P^2}$) เป็นต้น ทั้งวิธีการวิเคราะห์การถดถอยและการวิเคราะห์ความ

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

แปรปรวน ต้องการข้อมูลที่สมดุล (balanced data หมายถึงลักษณะของข้อมูลที่มีค่าสังเกตของปัจจัยในแต่ละระดับเท่ากัน) จับคู่ผสมพันธุ์ของสัตว์โดยการสุ่ม และประชากรที่ใช้ไม่มีการคัดเลือก ทำให้ค่าอัตราพันธุกรรมที่ได้จากวิธีการทั้งสองมีอคติ เมื่อนำมาใช้กับประชากรที่มีการคัดเลือก หรือเมื่อข้อมูลสัตว์มีหลายรุ่นสามารถใช้ข้อมูลได้เพียงบางส่วนเท่านั้นเพื่อให้ตรงกับรูปแบบการของวิธีการเหล่านั้น ต่อมามีการพัฒนากลวิธี REML ขึ้น ซึ่งวิธีการนี้สามารถใช้ได้กับข้อมูลที่มีการคัดเลือกและข้อมูลที่มีไม่สมดุล (unbalanced data หมายถึง ข้อมูลที่มีค่าสังเกตของปัจจัยแต่ละระดับไม่เท่ากัน) และสามารถใช้ประโยชน์จากความสัมพันธ์ทางพันธุกรรม (genetic relationship) ในการวิเคราะห์ข้อมูล ทำให้ข้อมูลทั้งหมดที่มีในประชากรนั้นถูกนำมาใช้ประโยชน์

การประมาณค่าอัตราพันธุกรรมในกุ้งจากรายงานการวิจัยช่วงแรกๆ อาศัยวิธีการวิเคราะห์การถดถอย และการวิเคราะห์ความแปรปรวน เช่น Henzel *et al.* (2000) ประมาณค่าอัตราพันธุกรรมน้ำหนักตัวของกุ้งคุรุม่า (*Penaeus japonicus*) ด้วยวิธีการวิเคราะห์การถดถอย พบว่าอัตราพันธุกรรมของน้ำหนักตัวที่อายุ 6 เดือนมีค่าเท่ากับ 0.227 ± 0.83 นอกจากนี้อัตราพันธุกรรมประจักษ์ (realized heritability, h_R^2) ของน้ำหนักตัวที่อายุ 6 เดือนมีค่าเท่ากับ 0.234 โดย $h_R^2 = \frac{R}{S}$ ส่วน R (selection response) คือค่าตอบสนองต่อการคัดเลือกและ S (selection differential) คือ ค่าความแตกต่างระหว่างพ่อแม่พันธุ์ และประชากรเดิม

ส่วนการประมาณอัตราพันธุกรรมโดยใช้วิธีวิเคราะห์ความแปรปรวนนั้น Benzie *et al.* (1997) ได้สร้างครอบครัวฮาล์ฟสิบ โดยผสมพ่อพันธุ์และแม่พันธุ์กุ้งกุลาดำในสัดส่วน 1:2 เพื่อหาอัตราพันธุกรรมน้ำหนักตัวของกุ้งกุลาดำ และวิเคราะห์โดยใช้ความแปรปรวนเนื่องจากอิทธิพลของพ่อ พบว่าค่าอัตราพันธุกรรมของน้ำหนักตัวที่อายุ 6 เดือน และ 10 เดือน มีค่า 0.12 ± 0.02 และ 0.10 ± 0.002 ตามลำดับ แต่เมื่อวิเคราะห์โดยใช้ความแปรปรวนเนื่องจากอิทธิพลของแม่ ค่าอัตราพันธุกรรมของน้ำหนักตัวที่อายุ 6 เดือน และ10 เดือน มีค่าเท่ากับ 0.56 ± 0.03 และ 0.39 ± 0.004 ตามลำดับ โดยผู้วิจัยคาดว่าสาเหตุที่อัตราพันธุกรรมที่คำนวณจากความแปรปรวนเนื่องจากอิทธิพลของแม่มากกว่าอัตราพันธุกรรมที่คำนวณจากความแปรปรวนเนื่องจากอิทธิพลของพ่อนั้น เป็นไปได้ว่าเกิดจากอิทธิพลอื่นๆที่ไม่ใช่อิทธิพลของยีนผลบวก เช่น อิทธิพลของสิ่งแวดล้อมทั่วไป และอิทธิพลที่เกิดจากการเลี้ยงดูของแม่ (maternal effect) ซึ่งมีผลต่อลักษณะน้ำหนักตัวของกุ้งกุลาดำมาก

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ตั้งแต่ปี ค.ศ. 2003 เป็นต้นมา นักวิจัยได้นำสมการแบบผสม มาใช้ร่วมกับวิธีการ REML ในการวิเคราะห์ค่าองค์ประกอบความแปรปรวนทางพันธุกรรมในกุ้งขาว (Pérez-Rostro and Ibarra, 2003a; Gitterle *et al.*, 2005a; Gitterle *et al.*, 2005b; Gitterle *et al.*, 2006a; Gitterle *et al.*, 2006b; Kenway *et al.*, 2006; Castillo-Juárez *et al.*, 2007 and Macbeth *et al.*, 2007) ทั้งนี้ Duchateau *et al.*, 1998 อธิบายคุณสมบัติที่ดีของสมการแบบผสม ดังนี้ ข้อมูลที่มีโครงสร้างซับซ้อน (ข้อมูลที่มีทั้งปัจจัยสุ่มหมายถึงปัจจัยที่มีหลายระดับแต่ไม่ได้ศึกษาทุกระดับของปัจจัย และปัจจัยคงที่หมายถึงปัจจัยถูกศึกษาทุกระดับ) สามารถอธิบายได้ง่ายในสมการแบบผสม การวิเคราะห์ข้อมูลที่ไม่สมดุลสามารถวิเคราะห์ได้เช่นเดียวกับการวิเคราะห์ข้อมูลที่สมดุล และสมการแบบผสมสามารถทำนายค่าของปัจจัยสุ่มได้โดยใช้วิธีการ Best Linear Unbiased Prediction (BLUP)

เมื่อเปรียบเทียบการประมาณค่าอัตราพันธุกรรมระหว่างวิธี REML และ วิธี ANOVA ในต้นแอปเปิ้ล Durel *et al.* (1998) พบว่าการประมาณค่าโดยการวิเคราะห์ ANOVA ได้ค่าอัตราพันธุกรรมที่ต่ำกว่าความเป็นจริง เนื่องจากไม่ได้นำความสัมพันธ์ทางเครือญาติมาใช้ในการคำนวณ นอกจากนี้การประมาณค่าองค์ประกอบความแปรปรวนโดยใช้วิธี ANOVA มีข้อจำกัดเมื่อข้อมูลไม่สมดุล และข้อมูลมีพันธุ์ประวัติที่ซับซ้อน (Klápště *et al.*, 2007) ซึ่งลักษณะข้อมูลแบบนี้พบได้ในการปรับปรุงพันธุ์สัตว์หรือพืชระดับอุตสาหกรรมที่มีการตายของสัตว์หรือพืช และการปรับปรุงพันธุ์เกิดขึ้นหลายรุ่น

ในงานวิจัยเพื่อประมาณค่าอัตราพันธุกรรมสำหรับขนาดลำตัวและน้ำหนักตัวระยะเก็บเกี่ยวของกุ้งขาวนั้น Pérez-Rostro and Ibarra (2003a) ใช้กุ้งจำนวน 37 ครอบครัว ครอบครัวละ 16-20 ตัว เลี้ยงในสภาพแวดล้อม 2 แบบ และประมาณค่าองค์ประกอบของความแปรปรวนสำหรับลักษณะต่างๆ ด้วยวิธี Multiple-trait Derivative-free Restricted Maximum Likelihood (MTDFREML) โดยใช้แบบจำลองผสมหลายตัวแปร (multivariate mixed model) ซึ่งกำหนดให้เพศและสิ่งแวดล้อมเป็นปัจจัยกำหนด ผลการวิเคราะห์พบว่า ค่าอัตราพันธุกรรมของความยาวลำตัว ความยาวส่วนหาง ความยาวส่วนหัว น้ำหนักตัว น้ำหนักส่วนหาง น้ำหนักส่วนหัว และความกว้างของปล้องหางคู่แรก มีค่าเท่ากับ 0.22 ± 0.07, 0.23 ± 0.07, 0.17 ± 0.06, 0.17 ± 0.06, 0.18 ± 0.06, 0.15 ± 0.06 และ 0.14 ± 0.05 ตามลำดับ

ในงานวิจัยต่อมา Gitterle *et al.* (2005a) ประมาณค่าอัตราพันธุกรรมของน้ำหนักตัวและการรอดชีวิตของกุ้งขาวระยะเก็บเกี่ยวที่ประเทศโคลัมเบีย โดยผลิตกุ้งขึ้นมา 2 สาย (line) เป็น

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ครอบครัวฟูลสิบจำนวน 430 ครอบครัวและครอบครัวฮาล์ฟสิบจำนวน 204 ครอบครัว และเลี้ยงกุ้งภายใต้สภาพการเลี้ยงเชิงพาณิชย์ ประมาณค่าองค์ประกอบความแปรปรวนของลักษณะที่ศึกษาโดยใช้แบบจำลองสัตว์ (animal aodel) ซึ่งกำหนดฟาร์ม บ่อ และเพศเป็นปัจจัยกำหนดสำหรับการวิเคราะห์องค์ประกอบความแปรปรวนของน้ำหนักตัว และกำหนดฟาร์ม และบ่อเป็นปัจจัยกำหนดสำหรับการวิเคราะห์องค์ประกอบความแปรปรวนของการรอดชีวิตพบว่า อัตราพันธุกรรมของน้ำหนักตัวของกุ้งที่ระยะเก็บเกี่ยวของแต่ละสายมีค่าเท่ากับ 0.24 ± 0.05 และ 0.17 ± 0.04 ในขณะที่อัตราพันธุกรรมของการรอดชีวิตมีค่าเท่ากับ 0.04 ± 0.02 และ 0.10 ± 0.02 และค่าสหสัมพันธ์ระหว่างน้ำหนักตัวและการรอดชีวิตมีค่าเป็นบวก นอกจากนี้ยังพบว่า อิทธิพลระหว่างพันธุกรรมและสิ่งแวดล้อมมีผลต่อลักษณะทั้งสองน้อย

ในการประมาณค่าอัตราพันธุกรรมสำหรับน้ำหนักกุ้งระยะเก็บเกี่ยว ที่เลี้ยงในประเทศเม็กซิโก Castillo-Juárez *et al.* (2007) ได้จัดเก็บข้อมูลจากกุ้ง 12,658 ตัวจากพ่อพันธุ์ 48 ตัวและแม่พันธุ์ 77 ตัว และใช้วิธีการวิเคราะห์องค์ประกอบความแปรปรวนที่ต่างกัน 4 วิธี ได้แก่ แบบจำลองสัตว์ตัวแปรเดียว (univariate animal model) จำนวน 2 แบบจำลอง และ แบบจำลองสัตว์หลายตัวแปร (multivariate animal model) จำนวน 2 แบบจำลอง แบบจำลองสัตว์ตัวแปรเดียว ได้แก่ โมเดลที่ไม่คำนวณอิทธิพลสุ่มจากสิ่งแวดล้อมที่มีต่อสัตว์ในครอบครัวเดียวกัน และโมเดลที่คำนวณอิทธิพลสุ่มจากสิ่งแวดล้อมที่มีต่อสัตว์ในครอบครัวเดียวกัน โดยกำหนดให้จำนวนวันหลังฟัก เพศ ฟาร์ม และความหนาแน่นเป็นปัจจัยกำหนด พบว่า อัตราพันธุกรรมของน้ำหนักตัวเมื่อกุ้งมีอายุเฉลี่ย 130 วัน (น้ำหนักเฉลี่ย 18.29 ± 2.4 กรัม) มีค่าเท่ากับ 0.47 ± 0.06 สำหรับโมเดลไม่คำนวณอิทธิพลสุ่มจากสิ่งแวดล้อมที่มีต่อสัตว์ในครอบครัวเดียวกัน และ 0.33 ± 0.17 สำหรับโมเดลที่คำนวณอิทธิพลสุ่มจากสิ่งแวดล้อมที่มีต่อสัตว์ในครอบครัวเดียวกัน ในส่วนแบบจำลองสัตว์หลายตัวแปรกำหนดให้น้ำหนักตัวของกุ้งที่เลี้ยงในฟาร์มเดียวกันความหนาแน่นต่างกันเป็นลักษณะที่แตกต่างกัน วิเคราะห์ด้วยโมเดลที่ต่างกัน 2 โมเดลคือ โมเดลที่ไม่คำนวณอิทธิพลสุ่มจากสิ่งแวดล้อมที่มีต่อสัตว์ในครอบครัวเดียวกัน และโมเดลที่คำนวณอิทธิพลสุ่มจากสิ่งแวดล้อมที่มีต่อสัตว์ในครอบครัวเดียวกัน โดยกำหนดให้จำนวนวันหลังฟัก และเพศเป็นปัจจัยกำหนด พบว่า อัตราพันธุกรรมของน้ำหนักตัวอยู่ในช่วง 0.46 ± 0.07 ถึง 0.52 ± 0.09 สำหรับโมเดลไม่คำนวณอิทธิพลสุ่มจากสิ่งแวดล้อมที่มีต่อสัตว์ในครอบครัวเดียวกัน และ 0.37 ± 0.06 ถึง 0.45 ± 0.09 สำหรับโมเดลที่คำนวณอิทธิพลสุ่มจากสิ่งแวดล้อมที่มีต่อสัตว์ในครอบครัวเดียวกัน

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ค่าอัตราพันธุกรรมเป็นค่าเฉพาะของสัตว์กลุ่มใดกลุ่มหนึ่งในช่วงเวลาหนึ่ง และมีค่าเปลี่ยนแปลงได้ตามประชากรหรือสิ่งแวดล้อม ตัวอย่างเช่นในการประมาณค่าอัตราพันธุกรรมจากกลุ่มสัตว์ที่ได้รับการจัดการ และอาหารที่สม่ำเสมอจะมีค่าอัตราพันธุกรรมสูงกว่าการประมาณที่ได้จากกลุ่มสัตว์ที่ได้รับการจัดการ และอาหารที่สม่ำเสมอน้อยกว่า (Bourdon, 2000) นอกจากนี้ยังมีสาเหตุอื่นๆเช่น จำนวนข้อมูลที่ศึกษา วิธีการคำนวณ ความผิดพลาดในการบันทึกข้อมูลต่างๆ เป็นต้น (Falconer and Mackay, 1996) ค่าอัตราพันธุกรรมของลักษณะน้ำหนักตัวและขนาดลำตัวของกุ้งขาวที่ประมาณด้วยวิธีการต่างๆ ที่มีการตีพิมพ์แสดงในตารางที่ 3

ตารางที่ 3 ค่าอัตราพันธุกรรมและค่าความคลาดเคลื่อนมาตรฐานของลักษณะน้ำหนักตัวและขนาดลำตัวของกุ้งขาว

ลักษณะ	น้ำหนักตัว (g)	อัตราพันธุกรรม	วิธีประมาณค่า	อ้างอิง
น้ำหนักตัว	4.2	0.84±0.17	ANOVA (Full-sib)	Pérez-Rostro *et al.* (1999)
	23.5	0.84±0.43	ANOVA (Half-sib)	Argue *et al.* (2002)
	23.5	0.71±0.15	ANOVA (Full-sib)	Argue *et al.* (2002)
	16.1	0.17±0.06	MTDFREML	Pérez-Rostro and Ibarra (2003a)
	2.9	0.20±0.17	REML	Pérez-Rostro and Ibarra (2003b)
	21.1	0.24±0.05	REML (c)	Gitterle *et al.* (2005a)
	21.1	0.17±0.04	REML (c)	Gitterle *et al.* (2005a)
	18.2	0.45±0.06	REML	Castillo-Juárez *et al.* (2007)
	18.2	0.27±0.16	REML (c)	Castillo-Juárez *et al.* (2007)
ความยาวลำตัว	16.1	0.22±0.07	MTDFREML	Pérez-Rostro and Ibarra (2003a)
	2.9	0.15±0.16	REML	Pérez-Rostro and Ibarra (2003b)
น้ำหนักหาง	4.2	0.87±0.18	ANOVA (Full-sib)	Pérez-Rostro *et al.* (1999)
	16.1	0.18±0.06	MTDFREML	Pérez-Rostro and Ibarra (2003a)
ความยาวหาง	16.1	0.23±0.07	MTDFREML	Pérez-Rostro and Ibarra (2003a)
	2.9	0.20±0.17	REML	Pérez-Rostro and Ibarra (2003b)
เปอร์เซ็นต์น้ำหนักหาง	23.5	0.15±0.12	ANOVA (Half-sib)	Argue *et al.* (2002)
	23.5	0.11±0.04	ANOVA (Full-sib)	Argue *et al.* (2002)

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ตารางที่ 3 (ต่อ)

ลักษณะ	น้ำหนักตัว (g)	อัตราพันธุกรรม	วิธีประมาณค่า	อ้างอิง
น้ำหนักหัว	4.2	0.89±0.18	ANOVA (Full-sib)	Pérez-Rostro *et al.* (1999)
	16.1	0.15±0.06	MTDFREML	Pérez-Rostro and Ibarra (2003a)
ความยาวหัว	16.1	0.17±0.06	MTDFREML	Pérez-Rostro and Ibarra (2003a)
ความกว้างของปล้องหางที่ 1	4.21	0.97±0.17	ANOVA (Full-sib)	Pérez-Rostro *et al.* (1999)
	16.1	0.14±0.05	MTDFREML	Pérez-Rostro and Ibarra (2003a)
	2.9	0.22±0.17	REML	Pérez-Rostro and Ibarra (2003b)

หมายเหตุ REML = Restricted Maximum Likelihood, MTDFREML = Multiple-trait Derivative-free Restricted Maximum Likelihood, c = อิทธิพลสุ่มจากสิ่งแวดล้อมที่มีต่อสัตว์ในครอบครัวเดียว

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

อุปกรณ์และวิธีการ

1. การเพาะและเลี้ยงกุ้งขาว

1.1 การเตรียมพ่อแม่พันธุ์และการผลิตนอเพลียส

นำพ่อพันธุ์กุ้งขาวที่มีน้ำหนักตัวเฉลี่ย 45.0 ± 4.9 กรัม จำนวน 20 ตัว และแม่พันธุ์กุ้งขาวที่มีน้ำหนักตัวเฉลี่ย 57.6 ± 6.8 กรัม จำนวน 20 ตัว มาเลี้ยงรวมกันในบ่อปูนขนาด 40 ตัน กุ้งเหล่านี้ได้จากฟาร์มผลิตพ่อแม่พันธุ์กุ้งขาวเอกชนในประเทศ กุ้งแต่ละตัวมีความสัมพันธ์ทางเครือญาติและถูกจัดทำพันธุ์ประวัติไว้แล้ว จัดสภาพแวดล้อมภายในบ่อเลี้ยงตามวิธีการของ Wyban and Sweeney (1991) โดยควบคุมอุณหภูมิให้อยู่ในช่วง 27.5-28.5 องศาเซลเซียส ความเค็มของน้ำ 33-35 ppt ปริมาณออกซิเจนละลาย 4-5 มิลลิกรัมต่อลิตร เปลี่ยนถ่ายน้ำวันละ 200 เปอร์เซ็นต์ ให้แสงสว่างวันละ 13 ชั่วโมง ให้หมึกสดและเพรียงทราย เป็นอาหารในสัดส่วน 24-28 เปอร์เซ็นต์ของน้ำหนักกุ้งทั้งหมดในบ่อ วันละ 4 มื้อ (เวลา 8:30 11:00 13:30 และ 16:00 น.) เป็นเวลา 7 วัน เพื่อให้พ่อแม่พันธุ์ปรับตัวเข้ากับสภาพแวดล้อมภายในบ่อเลี้ยง

กุ้งขาวแม่พันธุ์ทุกตัวถูกตัดก้านตาออก 1 ข้าง เพื่อกระตุ้นให้กุ้งพัฒนารังไข่ (Caillouet, 1972; Arnstein and Beard, 1975; Primavera, 1978; Aquacop, 1979) หลังจากนั้น สำรวจหาแม่พันธุ์ที่มีพัฒนาการของรังไข่อยู่ในระยะที่ 4 (Yano *et al*., 1988) นำมาผสมพันธุ์กับพ่อพันธุ์แบบหนึ่งต่อหนึ่งเพื่อผลิตลูกกุ้งแบบครอบครัวฟูลสิบจำนวน 12 ครอบครัว โดยรีดถุงน้ำเชื้อจากกุ้งขาวเพศผู้ ใส่เข้าไปใน thelycum ของกุ้งเพศเมีย ใช้ระยะเวลาในการใส่ถุงน้ำเชื้อไม่เกิน 1 นาที เพื่อป้องกันไม่ให้แม่พันธุ์กุ้งเกิดความเครียด (Arce *et al.*, 2000) จากนั้นนำแม่พันธุ์กุ้งขาวที่ผสมพันธุ์แล้วมาใส่ในถังไฟเบอร์กลาสขนาด 500 ลิตร ถังละ 1 ตัว ให้กุ้งวางไข่ หลังจากนั้นประมาณ 16 ชั่วโมง ไข่จะฟักเป็นนอเพลียส หลังจากนอเพลียสลอกคราบประมาณ 4 ถึง 5 ครั้ง ใช้แสงไฟส่องเพื่อล่อให้นอเพลียสที่แข็งแรงว่ายน้ำเข้าหาแสงและมารวมกันที่ผิวน้ำ ตักนอเพลียสใส่ในภาชนะขนาด 5 ลิตร สุ่มนับจำนวน 5 ครั้ง ครั้งละ 2 มิลลิลิตร (Macbeth *et al.*, 2007) เพื่อเพิ่มความแม่นยำในการประมาณจำนวนนอเพลียส การทดลองครั้งนี้ผลิตนอเพลียสจำนวน 12 ครอบครัว ใช้เวลา 4 วัน ระหว่างวันที่ 22-25 มกราคม 2552 เนื่องจากความไม่พร้อมของพ่อแม่พันธุ์ในการให้เสปิร์มและไข่ โดยครอบครัวที่ 1-7 ผลิตในวันที่ 22 มกราคม 2552 ครอบครัวที่ 8-10 ผลิตในวันที่ 23 มกราคม 2552 ครอบครัวที่ 11 ผลิตในวันที่ 24 มกราคม 2552 และครอบครัวที่ 12 ผลิตในวันที่ 25 มกราคม

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

2552 การผลิตกุ้งทำในเวลาประมาณ 18.00 นาฬิกา กุ้งจะฟักไข่ในวันต่อมา และวันถัดไปจะถูกนับเป็นวันที่กุ้งมีอายุ 1 วันหลังฟัก ยกตัวอย่างเช่น ผลิตกุ้งในวันที่ 22 มกราคม 2552 วันที่กุ้งมีอายุ 1 วันหลังฟักคือ วันที่ 24 มกราคม 2552 โดยอายุกุ้งแต่ละระยะในแต่ละครอบครัวแสดงในตารางที่ 4

1.2 การอนุบาลลูกกุ้งและการทำเครื่องหมาย

อนุบาลลูกกุ้งระยะนอเพลียสในถังไฟเบอร์กลาสขนาด 500 ลิตร ครอบครัวละ 1 ถัง ประมาณ 40,000 ตัว (ความหนาแน่น 80 ตัวต่อลิตร) ให้อาหารวันละ 8 มื้อ ประกอบด้วยแพลงก์ตอนพืช (*Chaetoceros sp.*) อาร์ทีเมีย (*Artemia sp.*) และอาหารสำเร็จรูปที่มีโปรตีน 40 เปอร์เซ็นต์ ควบคุมอุณหภูมิในถังให้อยู่ในช่วง 30-31 องศาเซลเซียส เมื่ออนุบาลลูกกุ้งจนถึงระยะ PL-10 (Postlarva 10) หาอัตรารอดชีวิต โดยการชั่งน้ำหนักรวมของกุ้งในถัง และนับจำนวนกุ้งใน 1 กรัม เพื่อหาจำนวนกุ้งทั้งหมด หลังจากนั้นลดความหนาแน่นของกุ้งให้เหลือ 2 ตัวต่อลิตร และเลี้ยงต่อจนได้กุ้งน้ำหนักประมาณ 1-3 กรัม และมีอายุเฉลี่ยประมาณ 70 วันหลังฟัก จากนั้นสุ่มกุ้งจากทุกครอบครัวมาทำเครื่องหมาย เพื่อระบุความแตกต่างของกุ้งแต่ละครอบครัวและเลี้ยงรวมกันได้ โดยใช้สี Visible Implant Elastomer (VIE) ที่แตกต่างกัน 6 สี ได้แก่ สีเหลือง สีเขียว สีชมพู สีส้ม สีน้ำเงินและสีแดง ฉีดสีที่ลำตัวกุ้งปล้องที่ 6 ด้านซ้ายหรือด้านขวา ทำเครื่องหมายกุ้งทั้งหมด 12 ครอบครัวๆละ 200 ตัว รวม 2,400 ตัว กุ้งในแต่ละครอบครัวถูกทำเครื่องหมายพร้อมกับเก็บข้อมูลเพื่อใช้ในการวิเคราะห์ในระยะเก็บเกี่ยว โดยครอบครัวที่ 1-4 เก็บข้อมูลในวันที่ 9 เมษายน 2552 ครอบครัวที่ 5-6 เก็บข้อมูลในวันที่ 10 เมษายน 2552 ครอบครัวที่ 7-10 เก็บข้อมูลในวันที่ 11 เมษายน 2552 และครอบครัวที่ 11-12 เก็บข้อมูลในวันที่ 12 เมษายน 2552 ทำให้อายุกุ้งในระยะทำเครื่องหมายถูกแบ่งออกเป็น 3 กลุ่ม ได้แก่ 76 วันหลังฟัก (ครอบครัวที่ 1, 2, 3, 4 และ 12) 77 วันหลังฟัก (ครอบครัวที่ 5, 6, 8, 9, 10 และ 11) และ 78 วันหลังฟัก (ครอบครัวที่ 7) (ตารางที่ 4) เมื่อทำเครื่องหมายเสร็จแล้ว ปล่อยกุ้งในบ่อขนาด 1 ตัน เป็นเวลา 2 วันเพื่อปรับสภาพก่อนนำกุ้งไปเลี้ยงในบ่อดิน

1.3 การเลี้ยงกุ้งในบ่อดิน

นำกุ้งที่ทำเครื่องหมายแล้วทุกครอบครัวเลี้ยงร่วมกันในฟาร์ม 2 แห่ง คือจังหวัดชลบุรีและจังหวัดระยอง ที่จังหวัดชลบุรีเป็นการเลี้ยงกุ้งในบ่อปูนกลางแจ้ง พื้นที่ก้นบ่อมีขนาด 20 ตารางเมตร (4x5 ตารางเมตร) จำนวน 2 บ่อ ทั้งสองบ่อมีการจัดการน้ำแบบเดียวกันคือเลี้ยงที่ระดับความ

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ลึก 1 เมตร ใช้น้ำทะเลเปลี่ยนถ่ายน้ำ ในบ่อที่ 1 เลี้ยงกุ้งที่ความหนาแน่น 50 ตัวต่อตารางเมตร ซึ่งในบ่อมีกุ้งทั้งหมด 1,000 ตัว เป็นกุ้งที่ต้องการประมาณคุณค่าการผสมพันธุ์ 960 ตัว (ครอบครัวละ 80 ตัว) และกุ้งจากครอบครัวอื่น 40 ตัว เพื่อให้ได้ความหนาแน่นตามที่กำหนด ในบ่อที่ 2 เลี้ยงกุ้งที่ความหนาแน่น 25 ตัวต่อตารางเมตร ซึ่งในบ่อมีกุ้งทั้งหมด 500 ตัว เป็นกุ้งที่ต้องการประมาณคุณค่าการผสมพันธุ์ 480 ตัว (ครอบครัวละ 40 ตัว) และกุ้งจากครอบครัวอื่น 20 ตัว ทั้งสองบ่อเปลี่ยนถ่ายน้ำทุก 2 วัน ครั้งละ 40% ที่จังหวัดระยองเป็นการเลี้ยงในบ่อกุ้งของเกษตรกร ลักษณะบ่อ เป็นบ่อที่รองพื้นบ่อด้วยโพลีเอททีลีน ขนาด 5x20 ตารางเมตร ระดับน้ำสูง 1.8 เมตร อยู่ในโรงเรือนผ้าใบ (Green house) ควบคุมอุณหภูมิให้ไม่ต่ำกว่า 30 องศาเซลเซียส รักษาระดับออกซิเจนไม่ตำกว่า 5 ppm เลี้ยงกุ้งโดยใช้ระบบไบโอฟลอค (Bio-Floc) ทำให้ตลอดระยะเวลาที่เลี้ยงไม่มีการเปลี่ยนถ่ายน้ำ ในการทดลองนี้นำกระชังขนาด 3 ตารางเมตร มาแขวนในบ่อ และเลี้ยงกุ้งทดลองในกระชัง เพื่อความสะดวกในการจับที่ระดับความหนาแน่น 100 ตัวต่อตารางเมตร เป็นกุ้งที่ต้องการประมาณคุณค่าการผสมพันธุ์ 240 ตัว (ครอบครัวละ 20 ตัว) และกุ้งจากครอบครัวอื่น 60 ตัว รวมจำนวนกุ้งที่นำไปเลี้ยงทั้งสองฟาร์ม 1,800 ตัว เป็นกุ้งที่ใช้ประมาณคุณค่าการผสมพันธุ์ 1,680 ตัว (ครอบครัวละ 140 ตัว) อาหารที่ใช้เลี้ยงเป็นอาหารสำเร็จรูป (โปรตีน 40 เปอร์เซ็นต์) ให้กุ้งกินอาหารเต็มที่ไม่จำกัดปริมาณวันละ 5 มื้อ เวลา 6:00 10:00 14:00 18:00 และ 22:00 น. เลี้ยงจนกระทั่งกุ้งมีอายุเฉลี่ยประมาณ 124 วันหลังฟัก จึงทำการเก็บเกี่ยว โดยเก็บเกี่ยวกุ้งในวันที่ 27-28 พฤษภาคม 2552 ทำให้อายุกุ้งในระยะเก็บเกี่ยวถูกแบ่งออกเป็น 5 กลุ่มคือ อายุ 121, 122, 123, 124, 125 วันหลังฟัก (ตารางที่ 4)

ตารางที่ 4 อายุของกุ้งแต่ละครอบครัวในวันทำเครื่องหมายและเก็บเกี่ยว

ครอบครัว	วันผลิต	ทำเครื่องหมาย		เก็บเกี่ยว			
		วัน	อายุ	วัน	อายุ	วัน	อายุ
1	22-1-52	9-4-52	76	27-5-52	124	28-5-52	125
2	22-1-52	9-4-52	76	27-5-52	124	28-5-52	125
3	22-1-52	9-4-52	76	27-5-52	124	28-5-52	125
4	22-1-52	9-4-52	76	27-5-52	124	28-5-52	125
5	22-1-52	10-4-52	77	27-5-52	124	28-5-52	125
6	22-1-52	10-4-52	77	27-5-52	124	28-5-52	125
7	22-1-52	11-4-52	78	27-5-52	124	28-5-52	125

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ตารางที่ 4 (ต่อ)

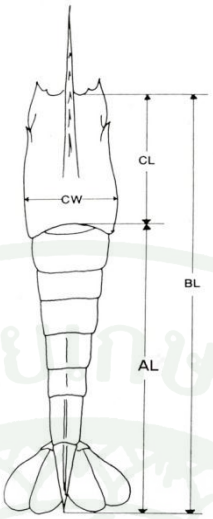
ครอบครัว	วันผลิต	ทำเครื่องหมาย		เก็บเกี่ยว			
		วัน	อายุ	วัน	อายุ	วัน	อายุ
8	23-1-52	11-4-52	77	27-5-52	123	28-5-52	124
9	23-1-52	11-4-52	77	27-5-52	123	28-5-52	124
10	23-1-52	11-4-52	77	27-5-52	123	28-5-52	124
11	24-1-52	12-4-52	77	27-5-52	122	28-5-52	123
12	25-1-52	12-4-52	76	27-5-52	121	28-5-52	122

2. การเก็บข้อมูล

จัดเก็บข้อมูลน้ำหนักและขนาดลำตัวกุ้ง 2 ระยะ คือ ระยะทำเครื่องหมายและระยะเก็บเกี่ยว ดังนี้ ในระยะทำเครื่องหมาย สุ่มกุ้งประมาณ 80 ตัวจากแต่ละครอบครัว ชั่งน้ำหนักด้วยเครื่องชั่งที่มีความละเอียด 0.01 กรัมและวัดขนาดลำตัวของกุ้งแต่ละตัวด้วยวีเนียร์ กุ้งที่ใช้เก็บข้อมูลในระยะทำเครื่องหมายทุกตัวจะถูกทำลาย ในระยะเก็บเกี่ยว เก็บข้อมูลจากกุ้งที่เหลือรอดจากการเลี้ยงในแต่ละสิ่งแวดล้อม ชั่งน้ำหนักด้วยเครื่องชั่งที่มีความละเอียด 0.1 กรัม วัดขนาดลำตัวโดยใช้ไม้บรรทัด และจดบันทึกเพศของกุ้งแต่ละตัวโดยพิจารณาลักษณะภายนอกของเพศผู้คือ petasma ที่ขาว่ายน้ำคู่ที่ 1 เป็นหลัก ทั้งนี้ในระยะทำเครื่องหมายจะไม่บันทึกเพศเนื่องจากลักษณะภายนอกที่บ่งบอกเพศของกุ้งขาวสังเกตได้ยาก การวัดขนาดลำตัวทำตามวิธีของ Chow and Sandifer (1991) ดังนี้

- ความยาวลำตัว (body length; BL) วัดจากขอบตา (postorbital edge) จนถึงปลายของ telson
- ความยาวหัว (carapace length; CL) วัดจากขอบตาถึงขอบเปลือกส่วนหลังของหัว
- ความยาวหาง (abdominal length; AL) คำนวณจากความแตกต่างระหว่างความยาวลำตัวและความยาวหัว
- เปอร์เซ็นต์ความยาวหาง (percent tail; ALBL)คำนวณจากความยาวหางและความยาวลำตัว
- เปอร์เซ็นต์ความยาวหัว (percent carapace; CLBL) คำนวณจากความยาวหัวและความยาวลำตัว
- อัตราส่วนน้ำหนักตัวต่อความยาวลำตัว (ratio between body weight and body length; BWBL) คำนวณจากน้ำหนักตัวและความยาวลำตัว

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์



ภาพที่ 4 การวัดความยาวลำตัว (BL) ความยาวหัว (CL) และความยาวหาง (AL) ในกุ้งขาว

ที่มา: Chow and Sandifer (1991)

3. การวิเคราะห์ข้อมูล

วิเคราะห์โครงสร้างและการกระจายตัวของชุดข้อมูลทางสถิติโดยใช้โปรแกรมสำเร็จรูป SAS (SAS, 2003) ทดสอบอิทธิพลต่อน้ำหนักตัวและขนาดลำตัวของปัจจัยต่างๆ ได้แก่ ฟาร์ม เพศ และจำนวนวันหลังฟักโดยใช้ PROC GLM ในโปรแกรมสำเร็จรูป SAS ปัจจัยที่มีอิทธิพลทางสถิติจะใช้เป็นปัจจัยกำหนด (fixed effect) ในแบบจำลองทางพันธุกรรมเพื่อใช้ในการประมาณคุณค่าการผสมพันธุ์ สำหรับลักษณะต่างๆ ที่ศึกษาต่อไป

4. การประมาณองค์ประกอบความแปรปรวนและการประมาณค่าพารามิเตอร์ทางพันธุกรรม

ในการศึกษาครั้งนี้ใช้แบบจำลองสัตว์สองตัวแปร (bivariate animal models) ประมาณค่าองค์ประกอบความแปรปรวนทางพันธุกรรมและสิ่งแวดล้อมของลักษณะน้ำหนักตัว ความยาวลำตัว ความยาวหาง ความยาวหัว เปอร์เซ็นต์ความยาวหาง เปอร์เซ็นต์ความยาวหัวและอัตราส่วนน้ำหนักตัวต่อความยาวลำตัวของกุ้งขาวทั้ง 2 ระยะ (ระยะทำเครื่องหมายและระยะเก็บเกี่ยว) โดยวิธี Restricted Maximum Likelihood (REML) และใช้กลวิธี average information algorithm ในการคำนวณ (ASREML; Gilmour *et al.*, 2002) กำหนดให้ปัจจัยที่มีอิทธิพลต่อลักษณะต่างๆ ในระยะ

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

เหล่านั้นเป็นปัจจัยกำหนด แบบจำลองที่ใช้ในการศึกษาสามารถเขียนในรูป matrix notation ได้ดังสมการที่ 1

$$y = Xb + Za + e \quad (1)$$

หรือ $$\begin{bmatrix} y_1 \\ y_2 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} X_1 & 0 \\ 0 & X_2 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} b_1 \\ b_2 \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} Z_1 & 0 \\ 0 & Z_2 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} a_1 \\ a_2 \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} e_1 \\ e_2 \end{bmatrix}$$

เมื่อกำหนดให้

y = เวกเตอร์ของลักษณะที่ทำการศึกษาได้แก่ น้ำหนักตัว ความยาวลำตัว ความยาวหาง ความยาวหัว เปอร์เซ็นต์ความยาวหาง เปอร์เซ็นต์ความยาวหัวและอัตราส่วนน้ำหนักตัวต่อความยาวลำตัวของกุ้งขาวทั้ง 2 ระยะ คือระยะทำเครื่องหมายและระยะเก็บเกี่ยว

b = เวกเตอร์ของอิทธิพลจากปัจจัยกำหนดในแต่ละระยะ
ระยะทำเครื่องหมายได้แก่ จำนวนวันหลังฟัก
ระยะเก็บเกี่ยวได้แก่ จำนวนวันหลังฟัก บ่อและเพศ

a = เวกเตอร์ของอิทธิพลสุ่มของสัตว์แต่ละตัว (random additive genetic effects)

e = เวกเตอร์ของความคลาดเคลื่อน (random residual effect)

X = เมทริกซ์ที่เชื่อมโยงความสัมพันธ์ระหว่างข้อมูลในเวกเตอร์ y ไปยังปัจจัยต่างๆ ในเวกเตอร์ b ที่เกี่ยวข้องกับสัตว์แต่ละตัว

Z = เมทริกซ์ที่เชื่อมโยงความสัมพันธ์ระหว่างข้อมูลในเวคเตอร์ y ไปยังปัจจัย ต่างๆ ในเวคเตอร์ a ที่เกี่ยวข้องกับสัตว์แต่ละตัว

1 และ 2 คือ ลักษณะที่พิจารณาโดยกำหนดให้ 1 คือ ลักษณะน้ำหนักตัว 2 คือลักษณะอื่นๆ ได้แก่ ความยาวลำตัว ความยาวหาง ความยาวหัว เปอร์เซ็นต์ความยาวหาง เปอร์เซ็นต์ความยาวหัวและอัตราส่วนน้ำหนักตัวต่อความยาวลำตัว

โดยมีสมมุติฐานดังนี้

$$\begin{bmatrix} y \\ a \\ e \end{bmatrix} \sim MVN\left(\begin{bmatrix} X\beta \\ 0 \\ 0 \end{bmatrix}, \begin{bmatrix} V & ZG & R \\ GZ' & G & 0 \\ R & 0 & R \end{bmatrix} \right)$$

เมื่อ $V = \mathrm{var}(y) = ZGZ' + R$

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

G = var(a), genetic (co) variance matrix โดย $G = A\sigma^2_a$

R = var(e), residual (co) variance matrix โดยที่ $R = I\sigma^2_e$

A = numerator relationship matrix

I = identity matrix

นำค่าประมาณองค์ประกอบความแปรปรวนทางพันธุกรรมและสิ่งแวดล้อม มาคำนวณหาค่าประมาณอัตราพันธุกรรมของลักษณะน้ำหนักตัว ความยาวลำตัว ความยาวหาง ความยาวหัว เปอร์เซ็นต์ความยาวหาง เปอร์เซ็นต์ความยาวหัวและอัตราส่วนน้ำหนักตัวต่อความยาวลำตัวด้วยสมการ

$$h^2 = \frac{\sigma^2_a}{\sigma^2_a + \sigma^2_e} \quad (2)$$

นำค่าประมาณขององค์ประกอบความแปรปรวน มาวิเคราะห์สหสัมพันธ์ทางพันธุกรรม (Genetic correlation) และสหสัมพันธ์ของลักษณะปรากฏ (Phenotypic correlation) ของลักษณะน้ำหนักตัว ความยาวลำตัว ความยาวหาง ความยาวหัว เปอร์เซ็นต์ความยาวหาง เปอร์เซ็นต์ความยาวหัวและอัตราส่วนน้ำหนักตัวต่อความยาวลำตัวด้วยสมการที่ 3 และ 4 ตามลำดับ

$$r_a = \frac{COV_{a(x,y)}}{\sqrt{(Var_{a(x)})(Var_{a(y)})}} \quad (3)$$

เมื่อ r_a คือ สหสัมพันธ์ทางพันธุกรรมระหว่างลักษณะ x และ y $COV_{a(x,y)}$ คือความแปรปรวนร่วมของลักษณะทางพันธุกรรมของลักษณะ x และ y $Var_{a(x)}$ และ $Var_{a(y)}$ คือความแปรปรวนของลักษณะทางพันธุกรรม x และ y ตามลำดับ

$$r_a = \frac{COV_{p(x,y)}}{\sqrt{(Var_{p(x)})(Var_{p(y)})}} \quad (4)$$

เมื่อ r_p คือ สหสัมพันธ์ของลักษณะปรากฏระหว่างลักษณะ x และ y $COV_{p(x,y)}$ คือความแปรปรวนร่วมของลักษณะปรากฏสำหรับลักษณะ x และ y $Var_{p(x)}$ และ $Var_{p(y)}$ คือความแปรปรวนของลักษณะปรากฏ x และ y ตามลำดับ

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

5. การทำนายค่าคุณค่าการผสมพันธุ์ (Estimated Breeding Value: EBV)

ในการทำนายค่าคุณค่าการผสมพันธุ์ใช้แบบจำลองสัตว์หนึ่งตัวแปร (Single animal model) ประมาณค่าองค์ประกอบของความแปรปรวนทางพันธุกรรม โดยวิธี REML และใช้กลวิธี Average information algorithm ในการคำนวณ (ASREML; Gilmour *et al.*, 2002) และทำนายคุณค่าการผสมพันธุ์ (Estimated Breeding Value; EBV) โดยวิธี Best Linear Unbiased Prediction (BLUP) กำหนดให้ปัจจัยที่มีอิทธิพลต่อลักษณะต่างๆ ในระยะเหล่านั้นเป็นปัจจัยกำหนด แบบจำลองที่ใช้ในการศึกษาสามารถเขียนในรูป Matrix notation ได้ดังสมการที่ 5 และ 6

$$y = Xb + Za + e \tag{5}$$

$$\begin{bmatrix} X'R^{-1}X & X'R^{-1}Z \\ Z'R^{-1}X & Z'R^{-1}Z + G^{-1} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} b \\ a \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} X'R^{-1}y \\ Z'R^{-1}y \end{bmatrix} \tag{6}$$

เมื่อกำหนดให้

y = เวกเตอร์ของลักษณะที่ทำการศึกษาได้แก่ น้ำหนักตัว ความยาวลำตัว ความยาวหาง ความยาวหัว เปอร์เซ็นต์ความยาวหาง เปอร์เซ็นต์ความยาวหัวและอัตราส่วนน้ำหนักตัวต่อความยาวลำตัวของกุ้งขาวทั้ง 2 ระยะคือระยะทำเครื่องหมายและระยะเก็บเกี่ยว

b = เวกเตอร์ของอิทธิพลจากปัจจัยกำหนดในแต่ละระยะ
ระยะทำเครื่องหมายได้แก่ จำนวนวันหลังฟัก
ระยะเก็บเกี่ยวได้แก่ จำนวนวันหลังฟัก บ่อและเพศ

a = เวคเตอร์ของอิทธิพลสุ่มของสัตว์แต่ละตัว (random additive genetic effects)

e = เวกเตอร์ของ residual (random residual effect)

X = เมทริกซ์ที่เชื่อมโยงความสัมพันธ์ระหว่างข้อมูลในเวกเตอร์ y ไปยังปัจจัยต่างๆ ในเวกเตอร์ b ที่เกี่ยวข้องกับสัตว์แต่ละตัว

Z = เมทริกซ์ที่เชื่อมโยงความสัมพันธ์ระหว่างข้อมูลในเวคเตอร์ y ไปยังปัจจัย ต่างๆ ในเวคเตอร์ a ที่เกี่ยวข้องกับสัตว์แต่ละตัว

โดยมีสมมุติฐานดังนี้

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

$$\begin{bmatrix} y \\ a \\ e \end{bmatrix} \sim N\left(\begin{bmatrix} X\beta \\ 0 \\ 0 \end{bmatrix}\begin{bmatrix} V & ZG & R \\ GZ' & G & 0 \\ R & 0 & R \end{bmatrix}\right)$$

เมื่อ $V = \text{var}(y) = ZGZ' + R$

G = var(a), genetic (co) variance matrix โดย $G = A\sigma^2_a$

R = var(e), residual (co) variance matrix โดยที่ $R = I\sigma^2_e$

A = numerator relationship matrix

I = identity matrix

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ผลและวิจารณ์

1. ค่าเฉลี่ยน้ำหนักตัวและขนาดลำตัวของกุ้งขาว

1.1 ค่าเฉลี่ยน้ำหนักตัวและขนาดลำตัวของกุ้งขาวระยะทำเครื่องหมาย

ในระยะทำเครื่องหมายจัดเก็บข้อมูลจากกุ้งทั้งหมด 953 ตัว แต่เนื่องจากความผิดพลาดในการจัดเก็บข้อมูล ทำให้เหลือกุ้งที่ใช้ในการประมาณค่าพารามิเตอร์ทางพันธุกรรมได้ 950 ตัว โดยมีอายุเฉลี่ย 77 วันหลังฟัก พบว่ามีค่าเฉลี่ยน้ำหนักตัวเท่ากับ 3.92 ± 0.96 กรัม ค่าเฉลี่ยความยาวลำตัวเท่ากับ 6.90 ± 0.60 เซนติเมตร ค่าเฉลี่ยความยาวหางเท่ากับ 5.12 ± 0.46 เซนติเมตร ค่าเฉลี่ยความยาวหัวเท่ากับ 1.79 ± 0.15 ค่าเฉลี่ยเปอร์เซ็นต์ความยาวหางเท่ากับ 74.09 ± 0.92 ค่าเฉลี่ยเปอร์เซ็นต์ความยาวหัวเท่ากับ 25.91 ± 0.92 และค่าเฉลี่ยอัตราส่วนน้ำหนักตัวต่อความยาวลำตัวเท่ากับ 0.56 ± 0.09 กรัมต่อเซนติเมตร ดังแสดงในตารางที่ 5

ตารางที่ 5 ค่าเฉลี่ยของลักษณะน้ำหนักตัวและขนาดลำตัวของกุ้งขาวที่ระยะทำเครื่องหมาย (อายุ 77 วัน)

ลักษณะ	ค่าเฉลี่ย	ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน	สัมประสิทธิ์ความผันแปร	ค่าต่ำสุด	ค่าสูงสุด
น้ำหนักตัว (กรัม)	3.92	0.96	24.57	1.39	8.29
ความยาวลำตัว (เซนติเมตร)	6.90	0.60	8.65	4.60	9.10
ความยาวหาง (เซนติเมตร)	5.12	0.46	9.00	3.35	6.78
ความยาวหัว (เซนติเมตร)	1.79	0.15	8.58	1.25	2.32
เปอร์เซ็นต์ความยาวหาง	74.09	0.92	1.24	69.80	78.70
เปอร์เซ็นต์ความยาวหัว	25.91	0.92	3.54	21.30	30.20
อัตราส่วนน้ำหนักตัวต่อความยาวลำตัว (กรัมต่อเซนติเมตร)	0.56	0.09	16.81	0.29	0.93

น้ำหนักตัวเฉลี่ยที่แตกต่างกันของกุ้งแต่ละครอบครัวในระยะทำเครื่องหมาย (ตารางภาคผนวกที่ 1) อาจมีผลต่อการแสดงออกทางพันธุกรรมและอัตราพันธุกรรมของประชากรกุ้ง

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

สำหรับน้ำหนักตัวในระยะเก็บเกี่ยว แต่ปัจจัยดังกล่าวไม่ถูกนำมาพิจารณาในโมเดลทำนายคุณค่าการผสมพันธุ์ เนื่องความแตกต่างของน้ำหนักตัวเฉลี่ยแสดงถึงความแตกต่างของครอบครัว (confounding effect) ด้วยเหตุนี้ การนำค่าน้ำหนักตัวเฉลี่ยของกุ้งในแต่ละครอบครัวมาพิจารณาในโมเดลร่วมกับครอบครัวจะทำให้การประมาณองค์ประกอบของความผันแปรทางพันธุกรรมและการทำนายคุณค่าการผสมพันธุ์ด้วยโมเดลดังกล่าวไม่สามารถทำได้ (unestimable function)

1.2 ค่าเฉลี่ยน้ำหนักตัวและขนาดลำตัวของกุ้งขาวระยะเก็บเกี่ยว

ในระยะเก็บเกี่ยวเก็บข้อมูลในวันที่ 27-28 พฤษภาคม 2552 ทำให้อายุกุ้งในระยะเก็บเกี่ยวถูกแบ่งออกเป็น 5 กลุ่มคือ อายุ 121, 122, 123, 124, 125 วันหลังฟัก โดยในบ่อที่ 1 (สภาพแวดล้อมที่ 1) เหลือกุ้ง 970 ตัว จากกุ้งที่ปล่อยเลี้ยง 1,000 ตัว (อัตรารอดเท่ากับ 97 %) เป็นกุ้งที่มีเครื่องหมายประจำครอบครัว 947 ตัว ในบ่อที่ 2 (สภาพแวดล้อมที่ 2) เหลือกุ้ง 488 ตัวจากกุ้งที่ปล่อยเลี้ยง 500 ตัว (อัตรารอดเท่ากับ 97.6 %) เป็นกุ้งที่มีเครื่องหมายประจำครอบครัว 478 ตัว และในบ่อที่ 3 (สภาพแวดล้อมที่ 3) เลี้ยงกุ้งในกระชังในบ่อเลี้ยงจำนวน 240 ตัว กุ้งมีอัตรารอด 100 % เมื่อรวมทั้งหมดสามารถผลิตกุ้งที่มีเครื่องหมายประจำครอบครัวในระยะเก็บเกี่ยวจำนวน 1,665 ตัว แต่เนื่องจากความผิดพลาดในการเก็บข้อมูลทำให้ได้ข้อมูลที่ใช้ในการประมาณค่าพารามิเตอร์ทางพันธุกรรมจำนวน 1,664 ตัว โดยมีอายุเฉลี่ย 124 วันหลังฟัก พบว่ามีค่าเฉลี่ยน้ำหนักตัวเท่ากับ 18.70 ± 3.00 กรัม ค่าเฉลี่ยความยาวลำตัวเท่ากับ 11.67 ± 1.14 เซนติเมตร ค่าเฉลี่ยความยาวหางและความยาวหัวเท่ากับ 8.72 ± 1.03 เซนติเมตร และ 2.95 ± 0.22 เซนติเมตร ค่าเฉลี่ยเปอร์เซ็นต์ความยาวหางและเปอร์เซ็นต์ความยาวหัวเท่ากับ 74.62 ± 1.84 และ 25.38 ± 0.92 และค่าเฉลี่ยอัตราส่วนน้ำหนักตัวต่อความยาวลำตัวเท่ากับ 1.60 ± 0.15 กรัมต่อเซนติเมตร (ตารางที่ 6) เมื่อเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยน้ำหนักตัวของกุ้งขาวระยะเก็บเกี่ยวของประชากรที่ใช้ทดลองครั้งนี้ (18.70 ± 3.00 กรัม) (อายุเฉลี่ย 123.8 วันหลังฟัก) พบว่ามีค่าใกล้เคียงกับรายงานของ Castillo-Juárez *et al.* (2007) ในประเทศเม็กซิโก นั่นคือ ค่าเฉลี่ยน้ำหนักตัวกุ้งขาวที่อายุ 130 วันหลังฟักออกจากไข่มีค่าเท่ากับ 18.2 ± 2.4 กรัม ส่วนค่าเฉลี่ยเปอร์เซ็นต์ความยาวหางในประชากรที่ทำการศึกษา (74.62 ± 1.85) มีค่าใกล้เคียงกับค่าเฉลี่ยเปอร์เซ็นต์ความยาวหางในรายงานของ Chow and Sandifer (1991) คือ 74.70 ในกุ้งเพศผู้และ 74.10 ในกุ้งเพศเมีย

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ตารางที่ 6 ค่าเฉลี่ยของลักษณะน้ำหนักตัวและขนาดลำตัวของกุ้งขาวที่ระยะเก็บเกี่ยว (อายุ 124 วัน)

ลักษณะ	ค่าเฉลี่ย	ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน	สัมประสิทธิ์ความผันแปร	ค่าต่ำสุด	ค่าสูงสุด
น้ำหนักตัว (กรัม)	18.70	3.00	16.07	7.2	33.9
ความยาวลำตัว (เซนติเมตร)	11.67	1.14	9.81	8.5	16.0
ความยาวหาง (เซนติเมตร)	8.72	1.03	11.79	6.2	12.7
ความยาวหัว (เซนติเมตร)	2.95	0.22	7.34	1.7	4.5
เปอร์เซ็นต์ความยาวหาง	74.62	1.85	2.47	64.8	84.7
เปอร์เซ็นต์ความยาวหัว	25.38	1.85	7.28	15.3	35.2
อัตราส่วนน้ำหนักตัวต่อความยาวลำตัว (กรัมต่อเซนติเมตร)	1.60	0.15	9.33	0.8	2.1

2. ปัจจัยที่มีอิทธิพลต่อลักษณะที่ศึกษา

2.1 ปัจจัยที่มีอิทธิพลต่อลักษณะที่ศึกษาในระยะทำเครื่องหมาย

ในระยะทำเครื่องหมายสามารถทดสอบปัจจัยที่คาดว่าจะมีอิทธิพลต่อน้ำหนักตัวและขนาดลำตัวของกุ้งได้เพียงปัจจัยเดียว คือ จำนวนวันหลังฟัก ส่วนปัจจัยอื่นเช่น เพศ ไม่สามารถระบุได้ด้วยตาเปล่าในกุ้งระยะทำเครื่องหมาย ในส่วนของปัจจัยที่เกิดจากบ่อเลี้ยงนั้นไม่สามารถทดสอบทางสถิติได้ เพราะปัจจัยดังกล่าวมีส่วนที่ซ้อนกับปัจจัยที่เกิดจากครอบครัวของกุ้ง เนื่องจากการเลี้ยงกุ้งแยกครอบครัว ในการทดสอบอิทธิพลที่เกิดจากจำนวนวันหลังฟัก ใช้ข้อมูลจากกุ้งที่มีวันที่ผลิตนอเพลียสต่างกันแต่เก็บข้อมูลในวันเดียวกัน เพื่อแสดงให้เห็นถึงผลของจำนวนวันหลังฟักที่เกิดจากความไม่พร้อมของพ่อแม่พันธุ์ในการออกไข่ จากเงื่อนไขดังกล่าวทำให้ข้อมูลที่ใช้ได้มาจากครอบครัวที่ 7, 8, 9 และ 10 เท่านั้น โดยครอบครัวที่ 7 ผลิตในวันที่ 22 มกราคม 2552 ครอบครัวที่ 8, 9 และ 10 ผลิตในวันที่ 23 มกราคม 2552 และจัดเก็บข้อมูลในวันที่ 11 เมษายน 2552 ครอบครัวที่ 7 มีจำนวนวันหลังฟักเท่ากับ 78 วัน ครอบครัวที่ 8, 9, 10 มีจำนวนวันหลังฟักเท่ากับ 77 วัน จากการทดสอบความมีอิทธิพลของปัจจัยทางสถิติพบว่าจำนวนวันหลังฟักของกุ้งขาวส่งผลให้น้ำหนักตัว (P<0.0001) ความยาวลำตัว (P<0.0001) ความยาวหาง (P<0.0001) ความยาวหัว (P<0.0001) และอัตราส่วนน้ำหนักตัวต่อความยาวลำตัว (P<0.0001) ของกุ้งขาวระยะทำเครื่องหมายแตกต่างกัน

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ แต่ไม่มีอิทธิพลต่อเปอร์เซ็นต์ความยาวหาง ($P = 0.3197$) และเปอร์เซ็นต์ความยาวหัว ($P = 0.3197$) สาเหตุที่จำนวนวันหลังฟักไม่มีอิทธิพลต่อเปอร์เซ็นต์ความยาวหางและเปอร์เซ็นต์ความยาวหัว อาจเกิดจากจำนวนข้อมูลที่ใช้ในการวิเคราะห์น้อยเกินไป ในการทดลองนี้จึงกำหนดให้จำนวนวันหลังฟักเป็นปัจจัยกำหนดที่ใช้ในการประมาณพารามิเตอร์ทางพันธุกรรมของลักษณะน้ำหนักตัว ความยาวลำตัว ความยาวหาง ความยาวหัว เปอร์เซ็นต์ความยาวหาง เปอร์เซ็นต์ความยาวหัวและอัตราส่วนน้ำหนักตัวต่อความยาวลำตัว ถึงแม้ว่ากุ้งจะมีจำนวนวันหลังฟักออกจากไข่แตกต่างกันเพียงวันเดียว แต่ปัจจัยดังกล่าวส่งผลให้เกิดความแตกต่างในลักษณะน้ำหนักตัวและขนาดลำตัว

2.2 ปัจจัยที่มีอิทธิพลต่อลักษณะที่ศึกษาในระยะเก็บเกี่ยว

ปัจจัยที่คาดว่ามีอิทธิพลต่อลักษณะที่ศึกษาในระยะเก็บเกี่ยวมี 3 ปัจจัย ได้แก่ เพศ จำนวนวันหลังฟัก และบ่อ ผลจากการทดสอบอิทธิพลของปัจจัยพบว่าเพศกุ้ง มีอิทธิพลทางสถิติต่อลักษณะน้ำหนักตัว ($P < 0.0001$) ความยาวลำตัว ($P = 0.0001$) ความยาวหาง ($P = 0.0348$) ความยาวหัว ($P < 0.0001$) เปอร์เซ็นต์ความยาวหาง ($P < 0.0001$) เปอร์เซ็นต์ความยาวหัว ($P < 0.0001$) และอัตราส่วนน้ำหนักตัวต่อความยาวลำตัว ($P < 0.0001$) ตารางที่ 7 แสดงค่าเฉลี่ยลีสแควร์และค่าความคลาดเคลื่อนมาตรฐานจำแนกตามเพศที่มีอิทธิพลต่อลักษณะที่ศึกษา เมื่อเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยลีสแควร์พบว่าค่าเฉลี่ยน้ำหนักตัวของกุ้งขาวเพศเมียในระยะเก็บเกี่ยวเท่ากับ 20.14 ± 0.10 กรัม มากกว่าค่าเฉลี่ยน้ำหนักตัวของกุ้งขาวเพศผู้ (19.47 ± 0.10 กรัม $P < 0.0001$) สอดคล้องกับรายงานของ Chow and Sandifer (1991) ที่พบว่ากุ้งขาวเพศเมียเริ่มมีน้ำหนักตัวมากกว่าเพศผู้เมื่อมีขนาด 13-15 กรัม ในขณะที่ Pérez-Rostro *et al.* (1999) รายงานว่ากุ้งขาวเพศผู้และเพศเมียมีน้ำหนักแตกต่างกันในวันที่ 160 หลังจากปล่อยกุ้ง โดยเพศเมียมีน้ำหนักเฉลี่ย 18.09 กรัม และเพศผู้มีน้ำหนักเฉลี่ย 16.96 กรัม นอกจากนี้รายงานในกุ้งชนิดอื่นๆ พบว่ากุ้งเพศเมียมีน้ำหนักมากกว่ากุ้งเพศผู้เช่นเดียวกัน ได้แก่ กุ้งกุลาดำ *Penaeus monodon* (Hansford and Hewitt, 1994) กุ้งแชบ๊วย *P. merguiensis* (Hoang *et al.*, 2003) และกุ้งคุรุม่า *P. japonicas* (Coman *et al.*, 2004) ผลการทดลองครั้งนี้ พบว่าค่าเฉลี่ยความยาวลำตัวของกุ้งขาวเพศเมีย (12.28 ± 0.02 เซนติเมตร) มากกว่าค่าเฉลี่ยความยาวลำตัวของกุ้งขาวเพศผู้ (12.18 ± 0.02 เซนติเมตร $P < 0.0001$) และสอดคล้องกับรายงานของ Pérez-Rostro *et al.* (1999)

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ตารางที่ 7 ค่าเฉลี่ยลีสแควร์ (Least squares means, LSMEAN) และความคลาดเคลื่อนมาตรฐาน (Standard error, S.E.) ของลักษณะที่ทำการศึกษาในระยะเก็บเกี่ยว (อายุ 124 วัน) จำแนกตามเพศ จำนวนกุ้งทั้งหมด 1,664 ตัว

ลักษณะ	เพศ (จำนวนกุ้ง)	
	ผู้ (839 ตัว)	เมีย (825 ตัว)
น้ำหนักตัว (กรัม)	19.47 ± 0.10^{a}	20.14 ± 0.10^{b}
ความยาวลำตัว (เซนติเมตร)	12.18 ± 0.02^{a}	12.28 ± 0.02^{b}
ความยาวหาง (เซนติเมตร)	9.22 ± 0.02^{a}	9.27 ± 0.02^{b}
ความยาวหัว (เซนติเมตร)	2.96 ± 0.01^{a}	3.02 ± 0.01^{b}
เปอร์เซ็นต์ความยาวหาง	75.50 ± 0.06^{b}	75.23 ± 0.06^{a}
เปอร์เซ็นต์ความยาวหัว	24.50 ± 0.06^{a}	24.77 ± 0.06^{b}
อัตราส่วนน้ำหนักตัวต่อความยาวลำตัว (กรัมต่อเซนติเมตร)	1.59 ± 0.01^{a}	1.63 ± 0.01^{b}

หมายเหตุ ค่าเฉลี่ยที่มีตัวอักษรภาษาอังกฤษแตกต่างกัน แสดงถึงความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P < 0.05$)

ค่าเฉลี่ยความยาวหางและความยาวหัวของกุ้งขาวเพศเมีย (9.27 ± 0.02 เซนติเมตรและ 3.02 ± 0.01 เซนติเมตร) มีค่ามากกว่าค่าเฉลี่ยความยาวหางและความยาวหัวของกุ้งขาวเพศผู้ (9.22 ± 0.02 เซนติเมตรและ 2.96 ± 0.01 เซนติเมตร) ($P <= 0.0348$ และ < 0.0001 ตามลำดับ) แต่รายงานของ Pérez-Rostro *et al.* (1999) พบว่าความยาวหางของกุ้งขาวเพศเมียและกุ้งขาวเพศผู้ไม่แตกต่างกัน และกุ้งขาวเพศเมียมีความยาวหัวมากกว่ากุ้งขาวเพศผู้ ส่วนค่าเฉลี่ยเปอร์เซ็นต์ความยาวหางของกุ้งขาวเพศผู้ (75.50 ± 0.06) มากกว่าค่าเฉลี่ยเปอร์เซ็นต์ความยาวหางของกุ้งขาวเพศเมีย (75.23 ± 0.06) ($P < 0.0001$) แต่ค่าเฉลี่ยเปอร์เซ็นต์ความยาวหัวของกุ้งขาวเพศผู้ (24.50 ± 0.06) น้อยกว่าค่าเฉลี่ยเปอร์เซ็นต์ความยาวหัวของกุ้งขาวเพศเมีย (24.77 ± 0.06) ($P < 0.0001$) สอดคล้องกับรายงานของ Argue *et al.* (2002) ที่พบว่าในกุ้งขาวที่มีน้ำหนักตัวเฉลี่ย 23.5 กรัม กุ้งขาวเพศผู้มีค่าเปอร์เซ็นต์น้ำหนักหาง (65.7 %) มากกว่ากุ้งขาวเพศเมีย (64.5 %) นอกจากนี้ Argue *et al.* (2002) รายงานเพิ่มเติมว่ากุ้งที่มีขนาดโตขึ้นจะมีเปอร์เซ็นต์น้ำหนักหางที่ลดลง สำหรับอิทธิพลของเพศกุ้งต่อค่าเฉลี่ยอัตราส่วนน้ำหนักตัวต่อความยาวลำตัวของกุ้งขาวพบว่า กุ้งขาวเพศเมียมีค่าเฉลี่ย

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

อัตราส่วนน้ำหนักตัวต่อความยาวลำตัว (1.63 ± 0.01 กรัมต่อเซนติเมตร) มากกว่ากุ้งขาวเพศผู้ (1.59 ± 0.01 กรัมต่อเซนติเมตร) ($P < 0.0001$) สอดคล้องกับรายงานของ Pérez-Rostro *et al.* (1999) ที่พบว่าความกว้างของปล้องหางที่ 1 ของกุ้งขาวเพศเมียมีค่ามากกว่าเพศผู้

เมื่อจำแนกกุ้งในระยะเก็บเกี่ยวตามจำนวนวันหลังฟักพบว่าสามารถแบ่งออกได้เป็น 5 กลุ่มอายุ คือ 121, 122, 123, 124 และ 125 วันหลังฟัก ผลการทดสอบอิทธิพลของจำนวนวันหลังฟักพบว่า มีอิทธิพลทางสถิติต่อลักษณะน้ำหนักตัว ($P = 0.0003$) ความยาวลำตัว ($P < 0.0001$) ความยาวหาง ($P < 0.0001$) ความยาวหัว ($P = 0.0141$) และอัตราส่วนน้ำหนักตัวต่อความยาวลำตัว ($P < 0.0333$) แต่ไม่มีอิทธิพลต่อลักษณะเปอร์เซ็นต์ความยาวหางและเปอร์เซ็นต์ความยาวหัว ตารางที่ 8 แสดงค่าเฉลี่ยลีสแควร์และค่าความคลาดเคลื่อนมาตรฐานจำแนกตามจำนวนวันหลังฟัก เมื่อเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยลีสแควร์สำหรับลักษณะน้ำหนักตัวและลักษณะความยาวลำตัว พบว่ากุ้งที่ฟักออกจากไข่ 122 วัน มีค่าเฉลี่ยน้ำหนักตัวและความยาวลำตัวมากที่สุด (20.52 ± 0.20 กรัมและ 12.40 ± 0.04 เซนติเมตร) รองมาได้แก่กุ้งที่ฟักออกจากไข่ 123 วัน (19.77 ± 0.14 กรัมและ 12.24 ± 0.03 เซนติเมตร) 125 วัน (19.72 ± 0.13 กรัมและ 12.23 ± 0.03 เซนติเมตร) 124 วัน (19.56 ± 0.09 กรัมและ 12.17 ± 0.02 เซนติเมตร) ส่วนกุ้งที่ฟักออกจากไข่ 121 วัน มีน้ำหนักตัวเฉลี่ยและความยาวลำตัวเฉลี่ยต่ำที่สุด (19.45 ± 0.27 กรัมและ 12.14 ± 0.06 เซนติเมตร)

ลักษณะความยาวหาง และความยาวหัวของกุ้งมีความแตกต่างดังนี้ กุ้งที่ฟักออกจากไข่ 122 วัน มีค่าเฉลี่ยความยาวหาง (9.38 ± 0.04 เซนติเมตร) และความยาวหัวสูงที่สุด (3.02 ± 0.02 เซนติเมตร) กุ้งที่ฟักออกจากไข่ 125 วัน มีค่าเฉลี่ยความยาวหาง และความยาวหัวเท่ากับ 9.24 ± 0.02 และ2.99 ± 0.01 เซนติเมตร กุ้งที่ฟักออกจากไข่123 วัน มีค่าเฉลี่ยความยาวหาง และความยาวหัวเท่ากับ 9.23 ± 0.02 และ 3.00 ± 0.01 เซนติเมตร กุ้งที่ฟักออกจากไข่ 124 วัน มีค่าเฉลี่ยความยาวหางและความยาวหัว เท่ากับ 9.19 ± 0.02 และ 2.98 ± 0.01 เซนติเมตร และกุ้งที่ฟักออกจากไข่ 121 วัน มีค่าเฉลี่ยความยาวหาง (9.19 ± 0.05 เซนติเมตร) และความยาวหัว (2.95 ± 0.02 เซนติเมตร) ต่ำที่สุด

สำหรับลักษณะเปอร์เซ็นต์ความยาวหางและเปอร์เซ็นต์ความยาวหัวพบว่า กุ้งที่ฟักออกจากไข่ 121 วัน มีค่าเฉลี่ยเปอร์เซ็นต์ความยาวหางและความยาวหัวเท่ากับ 75.53 ± 015 และ 24.47 ± 0.15 กุ้งที่ฟักออกจากไข่ 122 วัน มีค่าเฉลี่ยเปอร์เซ็นต์ความยาวหางและความยาวหัวเท่ากับ 75.39 ± 0.11 และ 24.61 ± 0.11 กุ้งที่ฟักออกจากไข่ 123 วัน มีเปอร์เซ็นต์ความยาวหางและความยาวหัวเท่ากับ75.26 ± 0.08 และ 24.74 ± 0.08 กุ้งที่ฟักออกจากไข่ 124 วัน มีค่าเฉลี่ยเปอร์เซ็นต์ความยาว

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

หางเท่ากับ 75.32 ± 0.05 และมีค่าเฉลี่ยเปอร์เซ็นต์ความยาวหัวเท่ากับ 24.68 ± 0.05 และกุ้งที่ฟักออกจากไข่ 125 วัน มีค่าเฉลี่ยเปอร์เซ็นต์ความยาวหางและความยาวหัวเท่ากับ 75.32 ± 0.07 และ 24.68 ± 0.07

ส่วนความแตกต่างของอัตราส่วนน้ำหนักตัวต่อความยาวลำตัวเป็นดังนี้ กุ้งที่ฟักออกจากไข่ 122 วัน มีค่าเฉลี่ยอัตราส่วนน้ำหนักตัวต่อความยาวลำตัวสูงที่สุด (1.64 ± 0.01 กรัมต่อเซนติเมตร) รองลงมาคือ กุ้งที่ฟักออกจากไข่ 123 วัน (1.61 ± 0.01 กรัมต่อเซนติเมตร) 125 วัน (1.61 ± 0.01 กรัมต่อเซนติเมตร) และ 124 วัน (1.60 ± 0.01 กรัมต่อเซนติเมตร) ส่วนกุ้งที่ฟักออกจากไข่ 121 วัน มีอัตราส่วนน้ำหนักตัวต่อความยาวลำตัวเฉลี่ยต่ำที่สุด (1.59 ± 0.02 กรัมต่อเซนติเมตร)

ตารางที่ 8 ค่าเฉลี่ยลีสแควร์ (Least squares means, LSMEAN) และความคลาดเคลื่อนมาตรฐาน (Standard error, S.E.) ของลักษณะที่ทำการศึกษาในระยะเก็บเกี่ยว (อายุ 124 วัน) จำแนกตามจำนวนวันหลังฟัก จำนวนกุ้งทั้งหมด 1,664 ตัว

ลักษณะ	จำนวนวันหลังฟัก (จำนวนกุ้ง)				
	121 (79 ตัว)	122 (144 ตัว)	123 (302 ตัว)	124 (724 ตัว)	125 (415 ตัว)
น้ำหนักตัว (กรัม)	19.45±0.27^{a}	20.52±0.20^{b}	19.77±0.14^{a}	19.56±0.09^{a}	19.72±0.13^{a}
ความยาวลำตัว (เซนติเมตร)	12.14±0.06^{ab}	12.40±0.04^{c}	12.24±0.03^{b}	12.17±0.02^{a}	12.23±0.03^{ab}
ความยาวหาง (เซนติเมตร)	9.19±0.05^{a}	9.38±0.04^{b}	9.23±0.02^{a}	9.19±0.02^{a}	9.24±0.02^{a}
ความยาวหัว (เซนติเมตร)	2.95±0.02^{a}	3.02±0.02^{b}	3.00±0.01^{b}	2.98±0.01^{a}	2.99±0.01^{ab}
เปอร์เซ็นต์ความยาวหาง	75.53±0.15^{a}	75.39±0.11^{a}	75.26±0.08^{a}	75.32±0.05^{a}	75.32±0.07^{a}
เปอร์เซ็นต์ความยาวหัว	24.47±0.15^{a}	24.61±0.11^{a}	24.74±0.08^{a}	24.68±0.05^{a}	24.68±0.07^{a}
อัตราส่วนน้ำหนักตัวต่อความยาวลำตัว (กรัมต่อเซนติเมตร)	1.59±0.02^{a}	1.64±0.01^{b}	1.61±0.01^{a}	1.60±0.01^{a}	1.61±0.01^{a}

หมายเหตุ ค่าเฉลี่ยที่มีตัวอักษรภาษาอังกฤษแตกต่างกัน แสดงถึงความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P < 0.05$)

ผลการทดสอบอิทธิพลของจำนวนวันหลังฟักต่อน้ำหนักตัวของกุ้งขาวครั้งนี้สอดคล้องกับการศึกษาของ Castillo-Juárez *et al.* (2007) ซึ่งรายงานว่าการผลิตกุ้ง 101 ครอบครัว ซึ่งใช้เวลา 23 วันนั้นส่งผลให้น้ำหนักตัวเฉลี่ยระยะเก็บเกี่ยวของแต่ละครอบครัวแตกต่างกัน ($P <$

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

0.05) ส่วน Argue *et al*. (2002) พบความสัมพันธ์เชิงเส้นตรงระหว่างจำนวนวันที่ฟักและน้ำหนักตัวของกุ้งขาว

การทดสอบอิทธิพลของบ่อ พบว่ามีอิทธิพลทางสถิติต่อลักษณะน้ำหนักตัว ($P < 0.0001$) ความยาวลำตัว ($P < 0.0001$) ความยาวหาง ($P < 0.0001$) ความยาวหัว ($P < 0.0001$) เปอร์เซ็นต์ความยาวหาง ($P < 0.0001$) เปอร์เซ็นต์ความยาวหัว ($P < 0.0001$) และอัตราส่วนน้ำหนักตัวต่อความยาวลำตัว ($P < 0.0001$) ตารางที่ 9 แสดงค่าเฉลี่ยลีสแควร์และค่าความคลาดเคลื่อนมาตรฐานจำแนกตามบ่อที่มีอิทธิพลต่อลักษณะที่ศึกษา บ่อที่ 1 และ 2 เป็นบ่อปูนขนาด 20 ตัน ความหนาแน่น 50 และ 25 ตัวต่อตารางเมตร ตามลำดับ บ่อที่ 3 เลี้ยงในกระชังขนาด 3 ตารางเมตร ในบ่อเลี้ยงกุ้งของเกษตรกรซึ่งอยู่ในโรงเรือน เลี้ยงกุ้งโดยใช้ระบบไบโอฟลอคที่ความหนาแน่น 100 ตัวต่อตารางเมตร เมื่อเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยลีสแควร์ พบว่ากุ้งในบ่อที่ 3 มีค่าเฉลี่ยของลักษณะน้ำหนักตัว (23.25 ± 0.16 กรัม) และความยาวลำตัว (14.16 ± 0.04 เซนติเมตร) สูงที่สุด รองมาได้แก่ กุ้งในบ่อที่ 2 (18.20 ± 0.12 กรัม และ11.27 ± 0.03 เซนติเมตร) และกุ้งในบ่อที่ 1 มีค่าเฉลี่ยของลักษณะน้ำหนักตัว (17.97 ± 0.09 กรัม) และความยาวลำตัว (11.27 ± 0.02 เซนติเมตร) ต่ำที่สุด

เมื่อพิจารณาความยาวหางและความยาวหัวพบว่า กุ้งในบ่อที่ 3 มีค่าเฉลี่ยของลักษณะความยาวหาง (11.03 ± 0.03 เซนติเมตร) และความยาวหัว (3.13 ± 0.01 เซนติเมตร) สูงที่สุด และไม่มีความแตกต่างของลักษณะความยาวหัวและความยาวหางระหว่างกุ้งในบ่อที่ 1 (8.35 ± 0.02 และ 2.91 ± 0.01 เซนติเมตร) และบ่อที่ 2 (8.35 ± 0.02 และ 2.92 ± 0.01 เซนติเมตร) สำหรับลักษณะเปอร์เซ็นต์ความยาวหางและความยาวหัวพบว่ากุ้งในบ่อที่ 3 มีค่าเฉลี่ยของลักษณะเปอร์เซ็นต์ความยาวหางสูงที่สุด (77.88 ± 0.09) แต่มีค่าเฉลี่ยเปอร์เซ็นต์ความยาวหัวต่ำที่สุด (22.12 ± 0.09) กุ้งในบ่อที่ 1 มีค่าเฉลี่ยของลักษณะเปอร์เซ็นต์ความยาวหางเท่ากับ 74.14 ± 0.07 และค่าเฉลี่ยเปอร์เซ็นต์ความยาวหัวเท่ากับ 25.86 ± 0.05 และกุ้งในบ่อที่ 2 มีค่าเฉลี่ยเปอร์เซ็นต์ความยาวหางต่ำที่สุด (74.07 ± 0.07) แต่มีค่าเฉลี่ยของลักษณะเปอร์เซ็นต์ความยาวหัวสูงที่สุด (25.93 ± 0.07) เมื่อเปรียบเทียบลักษณะอัตราส่วนน้ำหนักตัวต่อความยาวลำตัวพบว่ากุ้งในบ่อที่ 3 มีค่าเฉลี่ยของลักษณะอัตราส่วนน้ำหนักตัวต่อความยาวลำตัวสูงที่สุด (1.64 ± 0.01 กรัมต่อเซนติเมตร) รองลงมาคือกุ้งในบ่อที่ 2 (1.60 ± 0.01 กรัมต่อเซนติเมตร) และกุ้งในบ่อที่ 1 มีค่าเฉลี่ยอัตราส่วนน้ำหนักตัวต่อความยาวลำตัวต่ำที่สุด (1.59 ± 0.01 กรัมต่อเซนติเมตร) สาเหตุที่กุ้งในบ่อที่ 3 มีค่าเฉลี่ยของลักษณะน้ำหนักตัวและความยาวลำตัวมากกว่าบ่อที่ 1 และ 2 เนื่องจากบ่อที่ 3 เลี้ยงกุ้งในโรงเรือนปิดที่มีการควบคุมอุณหภูมิได้ดีกว่าบ่อปูน (บ่อที่ 1 และ 2) นอกจากนี้บ่อที่ 3 เลี้ยงกุ้งโดยใช้ระบบไบโอฟลอค ซึ่งกุ้ง

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

สามารถใช้ไบโอฟลอคเป็นอาหารได้ ทำให้ในบ่อที่ 3 มีอาหารธรรมชาติเพิ่มเติมจากอาหารสำเร็จรูป สอดคล้องกับงานวิจัยของ Wilson *et al*. (2006) ที่ระบุว่ากุ้งที่เลี้ยงด้วยอาหารที่มีโปรตีนสูง (35%) กุ้งในบ่อที่มีไบโอฟลอคมีการเจริญเติบโตดีกว่ากุ้งในบ่อที่เลี้ยงด้วยน้ำเค็มทั่วไป โดยภาพรวมผลการทดสอบอิทธิพลของบ่อต่อน้ำหนักตัวกุ้งระยะเก็บเกี่ยวครั้งนี้สอดคล้องกับผลการศึกษาของ Chow and Sandifer (1991) Gitterle *et al.* (2005a) และ Castillo-Juárez *et al.* (2007) กำหนดให้บ่อเป็นปัจจัยกำหนดในการประมาณพารามิเตอร์ทางพันธุกรรมของกุ้งขาวในระยะเก็บเกี่ยว

ตารางที่ 9 ค่าเฉลี่ยลีสแควร์ (least squares means, LSMEAN) และความคลาดเคลื่อนมาตรฐาน (standard error, S.E.) ของลักษณะที่ทำการศึกษาในระยะเก็บเกี่ยว (อายุ 124 วัน) จำแนกตามบ่อ (บ่อที่ 1, 2 และ 3 มีความหนาแน่น 50, 25 และ 100 ตัวต่อตารางเมตร)

ลักษณะ	บ่อที่ (จำนวนกุ้ง)		
	1 (946 ตัว)	2 (478 ตัว)	3 (240 ตัว)
น้ำหนักตัว (กรัม)	17.97±0.09[a]	18.20±0.12[a]	23.25±0.16[b]
ความยาวลำตัว (เซนติเมตร)	11.27±0.02[a]	11.27±0.03[a]	14.16±0.04[b]
ความยาวหาง (เซนติเมตร)	8.35±0.02[a]	8.35±0.02[a]	11.03±0.03[b]
ความยาวหัว (เซนติเมตร)	2.91±0.01[a]	2.92±0.01[a]	3.13±0.01[b]
เปอร์เซ็นต์ความยาวหาง	74.14±0.05[a]	74.07±0.07[a]	77.88±0.09[b]
เปอร์เซ็นต์ความยาวหัว	25.86±0.05[b]	25.93±0.07[b]	22.12±0.09[a]
อัตราส่วนน้ำหนักตัวต่อความยาวลำตัว (กรัมต่อเซนติเมตร)	1.59±0.01[a]	1.60±0.01[b]	1.64±0.01[c]

หมายเหตุ ค่าเฉลี่ยที่มีตัวอักษรภาษาอังกฤษแตกต่างกัน แสดงถึงความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P < 0.05$)

เมื่อทดสอบอิทธิพลร่วมระหว่างพันธุกรรมและสิ่งแวดล้อม (genotype-environment interaction) ที่มีต่อลักษณะน้ำหนักตัว ความยาวลำตัว ความยาวหาง ความยาวหัว เปอร์เซ็นต์ความยาวหาง เปอร์เซ็นต์ความยาวหัว และอัตราส่วนน้ำหนักตัวต่อความยาวลำตัว โดยเพิ่มตัวแปรที่เกิดจากปฏิกริยาร่วมระหว่างบ่อและครอบครัวในสมการเดิม พบว่าอิทธิพลร่วมระหว่างบ่อและ

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ครอบครัวส่งผลให้น้ำหนักตัว ความยาวลำตัว ความยาวหาง ความยาวหัว เปอร์เซ็นต์ความยาวหาง เปอร์เซ็นต์ความยาวหัว และอัตราส่วนน้ำหนักตัวต่อความยาวลำตัวของกุ้งในระยะเก็บเกี่ยวแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P < 0.001$) สอดคล้องกับผลการทดลองของ Argue *et al.* (2002) ที่รายงานว่า อิทธิพลร่วมระหว่างพันธุกรรมและสิ่งแวดล้อมมีผลทำให้น้ำหนักตัวของกุ้งขาว (น้ำหนักตัวเฉลี่ย 25 กรัม) แตกต่างจากผลการศึกษาของ Pérez-Rostro and Ibarra (2003a) ที่ทดลองในกุ้งน้ำหนักตัวเฉลี่ย 16.1 กรัม พบว่าอิทธิพลร่วมระหว่างครอบครัวและสิ่งแวดล้อมไม่มีผลต่อลักษณะ น้ำหนักตัว ความยาวลำตัว ความยาวหัว ความยาวหาง น้ำหนักตัว น้ำหนักหางและความกว้างของปล้องหางที่ 1

เมื่อนำค่าเฉลี่ยของลักษณะน้ำหนักตัว ความยาวลำตัว ความยาวหาง ความยาวหัว เปอร์เซ็นต์ความยาวหาง เปอร์เซ็นต์ความยาวหัว และอัตราส่วนน้ำหนักตัวต่อความยาวลำตัวของกุ้งแต่ละครอบครัวในแต่ละสิ่งแวดล้อมมาเรียงลำดับ และหาค่าสหสัมพันธ์ระหว่างลำดับของค่าเฉลี่ยในแต่ละลักษณะ พบว่าลักษณะน้ำหนักตัวมีค่าสหสัมพันธ์ระหว่างบ่อ 1 และ 2, บ่อ 1 และ 3 และบ่อ 2 และ 3 เท่ากับ 0.81, 0.77 และ 0.63 ตามลำดับ ลักษณะความยาวลำตัวมีค่าสหสัมพันธ์ระหว่างบ่อ 1 และ 2, บ่อ 1 และ 3 และ บ่อ 2 และ 3 เท่ากับ 0.80 , 0.80 และ 0.76 ตามลำดับ ลักษณะความยาวหางมีค่าสหสัมพันธ์ระหว่างบ่อ 1 และ 2, บ่อ 1 และ 3 และ บ่อ 2 และ 3 เท่ากับ 0.69 , 0.69 และ 0.62 ตามลำดับ ลักษณะความยาวหัวมีค่าสหสัมพันธ์ระหว่างบ่อ 1 และ 2, บ่อ 1 และ 3 และ บ่อ 2 และ 3 เท่ากับ 0.73 , 0.90 และ 0.63 ตามลำดับ ลักษณะเปอร์เซ็นต์ความยาวหางมีค่าสหสัมพันธ์ระหว่างบ่อ 1 และ 2, บ่อ 1 และ 3 และ บ่อ 2 และ 3 เท่ากับ 0.76 , 0.31 และ 0.38 ตามลำดับ ลักษณะเปอร์เซ็นต์ความยาวหัวมีค่าสหสัมพันธ์ระหว่างบ่อ 1 และ 2, บ่อ 1 และ 3 และ บ่อ 2 และ 3 เท่ากับ 0.76 , 0.31 และ 0.38 ตามลำดับ ลักษณะอัตราส่วนน้ำหนักตัวต่อความยาวลำตัวมีค่าสหสัมพันธ์ระหว่างบ่อ 1 และ 2, บ่อ 1 และ 3 และ บ่อ 2 และ 3 เท่ากับ 0.88 , 0.59 และ 0.58 ตามลำดับ โดยส่วนใหญ่ค่าสหสัมพันธ์ของลำดับที่ค่าเฉลี่ยของแต่ละลักษณะระหว่างบ่อมีค่าสูง สอดคล้องกับผลการทดลองของ Argue *et al.* (2002) ที่รายงานว่าลำดับที่ของค่าเฉลี่ยน้ำหนักตัวของครอบครัวระหว่างสิ่งแวดล้อมมีความคล้ายคลึงกัน ($r > 0.90$) แต่ค่าสหสัมพันธ์ของลำดับที่ค่าเฉลี่ยของลักษณะเปอร์เซ็นต์ความยาวหาง เปอร์เซ็นต์ความยาวหัวและอัตราส่วนน้ำหนักตัวต่อความยาวลำตัวมีค่าต่ำโดยเฉพาะระหว่างบ่อที่ 1 และ 3 และบ่อที่ 2 และ 3 แสดงให้เห็นว่าในลักษณะดังกล่าวอิทธิพลร่วมระหว่างพันธุกรรมและสิ่งแวดล้อมมีผลทำให้ลำดับที่ของครอบครัวเปลี่ยนแปลงอิทธิพลร่วมระหว่างพันธุกรรมและสิ่งแวดล้อมมีค่ามาก เมื่อความแตกต่างทางด้านพันธุกรรมหรือสิ่งแวดล้อมมีค่ามาก (Falconer and Mackay, 1996) ในการทดลองนี้บ่อที่ 1 และ 2 ถูกจัดอยู่ในที่

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

เดียวกัน ใช้น้ำจากแหล่งเดียวกัน และมีรูปแบบการจัดการที่เหมือนกัน และแตกต่างจากบ่อที่ 3 ที่มีระบบการเลี้ยงที่ต่างออกไป อาจส่งผลให้อิทธิพลร่วมระหว่างพันธุกรรมและสิ่งแวดล้อมระหว่างบ่อที่ 1 และ 3 และบ่อที่ 2 และ 3 มีค่ามาก

3. ค่าอัตราพันธุกรรม

3.1 ค่าอัตราพันธุกรรมสำหรับลักษณะที่ศึกษาในระยะทำเครื่องหมาย

การประมาณค่าอัตราพันธุกรรมของลักษณะต่างๆ ในระยะทำเครื่องหมาย (อายุ 77 วัน น้ำหนัก 3.92 กรัม) ใช้แบบจำลองสัตว์สองตัวแปร ซึ่งจะทำให้ลักษณะแต่ละลักษณะถูกวิเคราะห์ร่วมกับลักษณะอื่นๆหลายครั้ง ตัวอย่างเช่น น้ำหนักตัวถูกวิเคราะห์ร่วมกับลักษณะอื่นรวมทั้งหมด 6 ครั้ง คือ น้ำหนักตัวกับความยาวลำตัว น้ำหนักตัวกับความยาวหาง น้ำหนักตัวกับความยาวหัว น้ำหนักตัวกับเปอร์เซ็นต์ความยาวหาง น้ำหนักตัวกับเปอร์เซ็นต์ความยาวหัว และน้ำหนักตัวกับอัตราส่วนน้ำหนักตัวต่อความยาวลำตัว เป็นต้น พบว่าองค์ประกอบความแปรปรวนทางพันธุกรรมและสิ่งแวดล้อมที่ประมาณได้แต่ละครั้งมีความแตกต่างกันเล็กน้อย แต่เมื่อนำมาคำนวณหาอัตราพันธุกรรมพบว่ามีค่าเดียวกันทั้งหมด และในการทดลองนี้กำหนดให้องค์ประกอบความแปรปรวนที่ใช้ในการคำนวณอัตราพันธุกรรมของแต่ละลักษณะได้มาจากการวิเคราะห์ร่วมกับน้ำหนักตัว และอัตราพันธุกรรมของลักษณะน้ำหนักตัวใช้องค์ประกอบความแปรปรวนที่ได้จากการวิเคราะห์ร่วมกับลักษณะความยาวลำตัว

จากการทดสอบปัจจัยที่มีอิทธิพลต่อลักษณะต่างๆ พบว่า จำนวนวันหลังฟักเป็นปัจจัยที่มีอิทธิพลต่อน้ำหนักตัว ความยาวลำตัว ความยาวหาง ความยาวหัว เปอร์เซ็นต์ความยาวหาง เปอร์เซ็นต์ความยาวหัวและอัตราส่วนน้ำหนักตัวต่อความยาวลำตัว จึงกำหนดให้จำนวนวันหลังฟักเป็นปัจจัยกำหนด เพื่อใช้ในการประมาณองค์ประกอบของความแปรปรวนและคำนวณค่าอัตราพันธุกรรมของลักษณะทุกลักษณะ (ตารางที่ 10)

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ตารางที่ 10 ค่าอัตราพันธุกรรม (Heritability, h^2) และความคลาดเคลื่อนมาตรฐาน (Standard error, S.E.) ของลักษณะที่ทำการศึกษาในกุ้งขาวอายุ 77 วัน น้ำหนักตัว 3.92 กรัม

ลักษณะ	$h^2 \pm$ S.E.
น้ำหนักตัว	0.60 ± 0.20
ความยาวลำตัว	0.54 ± 0.19
ความยาวหาง	0.50 ± 0.19
ความยาวหัว	0.59 ± 0.20
เปอร์เซ็นต์ความยาวหาง	0.24 ± 0.11
เปอร์เซ็นต์ความยาวหัว	0.24 ± 0.11
อัตราส่วนน้ำหนักตัวต่อความยาวลำตัว	0.58 ± 0.20

ผลการทดลองพบว่ากุ้งในระยะทำเครื่องหมาย อายุ 77 วัน น้ำหนักตัว 3.92 กรัม มีค่าอัตราพันธุกรรมของน้ำหนักตัวเท่ากับ 0.60 ± 0.02 ค่าอัตราพันธุกรรมของความยาวลำตัวเท่ากับ 0.54 ± 0.19 ค่าอัตราพันธุกรรมของความยาวหางเท่ากับ 0.50 ± 0.19 ค่าอัตราพันธุกรรมของความยาวหัวเท่ากับ 0.59 ± 0.20 ค่าอัตราพันธุกรรมของเปอร์เซ็นต์ความยาวหางเท่ากับ 0.24 ± 0.11 ค่าอัตราพันธุกรรมของเปอร์เซ็นต์ความยาวหัวเท่ากับ 0.24 ± 0.11 และค่าอัตราพันธุกรรมของอัตราส่วนน้ำหนักตัวต่อความยาวลำตัวเท่ากับ 0.58 ± 0.20

อัตราพันธุกรรมสำหรับลักษณะน้ำหนักตัว ความยาวลำตัว ความยาวหาง ความยาวหัว และอัตราส่วนน้ำหนักตัวต่อความยาวลำตัวของกุ้งขาวในระยะทำเครื่องหมายมีค่าสูงเช่นเดียวกับผลการศึกษาของ Péroz-Rostro *et al.* (1999) ซึ่งเลี้ยงกุ้งขาวในบ่อเป็นเวลา 58 วัน กุ้งมีน้ำหนักตัวเฉลี่ย 4.21 กรัม พบว่าอัตราพันธุกรรมสำหรับลักษณะน้ำหนักตัวมีค่าเท่ากับ 0.84 ± 0.17 อัตราพันธุกรรมสำหรับลักษณะความยาวลำตัวมีค่าเท่ากับ 0.86 ± 0.18 อัตราพันธุกรรมสำหรับลักษณะน้ำหนักหางมีค่าเท่ากับ 0.87 ± 0.18 อัตราพันธุกรรมสำหรับลักษณะน้ำหนักหัวมีค่าเท่ากับ 0.89 ± 0.18 และอัตราพันธุกรรมสำหรับลักษณะความกว้างของปล้องหางที่ 1 มีค่าเท่ากับ 0.97 ± 0.17 ซึ่ง Péroz-Rostro *et al.* (1999) อธิบายสาเหตุที่อัตราพันธุกรรมของลักษณะต่างๆ มีค่าสูงว่า เกิดจากอิทธิพลสุ่มจากสิ่งแวดล้อมที่มีต่อสัตว์ในครอบครัวเดียวกัน ประกอบด้วยอิทธิพลของแม่และอิทธิพลของบ่ออนุบาล ซึ่งอิทธิพลของแม่มีผลต่อพัฒนาการของสัตว์ในระยะเริ่มต้น (Falconer and Mackay, 1996) เช่น กุ้งจะไม่กินอาหารจนเข้าสู่ระยะ Zoea I ดังนั้นความสมบูรณ์ของไข่จะมี

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

อิทธิพลต่อพัฒนาการของกุ้งในระยะ Zoea I ขณะที่อิทธิพลของบ่ออนุบาลเกิดจากการเลี้ยงกุ้งแยกครอบครัวทำให้สิ่งแวดล้อมแต่ละครอบครัวแตกต่างกัน โดยเฉพาะความหนาแน่นของกุ้งภายในบ่ออนุบาล ทั้งนี้อิทธิพลของแม่และอิทธิพลของบ่อเลี้ยงทำให้ความแปรปรวนร่วมภายในครอบครัวเพิ่มขึ้นและเพิ่มความแปรปรวนระหว่างครอบครัว ส่งผลให้ค่าอัตราพันธุกรรมที่ประมาณได้มีค่าสูง ในทำนองเดียวกันการทดลองครั้งนี้เลี้ยงกุ้งแยกครอบครัวจำนวน 12 ครอบครัว แม้ว่ามีการปล่อยกุ้งจำนวนเท่ากันในครั้งแรก แต่เมื่อเลี้ยงไปได้ระยะหนึ่งความหนาแน่นจะแตกต่างกัน เนื่องจากอัตราการตายของกุ้งในแต่ละครอบครัวไม่เท่ากัน ทำให้ความแปรปรวนร่วมภายในครอบครัวกุ้งเพิ่มขึ้น ความหนาแน่นของกุ้งที่แตกต่างกันภายในบ่ออนุบาลแต่ละบ่อในการศึกษาครั้งนี้ อาจมีผลต่อการแสดงออกทางพันธุกรรมและอัตราพันธุกรรมของประชากรกุ้งสำหรับน้ำหนักตัวในระยะทำเครื่องหมาย แต่ปัจจัยดังกล่าวไม่ถูกนำมาพิจารณาในโมเดลทำนายคุณค่าการผสมพันธุ์ เนื่องจากลูกกุ้งที่เลี้ยงในบ่อแต่ละบ่อนั้นมาจากครอบครัวที่แตกต่างกัน ดังนั้น ความแตกต่างของบ่อแต่ละบ่อในเรื่องความหนาแน่นของกุ้งจึงแสดงถึงความแตกต่างของครอบครัวเช่นกัน ด้วยเหตุนี้ การนำบ่อมาพิจารณาในโมเดลร่วมกับครอบครัวจะทำให้การประมาณองค์ประกอบของความผันแปรทางพันธุกรรมและการทำนายคุณค่าการผสมพันธุ์ด้วยโมเดลดังกล่าวไม่สามารถทำได้ เช่นเดียวกับน้ำหนักตัวเฉลี่ยที่แตกต่างกันของกุ้งแต่ละครอบครัวในระยะทำเครื่องหมาย ที่อาจมีผลต่อการแสดงออกทางพันธุกรรมและอัตราพันธุกรรมของประชากรกุ้งสำหรับน้ำหนักตัวในระยะเก็บเกี่ยว แต่ปัจจัยดังกล่าวไม่ถูกนำมาพิจารณาในโมเดล

เมื่อเปรียบเทียบกับการศึกษาของ Pérez-Rostro and Ibarra (2003b) ที่ศึกษาในกุ้งขาวอายุ 119 วัน พบว่าค่าอัตราพันธุกรรมของลักษณะต่างๆ ของกุ้งขาว มีค่ามากกว่าอัตราพันธุกรรมที่ได้จากการศึกษาครั้งนี้ โดย Pérez-Rostro and Ibarra (2003b) รายงานว่ากุ้งขาวน้ำหนักตัวเฉลี่ย 2.95 กรัม มีค่าอัตราพันธุกรรมของลักษณะน้ำหนักตัวเท่ากับ 0.20 ± 0.17 อัตราพันธุกรรมสำหรับลักษณะความยาวลำตัวเท่ากับ 0.15 ± 0.16 อัตราพันธุกรรมสำหรับลักษณะความยาวหางเท่ากับ 0.20 ± 0.17 และอัตราพันธุกรรมสำหรับลักษณะความกว้างของหางปล้องที่ 1 เท่ากับ 0.22 ± 0.17 ทั้งนี้ Pérez-Rostro and Ibarra (2003b) นำกุ้งขนาด 1-3 กรัม ทำเครื่องหมายและเลี้ยงรวมในบ่อเดียวกันทำให้อิทธิพลของบ่อเลี้ยงลดลง

อย่างไรก็ตามการสร้างประชากรครอบครัวกุ้งขาวที่มีความสัมพันธ์กันแบบฮาล์ฟสิบสามารถลดความคลาดเคลื่อนของการประมาณพารามิเตอร์ทางพันธุกรรมที่เกิดจากอิทธิพลสุ่มจากสิ่งแวดล้อมทั่วไปที่มีต่อสัตว์ในครอบครัวเดียวกัน เนื่องจากในการวิเคราะห์สามารถแยกความ

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

แปรปรวนที่เกิดจากอิทธิพลจากสิ่งแวดล้อมทั่วไปที่มีต่อสัตว์ในครอบครัวเดียวกัน ออกจากความแปรปรวนที่เกิดจากอิทธิพลผลบวกได้ (Gitterle *et al.*, 2005a, Gitterle *et al.,* 2005b, Maluwa *et al.,* 2006, Castillo-Juárez *et al.,* 2007) แต่การทดลองนี้ไม่สามารถแยกอิทธิผลสุ่มของสิ่งแวดล้อมที่มีต่อสัตว์ในครอบครัวเดียวกันออกไปได้ เนื่องจากครอบครัวกุ้งขาวทั้งหมดมีความสัมพันธ์กันแบบฟูลสิบเท่านั้น

3.2 ค่าอัตราพันธุกรรมสำหรับลักษณะที่ทำการศึกษาในระยะเก็บเกี่ยว

การประมาณค่าอัตราพันธุกรรมของลักษณะต่างๆ ในระยะเก็บเกี่ยว (อายุ 124 วัน น้ำหนัก 18.70 กรัม) ใช้แบบจำลองสัตว์สองตัวแปร ซึ่งจะทำให้ลักษณะแต่ละลักษณะถูกวิเคราะห์ร่วมกับลักษณะอื่นๆหลายครั้ง ตัวอย่างเช่น น้ำหนักตัวถูกวิเคราะห์ร่วมกับลักษณะอื่นรวมทั้งหมด 6 ครั้ง คือ น้ำหนักตัวกับความยาวลำตัว น้ำหนักตัวกับความยาวหาง น้ำหนักตัวกับความยาวหัว น้ำหนักตัวกับเปอร์เซ็นต์ความยาวหาง น้ำหนักตัวกับเปอร์เซ็นต์ความยาวหัว และน้ำหนักตัวกับอัตราส่วนน้ำหนักตัวต่อความยาวลำตัว เป็นต้น พบว่าองค์ประกอบความแปรปรวนทางพันธุกรรมและสิ่งแวดล้อมที่ประมาณได้แต่ละครั้งมีความแตกต่างกันเล็กน้อย แต่เมื่อนำมาคำนวณหาอัตราพันธุกรรมพบว่ามีค่าเดียวกันทั้งหมด และในการทดลองนี้กำหนดให้องค์ประกอบความแปรปรวนที่ใช้ในการคำนวณอัตราพันธุกรรมของแต่ละลักษณะได้มาจากการวิเคราะห์ร่วมกับน้ำหนักตัว และอัตราพันธุกรรมของลักษณะน้ำหนักตัวใช้องค์ประกอบความแปรปรวนที่ได้จากการวิเคราะห์ร่วมกับลักษณะความยาวลำตัว จากการทดสอบปัจจัยที่มีอิทธิพลต่อลักษณะต่างๆ พบว่า เพศ จำนวนวันหลังฟักและบ่อ เป็นปัจจัยที่มีอิทธิพลต่อน้ำหนักตัว ความยาวลำตัว ความยาวหาง ความยาวหัว และอัตราส่วนน้ำหนักตัวต่อความยาวลำตัว ในขณะที่เพศและบ่อเป็นปัจจัยที่มีอิทธิพลต่อลักษณะเปอร์เซ็นต์ความยาวหางและเปอร์เซ็นต์ความยาวหัว แต่อย่างไรก็ตามการประมาณองค์ประกอบความแปรปรวนของลักษณะเปอร์เซ็นต์ความยาวหางและเปอร์เซ็นต์ความยาวหัว ได้ทำการวิเคราะห์ร่วมกับลักษณะน้ำหนักตัว ซึ่งจำนวนวันหลังฟักมีอิทธิพลต่อลักษณะดังกล่าว ในการทดลองนี้จึงกำหนดให้จำนวนวันหลังฟักเป็นปัจจัยกำหนดที่ใช้ในการประมาณองค์ประกอบความแปรปรวนของลักษณะเปอร์เซ็นต์ความยาวหางและเปอร์เซ็นต์ความยาวหัว ดังนั้นในการประมาณค่าองค์ประกอบความแปรปรวนของลักษณะทุกลักษณะกำหนดให้เพศ จำนวนวันหลังฟักและบ่อเป็นปัจจัยกำหนด ค่าอัตราพันธุกรรมที่ประมาณได้แสดงในตารางที่ 11

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ตารางที่ 11 ค่าอัตราพันธุกรรม (Heritability, h^2) และความคลาดเคลื่อนมาตรฐาน (Standard error, S.E.) ของลักษณะที่ทำการศึกษาในกุ้งขาวอายุ 124 วัน น้ำหนักตัว 18.70 กรัม

ลักษณะ	$h^2 \pm$ S.E.
น้ำหนักตัว	0.37 ± 0.14
ความยาวลำตัว	0.34 ± 0.13
ความยาวหาง	0.35 ± 0.13
ความยาวหัว	0.13 ± 0.06
เปอร์เซ็นต์ความยาวหาง	0.05 ± 0.03
เปอร์เซ็นต์ความยาวหัว	0.05 ± 0.03
อัตราส่วนน้ำหนักตัวต่อความยาวลำตัว	0.34 ± 0.13

ผลการทดลองพบว่ากุ้งในระยะเก็บเกี่ยว (อายุ 124 วัน) มีค่าอัตราพันธุกรรมของลักษณะน้ำหนักตัวเท่ากับ 0.37 ± 0.14 ค่าอัตราพันธุกรรมของความยาวลำตัวเท่ากับ 0.34 ± 0.13 ค่าอัตราพันธุกรรมของความยาวหางเท่ากับ 0.35 ± 0.13 ค่าอัตราพันธุกรรมของความยาวหัวเท่ากับ 0.13 ± 0.06 ค่าอัตราพันธุกรรมของเปอร์เซ็นต์ความยาวหางเท่ากับ 0.05 ± 0.03 ค่าอัตราพันธุกรรมเปอร์เซ็นต์ของความยาวหัวเท่ากับ 0.05 ± 0.03 และค่าอัตราพันธุกรรมของอัตราส่วนน้ำหนักตัวต่อความยาวลำตัวเท่ากับ 0.34 ± 0.13 ค่าอัตราพันธุกรรมของลักษณะต่างๆ ในกุ้งจากรายงานหลายฉบับพบว่ามีค่าอยู่ในช่วงที่กว้าง โดยเฉพาะอัตราพันธุกรรมของลักษณะน้ำหนักตัวในกุ้งขาวที่มีการศึกษากันมากพบว่ามีค่าอยู่ในช่วง 0.17 ถึง 1.32 (ตารางที่ 3) โดยความแตกต่างของค่าอัตราพันธุกรรมมีสาเหตุหลายประการเช่น ขนาดประชากรที่ใช้ในการประมาณค่า ความถูกต้องในการจัดเก็บข้อมูลและวิธีการที่ใช้ในการประมาณค่า เป็นต้น (Falconer and Mackay, 1996)

เมื่อเปรียบเทียบค่าอัตราพันธุกรรมของน้ำหนักตัวกุ้งขาวในระยะเก็บเกี่ยวจากการทดลองครั้งนี้กับค่าอัตราพันธุกรรมของลักษณะเดียวกันในรายงานฉบับอื่นที่ใช้วิธี REML และในสมการไม่มีปัจจัยที่เกิดจากอิทธิพลสุ่มจากสิ่งแวดล้อมที่มีต่อสัตว์ในครอบครัวเดียวกัน พบว่าอัตราพันธุกรรมของลักษณะน้ำหนักตัวในการศึกษาครั้งนี้ (0.37 ± 0.14) มีค่าอยู่ระหว่างค่าอัตราพันธุกรรมของลักษณะน้ำหนักตัวในรายงานของ Péroz-Rostro and Ibarra (2003a) ที่มีค่าเท่ากับ 0.17 ± 0.06 และในรายงานของ Castillo-Juárez *et al.* (2007) ที่มีค่าเท่ากับ 0.45 ± 0.06 และเมื่อเปรียบเทียบกับอัตราพันธุกรรมของลักษณะน้ำหนักตัวของกุ้งกุลาดำที่ใช้วิธีการประมาณค่าแบบ

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

เดียวกัน พบว่ามีค่าใกล้เคียงกับรายงานของ Coman *et al.* (2010) (0.32 ± 0.13) ที่ศึกษาในกุ้งน้ำหนักตัวเฉลี่ย 18.91 ± 0.74 กรัม และมีค่าน้อยกว่ารายงานของ Kenway *et al.* (2006) (0.55 ± 0.07) ที่ศึกษาในกุ้งอายุ 30 สัปดาห์

การศึกษาค่าอัตราพันธุกรรมของลักษณะขนาดลำตัวของกุ้งขาวในระยะเก็บเกี่ยวนั้นยังมีการศึกษาค่อนข้างน้อย และมีเพียงรายงานฉบับเดียวเท่านั้นที่ใช้วิธีการคำนวณใกล้เคียงกับการศึกษาครั้งนี้คือ การศึกษาของ Péroz-Rostro and Ibarra (2003a) ซึ่งรายงานค่าอัตราพันธุกรรมของลักษณะความยาวลำตัว (0.22 ± 0.07) อัตราพันธุกรรมของลักษณะความยาวหาง (0.23 ± 0.07) และอัตราพันธุกรรมของลักษณะความกว้างของปล้องหางที่ 1 (0.14 ± 0.05) ซึ่งค่าอัตราพันธุกรรมเหล่านี้น้อยกว่าค่าที่ประมาณได้จากการศึกษานี้ (0.34 ± 0.13 สำหรับความยาวลำตัว 0.35 ± 0.13 สำหรับความยาวหางและ 0.34 ± 0.13 สำหรับอัตราส่วนน้ำหนักตัวต่อความยาวลำตัว) แต่อัตราพันธุกรรมของลักษณะความยาวหัวที่ประมาณได้จากการศึกษานี้ (0.13 ± 0.06) มีค่าน้อยกว่าค่า (0.17 ± 0.06) ที่รายงานโดย Péroz-Rostro and Ibarra (2003a) ในขณะที่การศึกษาเกี่ยวกับอัตราพันธุกรรมของลักษณะเปอร์เซ็นต์ความยาวหางไม่พบรายงานที่ใช้วิธี REML มีแต่รายงานของ Argue *et al.* (2002) ที่ใช้วิธี ANOVA พบว่าอัตราพันธุกรรมของลักษณะเปอร์เซ็นต์น้ำหนักหางมีค่าเท่ากับ 0.15 ± 0.12 ซึ่งมากกว่าค่าที่ประมาณได้ในการศึกษานี้ (0.05 ± 0.03) เมื่อเปรียบเทียบค่าอัตราพันธุกรรมของเปอร์เซ็นต์ความยาวหางกับค่าอัตราพันธุกรรมของเปอร์เซ็นต์เนื้อในปลาซึ่งเป็นลักษณะที่คล้ายคลึงกัน และใช้วิธีการในการประมาณค่าแบบเดียวกัน พบว่ามีค่าใกล้เคียงกับรายงานของ Neira *et al.* (2004) ศึกษาในปลา *Oncorhynchus kisutch* (0.11±0.05) และรายงานของ Navarro *et al*. (2009) ที่ศึกษาในปลา *Sparus auratus* (0.12±0.03)

สาเหตุที่อัตราพันธุกรรมของลักษณะเปอร์เซ็นต์ความยาวหางและเปอร์เซ็นต์ความยาวหัวมีค่าต่ำ เกิดจากลักษณะทั้งสองเป็นการพิจารณาสองลักษณะควบคู่กัน เช่นลักษณะเปอร์เซ็นต์ความยาวหาง เป็นการพิจารณาลักษณะความยาวลำตัวคู่กับความยาวหางในรูปของอัตราส่วน ซึ่งลักษณะความยาวลำตัวและความยาวหางเป็นลักษณะที่มีสหสัมพันธ์ทางพันธุกรรมสูง แต่ลักษณะเปอร์เซ็นต์ความยาวหางเป็นการพิจารณาลักษณะความยาวลำตัวและความยาวหางในลักษณะตรงกันข้าม คือเมื่อต้องการให้เปอร์เซ็นต์ความยาวหางเพิ่มขึ้น ความยาวหางต้องเพิ่มขึ้นแต่ความยาวลำตัวคงที่ หรือความยาวลำตัวต้องลดลงแต่ความยาวหางต้องคงที่ แต่สหสัมพันธ์ทางพันธุกรรมของลักษณะทั้งสองมีค่าสูงทำให้เป็นไปได้ยากที่จะเกิดกรณีดังกล่าว ส่งผลให้อัตราพันธุกรรมมีค่าต่ำ

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

Tave (1986) แบ่งอัตราพันธุกรรมในสัตว์น้ำออกเป็น 4 กลุ่ม คือ ต่ำ (0-0.15) ปานกลาง (0.15-0.30) และสูง (>0.30) ดังนั้นเมื่อแบ่งลักษณะที่ทำการศึกษาในครั้งนี้ตามค่าอัตราพันธุกรรม สามารถแบ่งออกได้เป็น 2 กลุ่ม คือ กลุ่มที่มีอัตราพันธุกรรมในระดับสูงได้แก่ ลักษณะน้ำหนักตัว (0.37) ความยาวลำตัว (0.34) ความยาวหัว (0.35) ความยาวหางและอัตราส่วนน้ำหนักตัวต่อความยาวลำตัว (0.34) และกลุ่มที่มีค่าอัตราพันธุกรรมในระดับต่ำได้แก่ ลักษณะความยาวหัว (0.13) เปอร์เซ็นต์ความยาวหางและเปอร์เซ็นต์ความยาวหัว (0.05) ดังนั้นลักษณะน้ำหนักตัว ความยาวลำตัว ความยาวหางและอัตราส่วนน้ำหนักตัวต่อความยาวลำตัว สามารถใช้การปรับปรุงพันธุ์เพื่อเพิ่มศักยภาพของลักษณะเหล่านี้ได้ ในขณะที่หากต้องการปรับปรุงลักษณะความยาวหัว เปอร์เซ็นต์ความยาวหางและเปอร์เซ็นต์ความยาวหัว ควรเน้นไปทางด้านการจัดการสิ่งแวดล้อม (Bourdon, 2000) เนื่องจากพบว่าบ่อเลี้ยงมีอิทธิพลต่อลักษณะความยาวหัว เปอร์เซ็นต์ความยาวหางและเปอร์เซ็นต์ความยาวหัว แสดงให้เห็นว่ามีบางปัจจัยที่แตกต่างกันในแต่ละบ่อส่งผลต่อลักษณะเหล่านี้ ซึ่งควรมีการศึกษาต่อไป เพื่อเป็นแนวทางในการปรับปรุงลักษณะดังกล่าว

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

4. ค่าสหสัมพันธ์ทางพันธุกรรมและสหสัมพันธ์ของลักษณะปรากฏ

4.1 ค่าสหสัมพันธ์ทางพันธุกรรมและสหสัมพันธ์ของลักษณะปรากฏสำหรับลักษณะที่ศึกษาในระยะทำเครื่องหมาย

ตารางที่ 12 แสดงค่าสหสัมพันธ์ทางพันธุกรรมและสหสัมพันธ์ของลักษณะปรากฏสำหรับลักษณะน้ำหนักตัว ความยาวลำตัว ความยาวหาง ความยาวหัว เปอร์เซ็นต์ความยาวหาง เปอร์เซ็นต์ความยาวหัว และอัตราส่วนน้ำหนักตัวต่อความยาวลำตัวในระยะทำเครื่องหมาย (อายุ 77 วัน น้ำหนัก 3.92 กรัม) ใช้แบบจำลองสัตว์สองตัวแปร โดยมีจำนวนวันหลังฟักเป็นปัจจัยกำหนด ผลการทดลองพบว่าค่าสหสัมพันธ์ของลักษณะปรากฏระหว่างน้ำหนักตัวกับความยาวลำตัว (0.95 ± 0.01) น้ำหนักตัวกับความยาวหาง (0.91 ± 0.01) และน้ำหนักตัวกับความยาวหัว (0.92 ± 0.01) มีค่าสูง สอดคล้องกับรายงานของ Péroz-Rostro *et al.* (1999) ที่พบว่าในกุ้งขาวน้ำหนักตัวเฉลี่ย 4.21 กรัม สหสัมพันธ์ของลักษณะปรากฏมีค่าสูงระหว่างน้ำหนักตัวกับความยาวลำตัว (0.79) น้ำหนักตัวกับน้ำหนักหาง (0.96) และน้ำหนักตัวกับน้ำหนักหัว (0.97) เช่นเดียวกับรายงานของ Péroz-Rostro and Ibarra (2003b) ที่รายงานว่าในกุ้งน้ำหนักตัวเฉลี่ย 2.95 กรัม สหสัมพันธ์ของลักษณะปรากฏระหว่างน้ำหนักตัวกับความยาวลำตัว และความยาวหาง มีค่าเท่ากับ 0.97 ในขณะที่ค่าสหสัมพันธ์ของลักษณะปรากฏระหว่างน้ำหนักตัวกับเปอร์เซ็นต์ความยาวหาง (0.07 ± 0.07) และน้ำหนักตัวกับเปอร์เซ็นต์ความยาวหัว (-0.07 ± 0.07) มีค่าต่ำ ส่วนค่าสหสัมพันธ์ของลักษณะปรากฏระหว่างน้ำหนักตัวกับอัตราส่วนน้ำหนักตัวต่อความยาวลำตัวมีค่าปานกลาง (0.31 ± 0.01)

เมื่อพิจารณาสหสัมพันธ์ทางพันธุกรรมของน้ำหนักตัวกับลักษณะอื่นๆ พบว่ามีค่าสูง คือ ระหว่างน้ำหนักตัวกับความยาวลำตัว (0.99 ± 0.01) น้ำหนักตัวกับความยาวหาง (0.91 ± 0.01) น้ำหนักตัวกับความยาวหัว (0.97 ± 0.02) และน้ำหนักตัวกับอัตราส่วนน้ำหนักตัวต่อความยาวลำตัว (0.99 ± 0.01) สอดคล้องกับรายงานของ Péroz-Rostro *et al.* (1999) ที่พบว่าในกุ้งน้ำหนักตัวเฉลี่ย 4.21 กรัม ค่าสหสัมพันธ์ทางพันธุกรรมระหว่างน้ำหนักตัวกับลักษณะอื่นๆมีค่าสูง เช่น ค่าระหว่างน้ำหนักตัวกับความยาวลำตัว (0.60) น้ำหนักตัวกับน้ำหนักหาง (0.99) น้ำหนักตัวกับน้ำหนักหัว (0.99) และน้ำหนักตัวกับความกว้างของปล้องหางคู่ที่ 1 (0.98) เช่นเดียวกับรายงานของ Péroz-Rostro and Ibarra (2003b) ที่รายงานว่าในกุ้งน้ำหนักตัวเฉลี่ย 2.95 กรัม สหสัมพันธ์ทางพันธุกรรมระหว่างน้ำหนักตัวกับความยาวลำตัว (0.97) น้ำหนักตัวกับความยาวหาง (0.97) และน้ำหนักตัวกับความกว้างของปล้องหางคู่ที่ 1 มีค่าเท่ากับ (0.96) มีค่าสูง ในขณะที่ค่าสหสัมพันธ์ทางพันธุกรรม

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ระหว่างน้ำหนักตัวกับเปอร์เซ็นต์ความยาวหาง (-0.14 ± 0.35) และน้ำหนักตัวกับเปอร์เซ็นต์ความยาวหัว (0.14 ± 0.35) มีค่าต่ำ

ตารางที่ 12 ค่าสหสัมพันธ์ทางพันธุกรรม (เหนือเส้นทะแยงมุม) และค่าสหสัมพันธ์ของลักษณะปรากฏ (ล่างเส้นทะแยงมุม) ระหว่างลักษณะแต่ละลักษณะของกุ้งขาวที่ระยะทำเครื่องหมาย (อายุ 77 วัน)

	BW	BL	AL	CL	ALBL	CLBL	BWBL
BW		0.99±0.01	0.91±0.01	0.97±0.02	-0.14±0.35	0.14±0.35	0.99±0.01
BL	0.95±0.01		0.99±0.01	0.96±0.02	-0.07±0.36	0.07±0.36	0.98±0.02
AL	0.91±0.01	0.99±0.01		0.94±0.04	0.03±0.36	-0.03±0.36	0.84±0.01
CL	0.92±0.01	0.92±0.01	0.85±0.02		-0.32±0.32	0.32±0.32	0.86±0.01
ALBL	0.07±0.07	0.20±0.07	0.33±0.07	-0.21±0.07		-0.99±0.01	-0.17±0.35
CLBL	-0.07±0.07	-0.20±0.07	-0.33±0.07	0.21±0.07	-0.99±0.01		0.17±0.35
BWBL	0.31±0.01	0.91±0.01	0.84±0.01	0.86±0.01	0.01±0.07	-0.01±0.07	

หมายเหตุ BW = น้ำหนักตัว, BL = ความยาวทั้งหมด, AL = ความยาวหาง, CL = ความยาวหัว, ALBL = เปอร์เซ็นต์ความยาวหาง, CLBL = เปอร์เซ็นต์ความยาวหัว, BWBL = อัตราส่วนน้ำหนักตัวต่อความยาวลำตัว

4.2 ค่าสหสัมพันธ์ทางพันธุกรรมและสหสัมพันธ์ของลักษณะปรากฏสำหรับลักษณะที่ศึกษาในระยะเก็บเกี่ยว

ตารางที่ 13 แสดงค่าสหสัมพันธ์ทางพันธุกรรมและสหสัมพันธ์ของลักษณะปรากฏสำหรับลักษณะที่ศึกษาในระยะเก็บเกี่ยว (อายุ 124 วัน น้ำหนัก 18.70 กรัม) ใช้แบบจำลองสัตว์สองตัวแปร การวิเคราะห์ความแปรปรวนร่วมของทุกลักษณะมีเพศ จำนวนวันหลังฟัก และบ่อเป็นปัจจัยกำหนด ยกเว้นการวิเคราะห์ระหว่างเปอร์เซ็นต์ความยาวหางและเปอร์เซ็นต์ความยาวหัวที่มีเพศและบ่อเป็นปัจจัยกำหนด พบว่าค่าสหสัมพันธ์ของลักษณะปรากฏระหว่างน้ำหนักตัวกับความยาวลำตัว (0.92 ± 0.01) น้ำหนักตัวกับความยาวหาง (0.89 ± 0.01) น้ำหนักตัวกับความยาวหัว (0.59 ± 0.02) และน้ำหนักตัวกับอัตราส่วนน้ำหนักตัวต่อความยาวลำตัว (0.96 ± 0.01) มีค่าสูง สอดคล้องกับรายงานของ Péroz-Rostro *et al.* (1999) ที่พบว่าในกุ้งน้ำหนักตัวเฉลี่ย 17.53 กรัม สหสัมพันธ์

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ของลักษณะปรากฏมีค่าสูงระหว่างน้ำหนักตัวกับความยาวลำตัว (0.97) น้ำหนักตัวกับความยาวหาง (0.96) น้ำหนักตัวกับน้ำหนักหาง (0.99) น้ำหนักตัวกับน้ำหนักหัว (0.96) และน้ำหนักตัวกับความกว้างของปล้องหางที่ 1 (0.95) เช่นเดียวกับรายงานของ Péroz-Rostro and Ibarra (2003b) ที่รายงานว่าในกุ้งน้ำหนักตัวเฉลี่ย 14.57 กรัม สหสัมพันธ์ของลักษณะปรากฏมีค่าสูงระหว่างน้ำหนักตัวกับความยาวลำตัว (0.98) น้ำหนักตัวกับความยาวหาง (0.97) และน้ำหนักตัวกับความกว้างของปล้องหางที่ 1 (0.97) ในขณะที่ค่าสหสัมพันธ์ของลักษณะปรากฏมีค่าต่ำระหว่างน้ำหนักตัวกับเปอร์เซ็นต์ความยาวหาง (0.07 ± 0.03) และน้ำหนักตัวกับเปอร์เซ็นต์ความยาวหัว (-0.07 ± 0.03)

ตารางที่ 13 ค่าสหสัมพันธ์ทางพันธุกรรม (เหนือเส้นทะแยงมุม) และค่าสหสัมพันธ์ของลักษณะปรากฏ (ล่างเส้นทะแยงมุม) ระหว่างลักษณะแต่ละลักษณะของกุ้งขาวที่ระยะเก็บเกี่ยว (อายุ 124 วัน)

	BW	BL	AL	CL	ALBL	CLBL	BWBL
BW		0.98±0.01	0.97±0.02	0.94±0.05	0.36±0.32	-0.36±0.32	0.99±0.01
BL	0.92±0.01		0.99±0.01	0.92±0.06	0.43±0.31	-0.43±0.31	0.97±0.02
AL	0.89±0.01	0.94±0.01		0.86±0.10	0.53±0.27	-0.53±0.27	0.95±0.04
CL	0.59±0.02	0.69±0.02	0.40±0.03		0.02±0.38	-0.03±0.38	0.93±0.06
ALBL	0.07±0.03	-0.00±0.03	0.34±0.03	-0.72±0.02		-0.99±0.01	0.35±0.32
CLBL	-0.07±0.03	0.00±0.03	-0.34±0.03	0.72±0.02	-0.99±0.01		-0.35±0.32
BWBL	0.96±0.01	0.82±0.02	0.80±0.02	0.49±0.03	0.12±0.03	-0.12±0.03	

หมายเหตุ BW = น้ำหนักตัว, BL = ความยาวทั้งหมด, AL = ความยาวหาง, CL = ความยาวหัว, ALBL = เปอร์เซ็นต์ความยาวหาง, CLBL = เปอร์เซ็นต์ความยาวหัว, BWBL = อัตราส่วนน้ำหนักตัวต่อความยาวลำตัว

เมื่อพิจารณาสหสัมพันธ์ทางพันธุกรรมของน้ำหนักตัวกับลักษณะอื่นๆ พบว่ามีค่าสูง คือ ระหว่างน้ำหนักตัวกับความยาวลำตัว (0.98 ± 0.01) น้ำหนักตัวกับความยาวหาง (0.97 ± 0.02) น้ำหนักตัวกับความยาวหัว (0.94 ± 0.05) และน้ำหนักตัวกับอัตราส่วนน้ำหนักตัวต่อความยาวลำตัว (0.99 ± 0.01) สอดคล้องกับรายงานของ Péroz-Rostro *et al.* (1999) ที่พบว่าในกุ้งน้ำหนักตัวเฉลี่ย 17.53 กรัม สหสัมพันธ์ทางพันธุกรรมมีค่าสูงระหว่างน้ำหนักตัวกับความยาวลำตัว (0.99) น้ำหนักตัวกับความยาวหาง (0.98) น้ำหนักตัวกับน้ำหนักหาง (1.00) น้ำหนักตัวกับน้ำหนักหัว (0.99) และ

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

น้ำหนักตัวกับความกว้างของปล้องหางคู่ที่ 1 (0.99) เช่นเดียวกับรายงานของ Péroz-Rostro and Ibarra (2003b) ที่รายงานว่าในกุ้งน้ำหนักตัวเฉลี่ย 14.57 กรัม สหสัมพันธ์ทางพันธุกรรมระหว่างน้ำหนักตัวกับความยาวลำตัว ความยาวหาง และความกว้างของปล้องหางคู่ที่ 1 มีค่าสูง (0.98) ในขณะที่ค่าสหสัมพันธ์ทางพันธุกรรมระหว่างน้ำหนักตัวกับเปอร์เซ็นต์ความยาวหาง (0.36 ± 0.32) และเปอร์เซ็นต์ความยาวหัว (-0.36 ± 0.32) มีค่าในระดับปานกลาง

เมื่อเปรียบเทียบสหสัมพันธ์ทางพันธุกรรมกับสหสัมพันธ์ของลักษณะปรากฏ ของลักษณะน้ำหนักตัวกับความยาวลำตัว ความยาวหาง ความยาวหัว เปอร์เซ็นต์ความยาวหาง เปอร์เซ็นต์ความยาวหัว และอัตราส่วนน้ำหนักตัวต่อความยาวลำตัว พบว่าสหสัมพันธ์ทางพันธุกรรมมีค่ามากกว่าสหสัมพันธ์ของลักษณะปรากฏ ซึ่งเกิดจากการที่สหสัมพันธ์ของสิ่งแวดล้อมมีค่าต่ำ ส่งผลให้สหสัมพันธ์ทางพันธุกรรมมีค่ามากกว่าสหสัมพันธ์ของลักษณะปรากฏ

ค่าสหสัมพันธ์ทางพันธุกรรมสำหรับลักษณะที่ศึกษาในระยะเก็บเกี่ยว ชี้ให้เห็นว่า เมื่อมีการปรับปรุงลักษณะน้ำหนักตัวของกุ้งในระยะเก็บเกี่ยวจะส่งผลให้ ความยาวลำตัว ความยาวหัว ความยาวหาง และอัตราส่วนน้ำหนักตัวต่อความยาวลำตัวจะถูกปรับปรุงไปในทิศทางเดียวกัน ดังนั้นนักปรับปรุงพันธุ์สามารถเลือกที่จะปรับปรุงลักษณะใดลักษณะหนึ่งใน 4 ลักษณะข้างต้น เนื่องจากทั้ง 4 ลักษณะ มีค่าสหสัมพันธ์ทางพันธุกรรมเชิงบวกสูง แต่ลักษณะที่สามารถจัดเก็บข้อมูลง่ายที่สุดคือลักษณะน้ำหนักตัว ดังนั้นควรเลือกปรับปรุงลักษณะน้ำหนักตัว ในขณะที่การปรับปรุงลักษณะน้ำหนักตัวจะไม่มีผลต่อลักษณะเปอร์เซ็นต์ความยาวหางและเปอร์เซ็นต์ความยาวหัว ซึ่งการเพิ่มลักษณะเปอร์เซ็นต์ความยาวหางเป็นสิ่งที่ต้องการสำหรับผู้บริโภคหรือผู้ประกอบการอุตสาหกรรมแปรรูปกุ้ง แต่อย่างไรก็ตาม เมื่อน้ำหนักตัวเพิ่มขึ้นความยาวหางจะเพิ่มขึ้นด้วย ดังนั้นการตอบสนองความต้องการผู้บริโภคจึงสามารถทำได้ด้วยการปรับปรุงลักษณะน้ำหนักตัวเช่นเดียวกัน

5. ค่าคุณค่าการผสมพันธุ์และการจัดลำดับ

การทำนายค่าคุณค่าการผสมพันธุ์ใช้แบบจำลองสัตว์หนึ่งตัวแปร โดยวิธี Best Linear Unbiased Prediction ในระยะทำเครื่องหมายกำหนดให้จำนวนวันหลักฟักเป็นปัจจัยกำหนดเพื่อหาค่าคุณค่าการผสมพันธุ์สำหรับทุกลักษณะที่ศึกษา ในระยะเก็บเกี่ยวกำหนดให้เพศ จำนวนวันหลังฟักและบ่อเป็นปัจจัยกำหนดสำหรับลักษณะน้ำหนักตัว ความยาวลำตัว ความยาวหาง ความยาวหัว

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

และอัตราส่วนน้ำหนักตัวต่อความยาวลำตัว และกำหนดให้เพศและบ่อเป็นปัจจัยกำหนดสำหรับลักษณะเปอร์เซ็นต์ความยาวหางและเปอร์เซ็นต์ความยาวหัว แสดงค่าต่ำสุดและค่าสูงสุดของค่าประมาณคุณค่าการผสมพันธุ์ของประชากรกุ้งขาว สำหรับลักษณะน้ำหนักตัว ความยาวลำตัว ความยาวหาง ความยาวหัว เปอร์เซ็นต์ความยาวหาง เปอร์เซ็นต์ความยาวหัว และอัตราส่วนน้ำหนักตัวต่อความยาวลำตัวในระยะทำเครื่องหมายและระยะเก็บเกี่ยวในตารางที่ 14 ค่าประมาณคุณค่าการผสมพันธุ์ของลักษณะต่างๆ ที่ได้จากการประมาณมาจัดเรียงและแสดง 10 ลำดับแรกที่มีค่าประมาณคุณค่าการผสมพันธุ์ของแต่ละลักษณะในระยะทำเครื่องหมายและระยะเก็บเกี่ยวในตารางภาคผนวกที่ 3 และ 4 ตามลำดับ สำหรับค่าเฉลี่ยค่าประมาณคุณค่าการผสมพันธุ์ของลักษณะต่างๆ ในแต่ละครอบครัวในระยะทำเครื่องหมายและระยะเก็บเกี่ยวแสดงในตารางภาคผนวกที่ 5 และ 6 ตามลำดับ

ตารางที่ 14 ค่าต่ำสุดและค่าสูงสุดของค่าคุณค่าการผสมพันธุ์ ของน้ำหนักตัว ความยาวลำตัว ความยาวหาง ความยาวหัว เปอร์เซ็นต์ความยาวหาง เปอร์เซ็นต์ความยาวหัว และอัตราส่วนน้ำหนักตัวต่อความยาวลำตัว ของกุ้งขาวในระยะทำเครื่องหมาย (อายุ 77 วัน) และระยะเก็บเกี่ยว (อายุ 124 วัน)

ลักษณะ	ระยะทำเครื่องหมาย		ระยะเก็บเกี่ยว	
	ค่าต่ำสุด	ค่าสูงสุด	ค่าต่ำสุด	ค่าสูงสุด
BW (g)	-1.299	2.217	-4.295	3.596
BL (cm)	-0.805	1.032	-0.901	0.688
AL (cm)	-0.590	0.728	-0.726	0.577
CL (cm)	-0.256	0.278	-0.146	0.196
ALBL (%)	-0.866	0.819	-3.512	2.868
CLBL (%)	-0.819	0.866	-2.868	3.512
BWBL ($g.cm^{-1}$)	-0.134	0.178	-0.276	0.170

หมายเหตุ BW = น้ำหนักตัว, BL = ความยาวทั้งหมด, AL = ความยาวหาง, CL = ความยาวหัว, ALBL = เปอร์เซ็นต์ความยาวหาง, CLBL = เปอร์เซ็นต์ความยาวหัว, BWBL = อัตราส่วนน้ำหนักตัวต่อความยาวลำตัว

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

5.1 ค่าคุณค่าการผสมพันธุ์และการจัดลำดับในระยะทำเครื่องหมาย

ค่าทำนายคุณค่าการผสมพันธุ์ของกุ้งขาวในระยะทำเครื่องหมายสำหรับลักษณะน้ำหนักตัวมีค่าอยู่ในช่วง -1.299 ถึง 2.217 กรัม (พิสัย 3.516 กรัม) โดย 3 ลำดับแรกที่มีค่าทำนายคุณค่าการผสมพันธุ์สำหรับลักษณะน้ำหนักตัวดีที่สุดได้แก่ กุ้งหมายเลข A311043 (2.22 กรัม) หมายเลข A308056 (2.00 กรัม) และหมายเลข A308058 (1.71 กรัม) เมื่อพิจารณาจากค่าเฉลี่ยค่าทำนายคุณค่าการผสมพันธุ์ของครอบครัว พบว่าค่าทำนายคุณค่าการผสมพันธุ์ของลักษณะน้ำหนักตัวมีค่าอยู่ในช่วง -0.58 กรัม (ครอบครัวที่ 5) ถึง 0.70 กรัม (ครอบครัวที่ 11)

ค่าทำนายคุณค่าการผสมพันธุ์ของลักษณะความยาวลำตัวมีค่าอยู่ในช่วง -0.805 ถึง 1.032 เซนติเมตร (พิสัย 1.837 เซนติเมตร) โดย 3 ลำดับแรกที่มีค่าทำนายคุณค่าการผสมพันธุ์สำหรับลักษณะความยาวลำตัวดีที่สุดได้แก่ กุ้งหมายเลข A311043 (1.03 เซนติเมตร) หมายเลข A308056 (0.84 เซนติเมตร) และหมายเลข A311044 (0.82 เซนติเมตร) เมื่อพิจารณาจากค่าเฉลี่ยค่าทำนายคุณค่าการผสมพันธุ์ของครอบครัว พบว่าค่าทำนายคุณค่าการผสมพันธุ์ของลักษณะความยาวลำตัวมีค่าอยู่ในช่วง -0.31 เซนติเมตร (ครอบครัวที่ 5) ถึง 0.41 เซนติเมตร (ครอบครัวที่ 11)

ค่าทำนายคุณค่าการผสมพันธุ์ของลักษณะความยาวหางมีค่าอยู่ในช่วง -0.590 ถึง 0.728 เซนติเมตร (พิสัย 1.138 เซนติเมตร) โดย 3 ลำดับแรกที่มีค่าทำนายคุณค่าการผสมพันธุ์สำหรับลักษณะความยาวหางดีที่สุดได้แก่ กุ้งหมายเลข A311043 (0.73 เซนติเมตร) หมายเลข A311044 (0.59 เซนติเมตร) และหมายเลข A308056 (0.58 เซนติเมตร) เมื่อพิจารณาจากค่าเฉลี่ยค่าทำนายคุณค่าการผสมพันธุ์ของครอบครัว พบว่าค่าทำนายคุณค่าการผสมพันธุ์ของลักษณะความยาวหางมีค่าอยู่ในช่วง -0.24 เซนติเมตร (ครอบครัวที่ 5) ถึง 0.30 เซนติเมตร (ครอบครัวที่ 11)

ค่าทำนายคุณค่าการผสมพันธุ์ของลักษณะความยาวหัวมีค่าอยู่ในช่วง -0.256 ถึง 0.278 เซนติเมตร (พิสัย 0.534 เซนติเมตร) โดย 3 ลำดับแรกที่มีค่าทำนายคุณค่าการผสมพันธุ์สำหรับลักษณะความยาวหัวดีที่สุดได้แก่ กุ้งหมายเลข A311043 (0.28 เซนติเมตร) หมายเลข A308056 (0.23 เซนติเมตร) และหมายเลข A311044 (0.21 เซนติเมตร) เมื่อพิจารณาจากค่าเฉลี่ยค่าทำนายคุณค่าการผสมพันธุ์ของครอบครัว พบว่าค่าทำนายคุณค่าการผสมพันธุ์ของลักษณะความยาวหัวมีค่าอยู่ในช่วง -0.10 เซนติเมตร (ครอบครัวที่ 1) ถึง 0.10 เซนติเมตร (ครอบครัวที่ 11)

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ค่าทำนายคุณค่าการผสมพันธุ์ของลักษณะเปอร์เซ็นต์ความยาวหางมีค่าอยู่ในช่วง -0.866 ถึง 0.819 เปอร์เซ็นต์ (พิสัย 1.685 เปอร์เซ็นต์) โดย 3 ลำดับแรกที่มีค่าทำนายคุณค่าการผสมพันธุ์สำหรับลักษณะเปอร์เซ็นต์ความยาวหางดีที่สุดได้แก่ กุ้งหมายเลข A306016 (0.82 เปอร์เซ็นต์) หมายเลข A306029 (0.82 เปอร์เซ็นต์) และหมายเลข A301032 (0.81 เปอร์เซ็นต์) เมื่อพิจารณาจากค่าเฉลี่ยค่าทำนายคุณค่าการผสมพันธุ์ของครอบครัว พบว่าค่าทำนายคุณค่าการผสมพันธุ์ของลักษณะเปอร์เซ็นต์ความยาวหางมีค่าอยู่ในช่วง -0.56 (ครอบครัวที่ 10) ถึง 0.56 เปอร์เซ็นต์ (ครอบครัวที่ 6)

ค่าทำนายคุณค่าการผสมพันธุ์ของลักษณะเปอร์เซ็นต์ความยาวหัวมีค่าอยู่ในช่วง -0.819 ถึง 0.866 เปอร์เซ็นต์ (พิสัย 1.685 เปอร์เซ็นต์) โดย 3 ลำดับแรกที่มีค่าทำนายคุณค่าการผสมพันธุ์สำหรับลักษณะเปอร์เซ็นต์ความยาวหัวดีที่สุดได้แก่ กุ้งหมายเลข A310022 (0.87 เปอร์เซ็นต์) หมายเลข A310049 (0.76 เปอร์เซ็นต์) และหมายเลข A310050 (0.76 เปอร์เซ็นต์) เมื่อพิจารณาจากค่าเฉลี่ยค่าทำนายคุณค่าการผสมพันธุ์ของครอบครัว พบว่าค่าทำนายคุณค่าการผสมพันธุ์ของลักษณะเปอร์เซ็นต์ความยาวหัวมีค่าอยู่ในช่วง -0.56 (ครอบครัวที่ 6) ถึง 0.56 เปอร์เซ็นต์ (ครอบครัวที่ 10)

ค่าทำนายคุณค่าการผสมพันธุ์ของลักษณะอัตราส่วนน้ำหนักตัวต่อความยาวลำตัวมีค่าอยู่ในช่วง -0.134 ถึง 0.178 กรัมต่อเซนติเมตร (พิสัย 0.312 กรัมต่อเซนติเมตร) โดย 3 ลำดับแรกที่มีค่าทำนายคุณค่าการผสมพันธุ์สำหรับลักษณะอัตราส่วนน้ำหนักตัวต่อความยาวลำตัวดีที่สุดได้แก่ กุ้งหมายเลข A308058 (0.18 กรัมต่อเซนติเมตร) หมายเลข A311043 (0.17 กรัมต่อเซนติเมตร) และหมายเลข A308056 (0.17 กรัมต่อเซนติเมตร) เมื่อพิจารณาจากค่าเฉลี่ยค่าทำนายคุณค่าการผสมพันธุ์ของครอบครัว พบว่าค่าทำนายคุณค่าการผสมพันธุ์ของลักษณะอัตราส่วนน้ำหนักตัวต่อความยาวลำตัวมีค่าอยู่ในช่วง -0.06 กรัมต่อเซนติเมตร (ครอบครัวที่ 5) ถึง 0.06 กรัมต่อเซนติเมตร (ครอบครัวที่ 11)

5.2 ค่าคุณค่าการผสมพันธุ์ในระยะเก็บเกี่ยวและการจัดลำดับในระยะเก็บเกี่ยว

ค่าทำนายคุณค่าการผสมพันธุ์ของกุ้งขาวในระยะเก็บเกี่ยวสำหรับลักษณะน้ำหนักตัวมีค่าอยู่ในช่วง -4.295 ถึง 3.596 กรัม (พิสัย 7.891 กรัม) โดย 3 ลำดับแรกที่มีค่าทำนายคุณค่าการผสมพันธุ์สำหรับลักษณะความยาวลำตัวดีที่สุดได้แก่ กุ้งหมายเลข B311132 (3.60 กรัม) หมายเลข

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

B311116 (3.36 กรัม) และหมายเลข B311118 (3.24 กรัม) เมื่อพิจารณาจากค่าเฉลี่ยค่าทำนายคุณค่าการผสมพันธุ์ของครอบครัว พบว่าค่าทำนายคุณค่าการผสมพันธุ์ของลักษณะน้ำหนักตัวมีค่าอยู่ในช่วง -2.08 กรัม (ครอบครัวที่ 12) ถึง 1.73 กรัม (ครอบครัวที่ 11)

ค่าทำนายคุณค่าการผสมพันธุ์ของลักษณะความยาวลำตัวมีค่าอยู่ในช่วง -0.901 ถึง 0.688 เซนติเมตร (พิสัย 1.589 เซนติเมตร) โดย 3 ลำดับแรกที่มีค่าทำนายคุณค่าการผสมพันธุ์สำหรับลักษณะความยาวลำตัวดีที่สุดได้แก่ กุ้งหมายเลข B311116 (0.69 เซนติเมตร) หมายเลข B311132 (0.67 เซนติเมตร) และหมายเลข B311118 (0.67 เซนติเมตร) เมื่อพิจารณาจากค่าเฉลี่ยค่าทำนายคุณค่าการผสมพันธุ์ของครอบครัว พบว่าค่าทำนายคุณค่าการผสมพันธุ์ของลักษณะความยาวลำตัวมีค่าอยู่ในช่วง -0.43 เซนติเมตร (ครอบครัวที่ 12) ถึง 0.41 เซนติเมตร (ครอบครัวที่ 11)

ค่าทำนายคุณค่าการผสมพันธุ์ของลักษณะความยาวหางมีค่าอยู่ในช่วง -0.726 ถึง 0.577 เซนติเมตร (พิสัย 1.303 เซนติเมตร) โดย 3 ลำดับแรกที่มีค่าทำนายคุณค่าการผสมพันธุ์สำหรับลักษณะความยาวหางดีที่สุดได้แก่ กุ้งหมายเลข B311136 (0.58 เซนติเมตร) หมายเลข B311116 (0.52 เซนติเมตร) และหมายเลข B311132 (0.51 เซนติเมตร) เมื่อพิจารณาจากค่าเฉลี่ยค่าทำนายคุณค่าการผสมพันธุ์ของครอบครัว พบว่าค่าทำนายคุณค่าการผสมพันธุ์ของลักษณะความยาวหางมีค่าอยู่ในช่วง -0.34 เซนติเมตร (ครอบครัวที่ 12) ถึง 0.30 เซนติเมตร (ครอบครัวที่ 11)

ค่าทำนายคุณค่าการผสมพันธุ์ของลักษณะความยาวหัวมีค่าอยู่ในช่วง -0.146 ถึง 0.196 เซนติเมตร (พิสัย 0.342 เซนติเมตร) โดย 3 ลำดับแรกที่มีค่าทำนายคุณค่าการผสมพันธุ์สำหรับลักษณะความยาวหัวดีที่สุดได้แก่ กุ้งหมายเลข B311118 (0.20 เซนติเมตร) หมายเลข B311095 (0.17 เซนติเมตร) และหมายเลข B311055 (0.14 เซนติเมตร) เมื่อพิจารณาจากค่าเฉลี่ยค่าทำนายคุณค่าการผสมพันธุ์ของครอบครัว พบว่าค่าทำนายคุณค่าการผสมพันธุ์ของลักษณะความยาวหัวมีค่าอยู่ในช่วง -0.08 เซนติเมตร (ครอบครัวที่ 12) ถึง 0.10 เซนติเมตร (ครอบครัวที่ 11)

ค่าทำนายคุณค่าการผสมพันธุ์ของลักษณะเปอร์เซ็นต์ความยาวหางมีค่าอยู่ในช่วง -3.152 ถึง 2.868 เปอร์เซ็นต์ (พิสัย 6.380 เปอร์เซ็นต์) โดย 3 ลำดับแรกที่มีค่าทำนายคุณค่าการผสมพันธุ์สำหรับลักษณะเปอร์เซ็นต์ความยาวหางดีที่สุดได้แก่ กุ้งหมายเลข B303105 (2.87 เปอร์เซ็นต์) หมายเลข B311094 (2.81 เปอร์เซ็นต์) และหมายเลข B310133 (2.72 เปอร์เซ็นต์) เมื่อพิจารณาจากค่าเฉลี่ยค่าทำนายคุณค่าการผสมพันธุ์ของครอบครัว พบว่าค่าทำนายคุณค่าการผสมพันธุ์ของ

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ลักษณะเปอร์เซ็นต์ความยาวหางมีค่าอยู่ในช่วง -1.92 (ครอบครัวที่ 12) ถึง 0.95 เปอร์เซ็นต์ (ครอบครัวที่ 6)

ค่าทำนายคุณค่าการผสมพันธุ์ของลักษณะเปอร์เซ็นต์ความยาวหัวมีค่าอยู่ในช่วง -2.868 ถึง 3.512 เปอร์เซ็นต์ (พิสัย 6.380 เปอร์เซ็นต์) โดย 3 ลำดับแรกที่มีค่าทำนายคุณค่าการผสมพันธุ์สำหรับลักษณะเปอร์เซ็นต์ความยาวหัวดีที่สุดได้แก่ กุ้งหมายเลข B311118 (3.51เปอร์เซ็นต์) หมายเลข B311095 (3.32เปอร์เซ็นต์) และหมายเลข B309084 (3.23เปอร์เซ็นต์) เมื่อพิจารณาจากค่าเฉลี่ยค่าทำนายคุณค่าการผสมพันธุ์ของครอบครัว พบว่าค่าทำนายคุณค่าการผสมพันธุ์ของลักษณะเปอร์เซ็นต์ความยาวหัวมีค่าอยู่ในช่วง -0.95 (ครอบครัวที่ 6) ถึง 1.92 เปอร์เซ็นต์ (ครอบครัวที่ 12)

ค่าทำนายคุณค่าการผสมพันธุ์ของลักษณะอัตราส่วนน้ำหนักตัวต่อความยาวลำตัวมีค่าอยู่ในช่วง -0.276 ถึง 0.170 กรัมต่อเซนติเมตร (พิสัย 0.446 กรัมต่อเซนติเมตร) โดย 3 ลำดับแรกที่มีค่าทำนายคุณค่าการผสมพันธุ์สำหรับลักษณะอัตราส่วนน้ำหนักตัวต่อความยาวลำตัวดีที่สุดได้แก่ กุ้งหมายเลข B311007 หมายเลข B311116 และหมายเลข B311118 ซึ่งมีค่าทำนายคุณค่าการผสมพันธุ์ของลักษณะอัตราส่วนน้ำหนักตัวต่อความยาวลำตัวเท่ากับ 0.17 กรัมต่อเซนติเมตร เมื่อพิจารณาจากค่าเฉลี่ยค่าทำนายคุณค่าการผสมพันธุ์ของครอบครัว พบว่าค่าทำนายคุณค่าการผสมพันธุ์ของลักษณะอัตราส่วนน้ำหนักตัวต่อความยาวลำตัวมีค่าอยู่ในช่วง -0.13 กรัมต่อเซนติเมตร (ครอบครัวที่ 12) ถึง 0.09 กรัมต่อเซนติเมตร (ครอบครัวที่ 1)

เมื่อเปรียบเทียบค่าทำนายคุณค่าการผสมพันธุ์ของลักษณะน้ำหนักตัวของแต่ละครอบครัวที่ระยะเก็บเกี่ยว (-2.08 ถึง 1.73 กรัม) ที่ได้จากการศึกษาในครั้งนี้กับการศึกษาของ Castillo-Juárez *et al.* (2007) ซึ่งรายงานค่าในช่วง -2.07 ถึง 2.15 กรัม แสดงให้เห็นว่าสามารถที่จะปรับปรุงลักษณะน้ำหนักตัวด้วยการจัดการทางพันธุกรรมในประชากรกุ้งขาวที่ใช้ในการศึกษาของ Castillo-Juárez *et al.* (2007) ได้ง่ายกว่าประชากรที่ใช้ในการศึกษาในครั้งนี้ เนื่องจากประชากรและจำนวนครอบครัวที่ใช้ศึกษามากกว่า จึงทำให้มีความหลากหลายทางพันธุกรรมสูงกว่า

คุณค่าการผสมพันธุ์ เป็นค่าที่แสดงให้เห็นถึงค่าทางพันธุกรรมที่สามารถถ่ายทอดจากพ่อแม่ไปยังลูก พันธุกรรมพ่อแม่จะถ่ายทอดไปให้ลูกได้เพียงครึ่งหนึ่ง ดังนั้นค่าเฉลี่ยคุณค่าการผสมพันธุ์ของลูกมีค่าเท่ากับค่าเฉลี่ยของคุณค่าการผสมพันธุ์ของพ่อและแม่ ตัวอย่าง กุ้งหมายเลข

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

B311132 มีค่าทำนายคุณค่าการผสมพันธุ์เท่ากับ 3.60 กรัม หมายความว่ากุ้งตัวนี้มีคุณค่าการผสมพันธุ์มากกว่าค่าเฉลี่ยของประชากรเท่ากับ 3.60 กรัม เมื่อนำมาผสมพันธุ์กับกุ้งหมายเลข B306037 ที่มีค่าทำนายคุณค่าการผสมพันธุ์เท่ากับ 2.56 กรัม ค่าเฉลี่ยของลูกจะมีค่ามากกว่าค่าเฉลี่ยของประชากรในรุ่นลูกเท่ากับ 3.08 กรัม ทั้งนี้การผสมพันธุ์ในรุ่นพ่อแม่เกิดขึ้นโดยสุ่ม คุณค่าการผสมพันธุ์ใช้ประโยชน์ในการคัดเลือกสัตว์เพื่อเป็นพ่อแม่พันธุ์ในรุ่นถัดไป ดังนั้นการคัดเลือกสัตว์รุ่นพ่อแม่ที่มีค่าทำนายคุณค่าการผสมพันธุ์สูงจะทำให้สัตว์ในรุ่นลูกมีค่าคุณค่าการผสมพันธุ์สูงตามด้วย

จากผลการจัดเรียงลำดับค่าประมาณคุณค่าการผสมพันธุ์ของลักษณะต่างๆ พบว่าหลายลักษณะของกุ้ง 10 ลำดับแรกนั้น ค่าประมาณคุณค่าการผสมพันธุ์ดีที่สุดมาจากกุ้งเพียง 2-3 ครอบครัว โดยเฉพาะในระยะเก็บเกี่ยวที่พบว่า 10 ลำดับแรกของกุ้งที่มีค่าประมาณคุณค่าการผสมพันธุ์ที่ดีที่สุดสำหรับลักษณะความยาวลำตัว ความยาวหางและความยาวหัวมาจากกุ้งครอบครัวที่ 11 เพียงครอบครัวเดียวเท่านั้น ดังนั้นเพื่อหลีกเลี่ยงผลกระทบที่เกิดขึ้นจากการผสมภายในเครือญาติ เมื่อจับคู่ผสมพันธุ์สัตว์นอกจากจะพิจารณาค่าทำนายคุณค่าการผสมพันธุ์แล้ว จำเป็นต้องมีการพิจารณาถึงความสัมพันธ์ของเครือญาติระหว่างกุ้งที่จะนำมาผสมพันธุ์ก่อนทุกครั้ง

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

สรุปและข้อเสนอแนะ

สรุป

ในการศึกษาค่าพารามิเตอร์ทางพันธุกรรมของกุ้งขาว 2 ระยะคือระยะทำเครื่องหมาย และระยะเก็บเกี่ยว ระยะทำเครื่องหมายกุ้งมีอายุเฉลี่ย 76.6 วันหลังฟักออกจากไข่ ค่าเฉลี่ยน้ำหนักตัวเท่ากับ 3.92 ± 0.96 กรัม ความยาวลำตัวเท่ากับ 6.90 ± 0.60 เซนติเมตร ความยาวหางเท่ากับ 5.12 ± 0.46 เซนติเมตร ความยาวหัวเท่ากับ 1.79 ± 0.15 เปอร์เซ็นต์ความยาวหางเท่ากับ 74.09 ± 0.92 เปอร์เซ็นต์ เปอร์เซ็นต์ความยาวหัวเท่ากับ 25.91 ± 0.92 เปอร์เซ็นต์และอัตราส่วนน้ำหนักตัวต่อความยาวลำตัวเท่ากับ 0.56 ± 0.09 กรัมต่อเซนติเมตร ระยะเก็บเกี่ยวกุ้งมีอายุเฉลี่ย 123.8 วันหลังฟักออกจากไข่ มีค่าเฉลี่ยน้ำหนักตัวเท่ากับ 18.7 ± 3.00 กรัม ความยาวลำตัวค่าเท่ากับ 11.67 ± 1.14 เซนติเมตร ความยาวหางมีค่าเท่ากับ 8.72 ± 1.03 เซนติเมตร ความยาวหัวมีค่าเท่ากับ 2.95 ± 0.22 เซนติเมตร เปอร์เซ็นต์ความยาวหางเท่ากับ 74.62 ± 1.84 เปอร์เซ็นต์ เปอร์เซ็นต์ความยาวหัวเท่ากับ 25.38 ± 0.92 เปอร์เซ็นต์และอัตราส่วนน้ำหนักตัวต่อความยาวลำตัวเท่ากับ 1.60 ± 0.15 กรัมต่อเซนติเมตร

ในระยะทำเครื่องหมายจำนวนวันหลังฟักออกมีอิทธิพลต่อลักษณะน้ำหนักตัวและขนาดลำตัว ในระยะเก็บเกี่ยว บ่อและเพศ มีอิทธิพลต่อน้ำหนักมีอิทธิพลต่อน้ำหนักตัวและขนาดลำตัว ในขณะที่จำนวนวันหลังฟักไม่มีอิทธิพลต่อเปอร์เซ็นต์ความยาวหางและเปอร์เซ็นต์ความยาวหัว แต่มีอิทธิพลต่อลักษณะน้ำหนักตัว ความยาวลำตัว ความยาวหาง ความยาวหัว และอัตราส่วนน้ำหนักตัวต่อความยาวลำตัว

ระยะทำเครื่องหมายน้ำหนักตัวมีค่าอัตราพันธุกรรมเท่ากับ 0.60 ± 0.02 ความยาวลำตัวมีค่าอัตราพันธุกรรมเท่ากับ 0.54 ± 0.19 ความยาวหางมีค่าอัตราพันธุกรรมเท่ากับ 0.50 ± 0.19 ความยาวหัวมีค่าอัตราพันธุกรรมเท่ากับ 0.59 ± 0.20 เปอร์เซ็นต์ความยาวหางมีค่าอัตราพันธุกรรมเท่ากับ 0.24 ± 0.11 เปอร์เซ็นต์ความยาวหัวมีค่าอัตราพันธุกรรมเท่ากับ 0.24 ± 0.11 และอัตราส่วนน้ำหนักตัวต่อความยาวลำตัวมีค่าอัตราพันธุกรรมเท่ากับ 0.58 ± 0.20 ระยะเก็บเกี่ยวอัตราพันธุกรรมสำหรับลักษณะน้ำหนักตัวมีค่าเท่ากับ 0.37 ± 0.14 ความยาวลำตัวมีค่าอัตราพันธุกรรมเท่ากับ 0.34 ± 0.13 ความยาวหางมีค่าอัตราพันธุกรรมเท่ากับ 0.35 ± 0.13 ความยาวหัวมีค่าอัตราพันธุกรรมเท่ากับ 0.13 ± 0.06 เปอร์เซ็นต์ความยาวหางมีค่าอัตราพันธุกรรมเท่ากับ 0.05 ± 0.03 เปอร์เซ็นต์ความยาวหัวมีค่า

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

อัตราพันธุกรรมเท่ากับ 0.05 ± 0.03 และอัตราส่วนน้ำหนักตัวต่อความยาวลำตัวมีค่าอัตราพันธุกรรมเท่ากับ 0.34 ± 0.13

ระยะทำเครื่องหมายสหสัมพันธ์ทางพันธุกรรมระหว่างน้ำหนักตัวกับความยาวลำตัว ความยาวหาง ความยาวหัว เปอร์เซ็นต์ความยาวหาง เปอร์เซ็นต์ความยาวหัว และอัตราส่วนน้ำหนักตัวต่อความยาวลำตัว มีค่าเท่ากับ 0.99 ± 0.01, 0.91 ± 0.01, 0.97 ± 0.02, -0.14 ± 0.35, 0.14 ± 0.35 และ 0.99 ± 0.01ระยะเก็บเกี่ยวสหสัมพันธ์ทางพันธุกรรมระหว่างน้ำหนักตัวกับความยาวลำตัว ความยาวหาง ความยาวหัว เปอร์เซ็นต์ความยาวหาง และเปอร์เซ็นต์ความยาวหัว และอัตราส่วนน้ำหนักตัวต่อความยาวลำตัว มีค่าเท่ากับ 0.98 ± 0.01, 0.97 ± 0.02, 0.94 ± 0.05, 0.36 ± 0.32, -0.36 ± 0.32และ 0.99 ± 0.01

ค่าทำนายคุณค่าการผสมพันธุ์ของกุ้งขาวในระยะทำเครื่องหมายสำหรับลักษณะน้ำหนักตัวมีค่าอยู่ในช่วง -1.299 ถึง 2.217 กรัม ความยาวลำตัวมีค่าอยู่ในช่วง -0.805 ถึง 1.032 เซนติเมตร ความยาวหางมีค่าอยู่ในช่วง -0.590 ถึง 0.728 เซนติเมตร ความยาวหัวมีค่าอยู่ในช่วง -0.256 ถึง 0.278 เซนติเมตร เปอร์เซ็นต์ความยาวหางมีค่าอยู่ในช่วง -0.866 ถึง 0.819 เปอร์เซ็นต์ เปอร์เซ็นต์ความยาวหัวมีค่าอยู่ในช่วง -0.819 ถึง 0.866 เปอร์เซ็นต์ อัตราส่วนน้ำหนักตัวต่อความยาวลำตัวมีค่าอยู่ในช่วง -0.134 ถึง 0.178 เซนติเมตร ในระยะเก็บเกี่ยวค่าทำนายคุณค่าการผสมพันธุ์ของน้ำหนักตัวมีค่าอยู่ในช่วง -4.295 ถึง 3.596 กรัม ความยาวลำตัวมีค่าอยู่ในช่วง -0.901 ถึง 0.688 เซนติเมตร ความยาวหางมีค่าอยู่ในช่วง -0.726 ถึง 0.577 เซนติเมตรความยาวหัวมีค่าอยู่ในช่วง -0.146 ถึง 0.196 เซนติเมตร เปอร์เซ็นต์ความยาวหางมีค่าอยู่ในช่วง -3.152 ถึง 2.868 เปอร์เซ็นต์ เปอร์เซ็นต์ความยาวหัวมีค่าอยู่ในช่วง -2.868 ถึง 3.512 เปอร์เซ็นต์ อัตราส่วนน้ำหนักตัวต่อความยาวลำตัวมีค่าอยู่ในช่วง -0.276 ถึง 0.170 เซนติเมตร

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ข้อเสนอแนะ

ในการวิจัยครั้งนี้พบว่าค่าอัตราพันธุกรรมบางลักษณะมีค่าสูง โดยเฉพาะในระยะทำเครื่องหมาย อาจเป็นไปได้ว่าเกิดจากอิทธิพลสุ่มจากสิ่งแวดล้อมทั่วไปที่มีต่อสัตว์ในครอบครัวเดียวกัน ดังนั้นในการศึกษาครั้งต่อไปเพื่อลดความคลาดเคลื่อนในการประมาณค่าที่เกิดจากอิทธิพลสุ่มจากสิ่งแวดล้อมทั่วไปที่มีต่อสัตว์ในครอบครัวเดียวกัน ประชากรที่ใช้ในการศึกษาควรที่จะมีความสัมพันธ์ระหว่างครอบครัวแบบฮาล์ฟสิบ เพื่อที่จะสามารถแยกความแปรปรวนที่เกิดจากอิทธิพลสุ่มจากสิ่งแวดล้อมทั่วไปที่มีต่อสัตว์ในครอบครัวเดียวกันออกจากความแปรปรวนของยีนผลบวกได้ และลดระยะเวลาที่เลี้ยงกุ้งในแต่ละครอบครัวแยกกันให้น้อยลง โดยการทำเครื่องหมายให้เร็วขึ้นซึ่งกุ้งขาวสามารถทำเครื่องหมายได้เมื่อมีน้ำหนักตัว 2 กรัม

ผลจากการทดสอบอิทธิพลร่วมระหว่างบ่อและครอบครัว พบว่ามีผลต่อลักษณะน้ำหนักตัว ความยาวลำตัว ความยาวหาง ความยาวหัว เปอร์เซ็นต์ความยาวหาง เปอร์เซ็นต์ความยาวหัว และอัตราส่วนน้ำหนักตัวต่อความยาวลำตัว โดยเฉพาะในลักษณะเปอร์เซ็นต์ความยาวหาง เปอร์เซ็นต์ความยาวหัวและอัตราส่วนน้ำหนักตัวต่อความยาวลำตัวทีมีการเปลี่ยนแปลงของลำดับที่ค่าเฉลี่ยของครอบครัว ดังนั้นในการศึกษาครั้งต่อไป ควรที่จะมีการเพิ่มปัจจัยดังกล่าวเข้าไปในสมการ

การจัดเก็บข้อมูลของกุ้งในระยะทำเครื่องหมายและระยะเก็บเกี่ยว ควรจัดเก็บข้อมูลในวันเดียวกันเพื่อให้การศึกษาอิทธิพลที่เกิดจากจำนวนวันหลังฟักมีความถูกต้อง และในระยะเก็บเกี่ยวหลังจากที่ทำเครื่องหมายประจำครอบครัวแล้ว ควรกระจายกุ้งในแต่ละครอบครัวให้อยู่ในสิ่งแวดล้อมทุกสิ่งแวดล้อมที่ทำการทดลอง เพื่อให้การเปรียบเทียบอิทธิพลที่เกิดจากสิ่งแวดล้อมมีความถูกต้อง

Best Linear Unbiased Prediction เป็นเครื่องมือที่ใช้ในการทำนายคุณค่าการผสมพันธุ์ของสัตว์แต่ละตัว ในสัตว์บกเช่น โคนมและสุกร การพิจารณาพ่อแม่พันธุ์จะพิจารณาจากค่าคุณค่าการผสมพันธุ์ของสัตว์แต่ละตัวและนำสัตว์ที่มีคุณค่าการผสมพันธุ์ที่ดีมาใช้เป็นพ่อแม่พันธุ์ แต่ในกุ้งซึ่งเป็นสัตว์ที่มีวงจรชีวิตสั้นโดยเฉพาะระยะเวลาในการสืบพันธุ์และเกิดการตายได้ง่ายระหว่างการเลี้ยง ดังนั้นการคัดเลือกสัตว์เป็นพ่อแม่พันธุ์ควรพิจารณาจากค่าเฉลี่ยคุณค่าการผสมพันธุ์ของสัตว์ในแต่ละครอบครัว โดยนำครอบครัวที่มีค่าเฉลี่ยคุณค่าการผสมพันธุ์ที่ดีมาใช้เป็นพ่อแม่พันธุ์

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

เอกสารและสิ่งอ้างอิง

กระทรวงอุตสาหกรรม. 2546. **มาตรฐานกุ้งสดแช่แข็ง**. กรุงเทพฯ.

แก้วตา ลิ้มเฮง. 2548. **การเปรียบเทียบการเจริญเติบโต ผลผลิต และผลตอบแทน ระหว่างการเลี้ยงกุ้งกุลาดำแลกุ้งขาวแวนนาไมน้ำความเค็มต่ำ**. วิทยานิพนธ์ปริญญาโท, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

ชลอ ลิ้มสุวรรณ และพรเลิศ จันทร์รัชชกุล. 2547. **อุตสาหกรรมการเพาะเลี้ยงกุ้งในประเทศไทย**. บริษัทเมจิคพับบลิเคชั่น, กรุงเทพฯ.

ถิรประภา รัตนโชติ. 2550. **การเลี้ยงกุ้งขาวแวนนาไมที่ความเค็มแตกต่างกันในน้ำความเค็มต่ำเพื่อให้ได้ผลตอบแทนสูงสุด**. วิทยานิพนธ์ปริญญาโท, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

วิทยา รัตนะ. 2549. **ผลระดับความเค็มต่ำและองค์ประกอบของธาตุในน้ำที่มีผลต่อการเจริญเติบโตและอัตรารอดตายของกุ้งขาว (*Litopenaeus vannmei*)**. วิทยานิพนธ์ปริญญาโท, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

พรรณิภา พรหมเพ็ชร. 2547. **การศึกษาการเลี้ยงกุ้งขาวแปซิฟิก (*Litopenaeus vannamei*) แบบพัฒนาด้วยความเค็มต่ำ**. วิทยานิพนธ์ปริญญาโท, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

สถาบันอาหาร. 2547. **ข้อมูลเพื่อการวางแผนด้านยุทธศาสตร์อุตสาหกรรมอาหารของไทย.** สถาบันอาหาร, กรุงเทพฯ.

สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร. 2548. **ตารางที่ 16 สรุปราคารายวันและเฉลี่ยรายเดือนของเดือนธันวาคม 2548**. สรุปราคาเฉลี่ยรายวันและเฉลี่ยรายเดือน. แหล่งที่มา: http://www.oae.go.th/Price/Daily-price/PriceDAY/index.html, 28 พฤศจิกายน 2551.

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

_____. 2549. **ตารางที่ 19 สรุปราคารายวันและเฉลี่ยรายเดือนของเดือนธันวาคม 2549.** สรุปราคาเฉลี่ยรายวันและเฉลี่ยรายเดือน. แหล่งที่มา: http://www.oae.go.th/Price/Daily-price/PriceDAY/index.html, 28 พฤศจิกายน 2551.

_____. 2550. **ตารางที่ 15 กุ้งขาวแวนนาไม: ราคารายวันและเฉลี่ยรายเดือน ธันวาคม 2550**. สรุปราคาเฉลี่ยรายวันและเฉลี่ยรายเดือน. แหล่งที่มา: http://www.oae.go.th/Price/Daily-price/PriceDAY/index.html, 28 พฤศจิกายน 2551.

_____. 2551. **ตารางที่ 14 กุ้งขาวแวนนาไม: ราคารายวันและเฉลี่ยรายเดือน ตุลาคม 2551**. สรุปราคาเฉลี่ยรายวันและเฉลี่ยรายเดือน. แหล่งที่มา: http://www.oae.go.th/Price/Daily-price/PriceDAY/index.html, 28 พฤศจิกายน 2551.

ศูนย์สารสนเทศ กรมประมง กระทรวงเกษตรและสหกรณ์. 2551. **สถิติการประมงแห่งประเทศไทย พ.ศ. 2549**. กรมประมง, กรุงเทพฯ.

_____. 2553. **สถิติการประมงแห่งประเทศไทย พ.ศ. 2551**. กรมประมง, กรุงเทพฯ.

อรอนงค์ ประวิทย์วิไลกุล. 2547. **การเปรียบเทียบการเลี้ยงกุ้งขาวแปซิฟิก (*Litopenaeus vannamei* Boone, 1931) ในบ่อดินและบ่อที่ปูด้วยโพลีเอททีลีน**. วิทยานิพนธ์ปริญญาโท, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

Araneda, M., E.P. Pérez and E. Gasca-Leyva. 2008. White shrimp *Penaeus vannamei* culture in freshwater at three densities: Condition state based on length and weight. **Aquaculture** 283: 13-18.

Arce, S.M., Moss S.M. and B.J. Argue. 2000. Artificial insemination and spawning of pacific white shrimp *Litopenaeus vannamei*: implications for a selective breeding program. **UJNR Technical Report**. 28: 5-8.

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

Argue, B.J., S.M. Arce, J.M. Lotz and S.M. Moss. 2002. Selective breeding of Pacific white shrimp (*Litopenaeus vannamei*) for growth and resistance to Taura Syndrome Virus. **Aquaculture** 204: 447-460.

Arnstein, D.R. and T.W. Beard. 1975. Induced maturation of the prawn *Penaeus orientalis* Kishinouye in the laboratory by means of eyestalk removal. **Aquaculture** 5: 411-412.

Aquacop. 1979. Penaeid reared broodstock: closing the cycle of *P. monodon*, *P. stylirostris* and *P. vannamei*. **Proc. World Maric. Soc.** 10: 445–452.

Bailey-Brock, H.J. and S.M. Moss. 1992. Penaeid taxonomy biology and zoogeography, pp. 9-27. *In* A.W. Fast and L.J. Lester, eds. **Marine Shrimp Culture Principle and Practices**. Elsevier, New York.

Benzie, J.A.H., M. Kenway and L. Trott. 1997. Estimates for the heritability of size in juvenile *Penaeus monodon* prawns from half-sib matings. **Aquaculture** 152: 49-53.

Bray, W.A., A.L. Lawrence and J.R. Leung-trujilo. 1994. The effect of salinity on growth and survival of *Penaeus vannamei*, with observations on the interaction of IHHN virus and salinity. **Aquaculture** 122: 133-146.

Bourdon, R.M. 2000. **Understanding Animal Breeding**. 2nd ed. Prentice-Hall, Inc., New Jersey, USA.

Caillouet, C.W. 1972. Ovarian maturation induced by eyestalk ablation in pink shrimp, *Penaeus duorarum* Burkenroad. **Proc. World Maric. Soc.** 3: 205-225.

Carpenter, K.E. and V.H. Niem, eds. 1998. **FAO Speices Identification Guide for Fisher Purposes: The Liveng Marine Resources of the Western Central Pacific.** Vol. 2. FAO, Rome.

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

Castillo-Juárez, H. 2004. Heritability of body weight at 130 days from hatching in the Pacific white shrimp (*Litopenaeus vannamei*) using an animal model. **Abstracts American Dairy Science Association, American Society of Animal Science, Poultry Science Association** (2004): Abstract M3.

_____, J.C.Q. Casares, G. Campos-Montes, C.C. Villela, A.M. Ortega and H.H. Montaldo. 2007. Heritability for body weight at harvest size in the Pacific white shrimp, *Penaeus* (*Litopenaeus*) *vannamei*, from a multi-environment experiment using univariate and multivariate animal models. **Aquaculture** 273: 42-49.

Ceballos-Vázquez, B.P., C. Rosas and I.S. Racotta. 2003. Sperm quality in relation to age and weight of white shrimp *Litopenaeus vannamei*. **Aquaculture** 228: 141 -151.

Chow, S. and Sandifer P.A. 1991. Different in growth, morphometric traits and male sexual maturity among Pacific white shrimp, *Penaeus vannamei*, from different commercial hatcheries. **Aquaculture** 92: 165-178.

Coman, G.J., P.J. Crocos, N.P. Preston and D. Fielder. 2004. The effects of density on the growth and survival of different families of juvenile *Penaeus japonicas* Bate. **Aquaculture** 229: 215-223.

_____, S.J. Arnold, A.T. Wood and P.D. Kube. 2010. Age: Age genetic correlations for weight of *Penaeus monodon* reared in broodstock tank systems. **Aquaculture** 307: 1-5.

Durel, C.E., F. Laurens, A. Fouillet and Y. Lespinasse. 1998. Utilization of pedigree information to estimate genetic parameters from large unbalanced data sets in apple. **Theor. Appl. Genet.** 96: 1077-1085.

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

Duchateau, L., P. Janssen and J.G. Rowlands. 1998. **Linear Mixed Models: An Introduction with Applications in Veterinary Research**. International Livestock Research Institute, Ethiopia.

Falconer, D.S. and T.F.C. Mackay. 1996. **Introduction to Quantitative Genetics.** 4th ed. Longman, Harlow, England.

Gilmour, A.R., B.J. Gogel, B.R. Cullis, S.J. Welham and R. Thompson. 2002. **ASReml User Guide Release 1.0**. VSN Internationl, UK.

Gitterle, T., B. Gjerde, J. Cock, M. Salazar, M. Rye, O. Vidal, C. Lozano, C. Erazo and R. Salte. 2006a. Optimization of experimental infection protocols for the estimation of genetic parameters of resistance to White Spot Syndrome Virus (WSSV) in *Penaeus* (*Litopenaeus*) *vannamei*. **Aquaculture** 261: 501-509.

_____, M. Rye, R. Salte, J. Cock, H. Johansen, C. Lozano, J.A. Suárez and B. Gjerde. 2005a. Genetic (co)variation in harvest body weight and survival in *Penaeus* (Litopenaeus) *vannamei* under standard commercial conditions. **Aquaculture** 243: 83-92.

_____, R. Salte, B. Gjerde, J. Cock, H. Johansen, M. Salazar, C. Lozano and M. Rye. 2005b. Genetic (co)variation in resistance to white Spot Syndrome Virus (WSSV) and harvest weight in *Penaeus* (*Litopenaeus*) *vannamei*. **Aquaculture** 246: 139-149.

_____, J. Ødegård, B. Gjerde, M. Rye and R. Salte. 2006b. Genetic parameters and accuracy of selection for resistance to White Spot Syndrome Virus (WSSV) in *Penaeus* (*Litopenaeus*) *vannamei* using different statistical models. **Aquaculture** 251:201-218.

Goyard, E., J. Patrois, J. Peignon, V. Vanaa, R. Dufour, J. Viallon and E. Bedier. 2002. Selection for better growth of *Penaeus stylirostris* in Tahiti and New Caledonia. **Aquaculture** 204: 461-468.

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

Hansford, S.W. and D.R. Hewitt. 1994. Growth and nutrient digestibility by male and female *Penaeus monodon*: evidence of sexual dimorphism. **Aquaculture** 125: 147-154.

Hetzel, D.J.S., P.J. Crocos, G.P. Davis, S.S. Moore and N.C. Preton. 2000. Response to selection and heritability for growth in the Kuruma prawn, *Penaeus japonicus*. **Aquaculture** 181: 215-223.

Hoang, T., M. Barchiesis, S.Y. Lee, C.P. Keenan and G.E. Marsden. 2003. Influences of light intensity and photoperiod on moulting and growth of *Penaeus merguiensis* cultured under laboratory conditions. **Aquaculture** 216: 343-354.

Ibarra, A.M., F.G. Arcos, T.R. Famula, E. Palacios and I.S. Racotta. 2005. Heritability of the categorical trait 'number of spawns' in Pacific white female shrimp *Penaeus* (*Litopenaeus*) *vannamei*. **Aquaculture** 250: 95-101.

Jiann-Chu, C. and C. Sheue-Feng. 1992. Effects of nitrite on growth and molting of *Penaeus monodon* juveniles. **Comparative biochemistry and physiology Part C: Comparative Pharmacoloty** 101: 453-458.

_____ and L. Chi-Yuan. 1992. Effects of ammonia on growth and molting of *Penaeus monodon* juveniles. **Comparative Biochemistry and Physiology physiology Part C: Comparative Pharmacoloty** 101: 449-452.

Kenway, M., M. Macbeth, M. Salmon, C. McPhee, J. Benzie, K. Wilson and W. Knibb. 2006. Heritability and genetic correlations of growth and survival in black tiger prawn *Penaeus monodon* reared in tanks. **Aquaculture** 259: 138-145.

Kibria, G. 1993. Studies on molting, molting frequency and growth of shrimp (*Penaeus monodon*) fed on natural and compounded diets. **Asian Fisheries Science** 6: 203-211.

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

Kitani, H. 1986. Larval development of the white shrimp *Penaeus vannamei* Boone reared in the laboratory and the statistical observation of its naupliar stages. **Bulletin of the Japanese Society of Scientific Fisheries** 52: 1131-1139.

Klápště, J., M. Lstibûrek and J. Kobliha. 2007. Initial evaluation of half-sib progenies of Norway spruce using the best linear unbiased prediction. **J. For. Sci.** 53: 41-46.

Li, H.Y. and S.Y. Hong. 2006. The effect of temperature and salinity on survival and growth of *Cragon uritai* (Decapoda: Crangonidae) larvae reared in the laboratory. **Marine Ecology** 28: 288-295.

Macbeth, M., M. Kenway, M. Kenway, M. Salmon, J. Benzie, W. Knibb and K. Wilson. 2007. Heritability of reproductive traits and genetic correlations with growth in the black tiger prawn *Penaeus monodon* reared in tanks. **Aquaculture** 270: 51-56.

Maluwa, A.O., B. Gjerde and R.W. Ponzoni. 2006. Genetic parameters and genotype by environment interaction for body weight of *Oreochromis shiranus*. **Aquaculture** 259: 47-55.

Moss D.R. and S.M. Moss. 2006. Effects of gender and size on feed acquisition in the Pacific White Shrimp *Litopenaeus vannamei.* **Journal of World Aquaculture Society** 37: 161-167.

Navarro, A., M. J. Zamorano, S. Hildebrandt, R. Ginés, C. Aguilera and J.M. Afonso. 2009. Estimates of heritabilities and genetic correlations for growth and carcass traits in gilthead seabream (*Sparua auratus* L.), under industrial conditions. **Aquaculture** 289: 225-230.

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

Neira, R., J.P. Lhorente, C. Araneda, N. Díaz, E. Bustos and A. Alert. 2004. Studies on carcass quality traits in two populations of Coho salmon (*Oncorhynchus kisutch*): phenotypic and genetic parameters. **Aquaculture** 241: 117-131.

Parnes S., E. Mills, C. Segall, S. Raviv, C. Davis and A. Sagi. 2004. Reproductive readiness of the shrimp *Litopenaeus vannamei* grown in a brackish water system. **Aquaculture** 236: 593-606

Pérez-Rostro, C.I. and A.M. Ibarra. 2003a. Heritabilities and genetic correlations of size traits at harvest size in sexually dimorphic Pacific white shrimp (*Litopenaeus vannamei*) grown in two environments. **Aquaculture Research** 34: 1079-1085.

_____ and _____. 2003b. Quantitative genetic parameter estimates for size and growth rate traits in Pacific white shrimp, *Penaeus vannamei* (Boone 1931) when reared indoors. **Aquaculture Research**. 34: 543-553.

_____, J.L. Ramirez and A.M. Ibarra. 1999 . Maternal and cage effect on genetic parameter estimation for Pacific white shrimp *Penaeus vannamei* Boone. **Aquaculture Research** 30: 681-693.

Ponce-Palafox, J., C.A. Martinez-Palacios and L.G. Ross. 1997. The effects of salinity and temperature on the growth and survival rates of juvenile white shrimp, *Penaeus vannamei*, Boone, 1931. **Aquaculture** 157: 107-115.

Primavera, J.H. 1978. Induced maturation and spawning in five-month-old *Penaeus monodon* Fabricius by eyestalk ablation. **Aquaculture** 13: 355-359.

SAS. 2003. **SAS OnlineDoc 9.1.3**. SAS Institute Inc., Cary, NC, USA.

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

Sudo, H. 2003. Effect of temperature on growth, sexual maturity and reproduction of *Acanthomysisrobusta* (Crustacea: Mysidacea) reared in the laboratory. **Marine Biology** 143: 1095-1107.

Tave, D. 1986. **Genetics for Fish Hachery Managers**. AVI Publishing Company, Inc., New York.

Wlison, W., H. Atwood, A. Stokes and C.L. Browdy. 2006. Effect of natural production in a zero exchange suspended microbial floc based super-intensive culture system for white shrimp *Litopenaeus vannamei*. **Aquaculture** 258: 396-403.

Wyban, J.A. and J.N. Sweeney. 1991. **The Oceanic Institute Shrimp Manual: Intensive Shrimp Production Technology**. The Oceanic Institute, Hawaii, USA.

_____, W.A. Walsh and D.M. Godin. 1995. Temperature effects on growth, feeding rate and feed conversion of the Pacific white shrimp (*Penaeus vannamei*). **Aquaculture** 138: 267-279.

Yano, I., B. Tsukimura, J.N. Sweeney and J.A. Wyban. 1988. Induced ovarian maturation of Penaeus vannamei by implantation of lobster ganglion. **Journal of World Aquaculture Society** 19: 204-209.

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ภาคผนวก

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

การเขียน Proc Univariate ในโปรแกรม SAS เพื่อหาค่าสถิติเบื้องต้นของลักษณะน้ำหนักตัวในกุ้งขาวระยะเก็บเกี่ยว

```
Data Harvest;
Infile 'D:\KASET\Thesis\Data\Thesis\SAS\Dataset-02.txt' DLM = '09'x;
Input Animal $ Sire $ Dam $ Family Sex Pond By Bm Bd Hy Hm Hd Age Weight AL CL BL
ALBL CLBL WBL;
Proc Univariate Normal ;
Var Weight;
```

ผลที่ได้รับ

The UNIVARIATE Procedure

Variable: Weight

Moments

N	1664	Sum Weights	1664
Mean	18.7021635	Sum Observations	31120.4
Std Deviation	3.00516215	Variance	9.03099953
Skewness	0.32856071	Kurtosis	0.95680788
Uncorrected SS	597037.36	Corrected SS	15018.5522
Coeff Variation	16.0685268	Std Error Mean	0.0736701

จำนวนข้อมูลเท่ากับ 1,664 ตัว ค่าเฉลี่ย 18.7 กรัม ส่วนเบี่ยงแบนมาตรฐาน 3.0 กรัม ความแปรปรวน 9.03 กรัม^2 ความเป้เท่ากับ 0.33 ความโด่งเท่ากับ 0.96

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

Basic Statistical Measures

Location		Variability	
Mean	18.70216	Std Deviation	3.00516
Median	18.50000	Variance	9.03100
Mode	16.80000	Range	26.70000
		Interquartile Range	3.60000

NOTE: The mode displayed is the smallest of 3 modes with a count of 31.

มัธยฐาน 18.5 กรัม ฐานนิยม 16.8 กรัม พิสัย 26.7 กรัม พิสัยระหว่างคลอร์ไทล์ 3.6 กรัม

Tests for Location: Mu0=0

Test	-Statistic-		-----p Value------
Student's t	t	253.8637	Pr > |t| <.0001
Sign	M	832	Pr >= |M| <.0001
Signed Rank	S	692640	Pr >= |S| <.0001

ทดสอบค่าเฉลี่ยพบว่า ค่าเฉลี่ยไม่เท่ากับ 0

Tests for Normality

Test	--Statistic---		-----p Value------
Shapiro-Wilk	W	0.985172	Pr < W <0.0001
Kolmogorov-Smirnov	D	0.055772	Pr > D <0.0100
Cramer-von Mises	W-Sq	1.203626	Pr > W-Sq <0.0050
Anderson-Darling	A-Sq	7.07326	Pr > A-Sq <0.0050

ทดสอบการกระจายตัว พบว่ามีการกระจายตัวไม่เป็นปกติ

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

Quantiles (Definition 5)

Quantile	Estimate
100% Max	33.9
99%	26.5
95%	24.0
90%	22.7
75% Q3	20.4
50% Median	18.5
25% Q1	16.8
10%	15.2
5%	14.4
1%	11.7
0% Min	7.2

ค่าสูงสุดของน้ำหนักตัวเท่ากับ 33.9 กรัม คลอร์ไทล์ที่ 3 มีค่า 20.4 กรัม คลอร์ไทล์ที่ 1 มีค่า 16.8 กรัม ค่าต่ำสุดเท่ากับ 7.2 กรัม

Extreme Observations

----Lowest----		----Highest---	
Value	Obs	Value	Obs
7.2	1664	27.7	8
7.3	1662	28.5	4
7.9	1663	28.7	14
7.9	1660	29.7	2
9.4	1661	33.9	1

ข้อมูลที่มีค่าสูงมากที่สุด 5 อันดับแรกได้แก่ ค่าสังเกตที่ 1, 2, 14, 4 และ 8 โดยมีค่าเท่ากับ 33.9, 29.7, 28.7, 28.5 และ 27.7 กรัม ตามลำดับ ข้อมูลที่มีค่าต่ำ 5 อันดับแรกได้แก่ ค่าสังเกตที่ 1,664, 1,662, 1,663, 1,660 และ 1,661 โดยมีค่าเท่ากับ 7.2, 7.3, 7.9, 7.9 และ 9.4 กรัม ตามลำดับ

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

การเขียน Proc GLM ในโปรแกรม SAS เพื่อทดสอบอิทธิพลของปัจจัยที่คาดว่าจะมีผลต่อลักษณะน้ำหนักตัวในกุ้งขาวระยะเก็บเกี่ยว

```
Data Harvest1;
Infile 'D:\KASET\Thesis\Data\Thesis\SAS\Dataset-02.txt' DLM = '09'x;
Input Animal $ Sire $ Dam $ Family Sex Pond By Bm Bd Hy Hm Hd Age Weight AL CL BL
ALBL CLBL WBL;
Proc GLM;
Class Sex Age Pond;
Model Weight = Sex Age Pond;
Lsmeans Sex Age  Pond / stderr pdiff;
```

ผลที่ได้รับ

The GLM Procedure

Class Level Information

Class	Levels	Values
Sex	2	0 1
Age	5	121 122 123 124 125
Pond	3	1 2 3

Number of observations 1664

Dependent Variable: Weight

Source	DF	Sum of Squares	Mean Square	F Value	Pr > F
Model	7	5819.72075	831.38868	149.67	<.0001
Error	1656	9198.83147	5.55485		
Corrected Total	1663	15018.55221			

R-Square	Coeff Var	Root MSE	Weight Mean
0.387502	12.60214	2.356873	18.70216

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

Source	DF	Type I SS	Mean Square	F Value	Pr > F
Sex	1	190.790963	190.790963	34.35	<.0001
Age	4	339.847976	84.961994	15.30	<.0001
Pond	2	5289.081806	2644.540903	476.08	<.0001

Source	DF	Type III SS	Mean Square	F Value	Pr > F
Sex	1	183.994594	183.994594	33.12	<.0001
Age	4	117.969420	29.492355	5.31	0.0003
Pond	2	5289.081806	2644.540903	476.08	<.0001

ทดสอบอิทธิพลของตัวแปรโดยพิจารณาที่ Type III SS พบว่าเพศ อายุ และบ่อมีอิทธิพลต่อลักษณะน้ำหนักตัว

Least Squares Means

Sex	Weight LSMEAN	Standard Error	H0:LSMEAN=0 Pr > |t|	H0:LSMean1= LSMean2 Pr > |t|
0	19.4718903	0.1018430	<.0001	<.0001
1	20.1373590	0.1024605	<.0001	

น้ำหนักตัวของกุ้งเพศผู้มีค่าเท่ากับ 19.47±0.10 กรัม เพศเมียมีน้ำหนักเฉลี่ยเท่ากับ 20.14±0.10 กรัม เพศผู้และเพศเมียน้ำหนักตัวแตกต่างกัน โดยเพศผู้มีน้ำหนักตัวมากกว่าเพศเมีย

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

Age	Weight LSMEAN	Standard Error	Pr > |t|	LSMEAN Number
121	19.4533723	0.2679832	<.0001	1
122	20.5245376	0.1998058	<.0001	2
123	19.7705694	0.1390431	<.0001	3
124	19.5584553	0.0932470	<.0001	4
125	19.7161884	0.1293790	<.0001	5

น้ำหนักตัวเฉลี่ยของกุ้งอายุ 121, 122, 123, 124 และ 125 วันหลังฟัก มีค่าเฉลี่ยน้ำหนักตัวเท่ากับ 19.45±0.27, 20.52±0.20, 19.77±0.14, 19.56±0.09 และ 19.71±0.13 กรัม ตามลำดับ

Least Squares Means for effect Age

Pr > |t| for H0: LSMean(i) = LSMean(j)

Dependent Variable: Weight

i/j	1	2	3	4	5
1		0.0012	0.2880	0.7073	0.3755
2	0.0012		0.0016	<.0001	0.0005
3	0.2880	0.0016		0.1891	0.7681
4	0.7073	<.0001	0.1891		0.3015
5	0.3755	0.0005	0.7681	0.3015	

NOTE: To ensure overall protection level, only probabilities associated with pre-planned comparisons should be used.

ทดสอบความแตกต่างของน้ำหนักตัวของแต่ละกลุ่มอายุพบว่า กุ้งในกลุ่มอายุ 122 วันมีค่าเฉลี่ยน้ำหนักตัวมากที่สุด และแตกต่างจากกุ้งในกลุ่มอายุอื่นๆอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ รองมาได้แก่กุ้งในกลุ่มอายุ 123, 125, 124 และ 121 โดยทั้ง 4 กลุ่มอายุ มีน้ำหนักตัวแตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

Pond	Weight LSMEAN	Standard Error	Pr > |t|	LSMEAN Number
1	17.9664239	0.0912541	<.0001	1
2	18.1963319	0.1254763	<.0001	2
3	23.2511181	0.1625165	<.0001	3

น้ำหนักตัวเฉลี่ยของกุ้งในบ่อที่ 1, 2 และ 3 มีค่าเท่ากับ 17.97±0.09, 18.20±0.13 และ 23.25±0.16 กรัม ตามลำดับ

Least Squares Means for effect Pond

Pr > |t| for H0: LSMean(i)=LSMean(j)

Dependent Variable: Weight

i/j	1	2	3
1		0.0922	<.0001
2	0.0922		<.0001
3	<.0001	<.0001	

NOTE: To ensure overall protection level, only probabilities associated with pre-planned comparisons should be used.

น้ำหนักกุ้งในบ่อที่ 3 มีค่ามากที่สุดและแตกต่างจากน้ำหนักกุ้งบ่ออื่นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ รองมาได้แก่ในบ่อที่ 2 และ 1 แต่แตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

การเขียน Proc GLM ในโปรแกรม SAS เพื่อทดสอบอิทธิพลร่วมระหว่างพันธุกรรมและสิ่งแวดล้อมมีผลต่อลักษณะน้ำหนักตัวในกุ้งขาวระยะเก็บเกี่ยว

```
Data Harvest1;
Infile 'D:\KASET\Thesis\Data\Thesis\SAS\Dataset-02.txt' DLM = '09'x;
Input Animal $ Sire $ Dam $ Family Sex Pond By Bm Bd Hy Hm Hd Age Weight AL CL BL
ALBL CLBL WBL;
Proc GLM;
Class Sex Age Pond Family;
Model Weight = Sex Age Pond Pond*Family;
```

ผลที่ได้รับ

The GLM Procedure

Class Level Information

Class	Levels	Values
Sex	2	0 1
Age	5	121 122 123 124 125
Pond	3	1 2 3
Family	12	1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 11 12

Number of observations 1664

Dependent Variable: Weight

Source	DF	Sum of Squares	Mean Square	F Value	Pr > F
Model	40	7447.49875	186.18747	39.91	<.0001
Error	1623	7571.05346	4.66485		
Corrected Total	1663	15018.55221			

R-Square	Coeff Var	Root MSE	Weight Mean
0.495887	11.54854	2.159827	18.70216

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

Source	DF	Type I SS	Mean Square	F Value	Pr > F
Sex	1	190.790963	190.790963	40.90	<.0001
Age	4	339.847976	84.961994	18.21	<.0001
Pond	2	5289.081806	2644.540903	566.91	<.0001
Pond*Family	33	1627.778005	49.326606	10.57	<.0001

Source	DF	Type III SS	Mean Square	F Value	Pr > F
Sex	1	130.704224	130.704224	28.02	<.0001
Age	4	50.456304	12.614076	2.70	0.0291
Pond	2	4643.874348	2321.937174	497.75	<.0001
Pond*Family	33	1627.778005	49.326606	10.57	<.0001

ทดสอบอิทธิพลของตัวแปรโดยพิจารณาที่ Type III SS พบว่าเพศ อายุ บ่อ และอิทธิพลร่วมระหว่างบ่อและครอบครัวมีอิทธิพลต่อลักษณะน้ำหนักตัว

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

การเขียน Proc corr ในโปรแกรม SAS เพื่อหาค่าสหสัมพันธ์ระหว่างลำดับที่ของค่าเฉลี่ยน้ำหนักตัวในแต่ละสิ่งแวดล้อม

```
data WBL;
input pond1 pond2 pond3;
cards;
  8      10      12      5      4      4
  3       3       2      6      7      6
 10       8      11      2      2      3
  9       6      10     11     11      7
 12       9       9      4      5      8
  1       1       1      7     12      5;
proc corr;
run; quit;
```

ผลที่ได้รับ

The CORR Procedure

3 Variables: pond1 pond2 pond3

Pearson Correlation Coefficients, N = 12

Prob > |r| under H0: Rho=0

	pond1	pond2	pond3
pond1	1.00000	0.81119	0.76923
		0.0014	0.0034
pond2	0.81119	1.00000	0.62937
	0.0014		0.0283
pond3	0.76923	0.62937	1.00000
	0.0034	0.0283	

ค่าสหสัมพันธ์ระหว่างบ่อที่ 1 และ 2, บ่อ 1 และ 3 และ บ่อ 2 และ 3 มีค่าเท่ากับ 0.81, 0.77 และ 0.63 ตามลำดับ

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

การเขียนคำสั่งในโปรแกรม ASREML เพื่อหาองค์ประกอบความแปรปรวนและความแปรปรวนร่วมของลักษณะน้ำหนักตัวกับลักษณะความยาวลำตัวของกุ้งขาวระยะเก็บเกี่ยว

```
Harvest
Anim    !P
Sire    !P
Dam     !P
Family  12
Sex     2
Pond    3
By      2009
Bm      1
Bd      26
Hy      2009
Hm      1
Hd      28
Age     125
BW
AL
CL
BL
ALBL
CLBL
BWBL
D:\KASET\Thesis\Data\Thesis\ASREML\Dataset-02new.ped  !ALPHA !MAKE !SKIP 1
!REPEAT
D:\KASET\Thesis\Data\Thesis\ASREML\Dataset-02new.dat !SKIP 1 !MAXIT 50 !ASMV 2
BW BL ~ Trait !f Tr.Pond Tr.Age Tr.Sex !r Tr.Anim
1 2 1
0 0 0
```

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

Trait 0 US !3 !GP

1

0 1

Tr.Anim

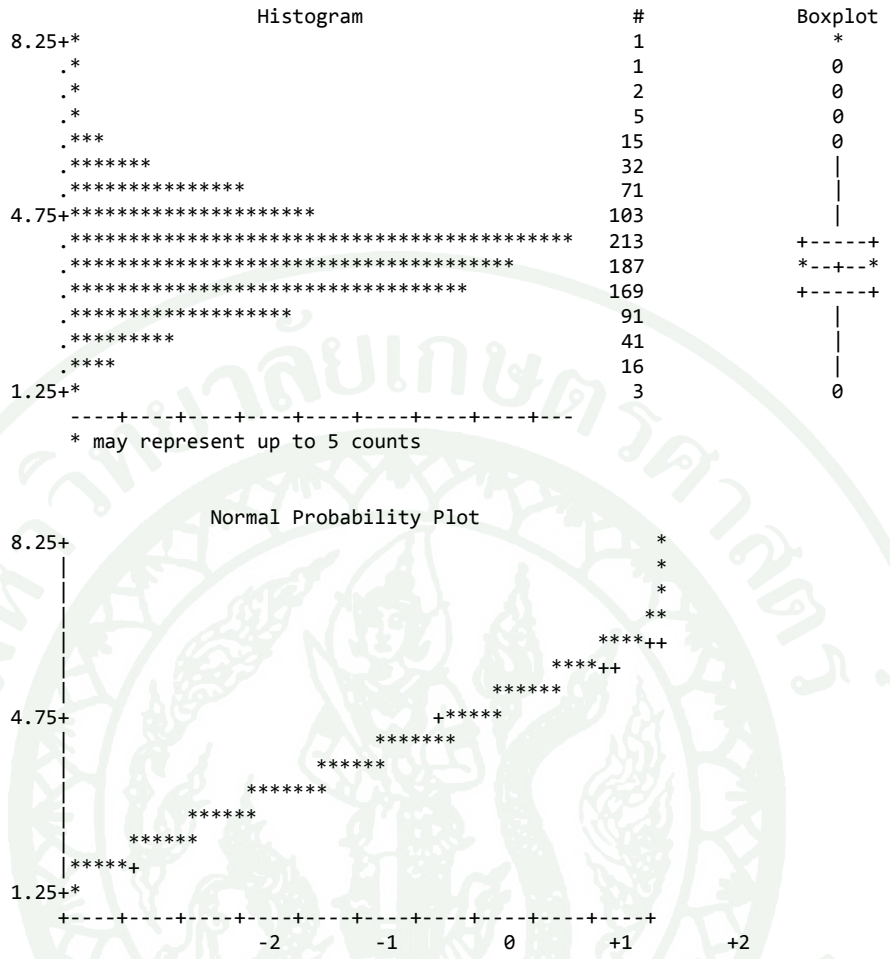
Trait 0 US !3 !GP

1

0 1

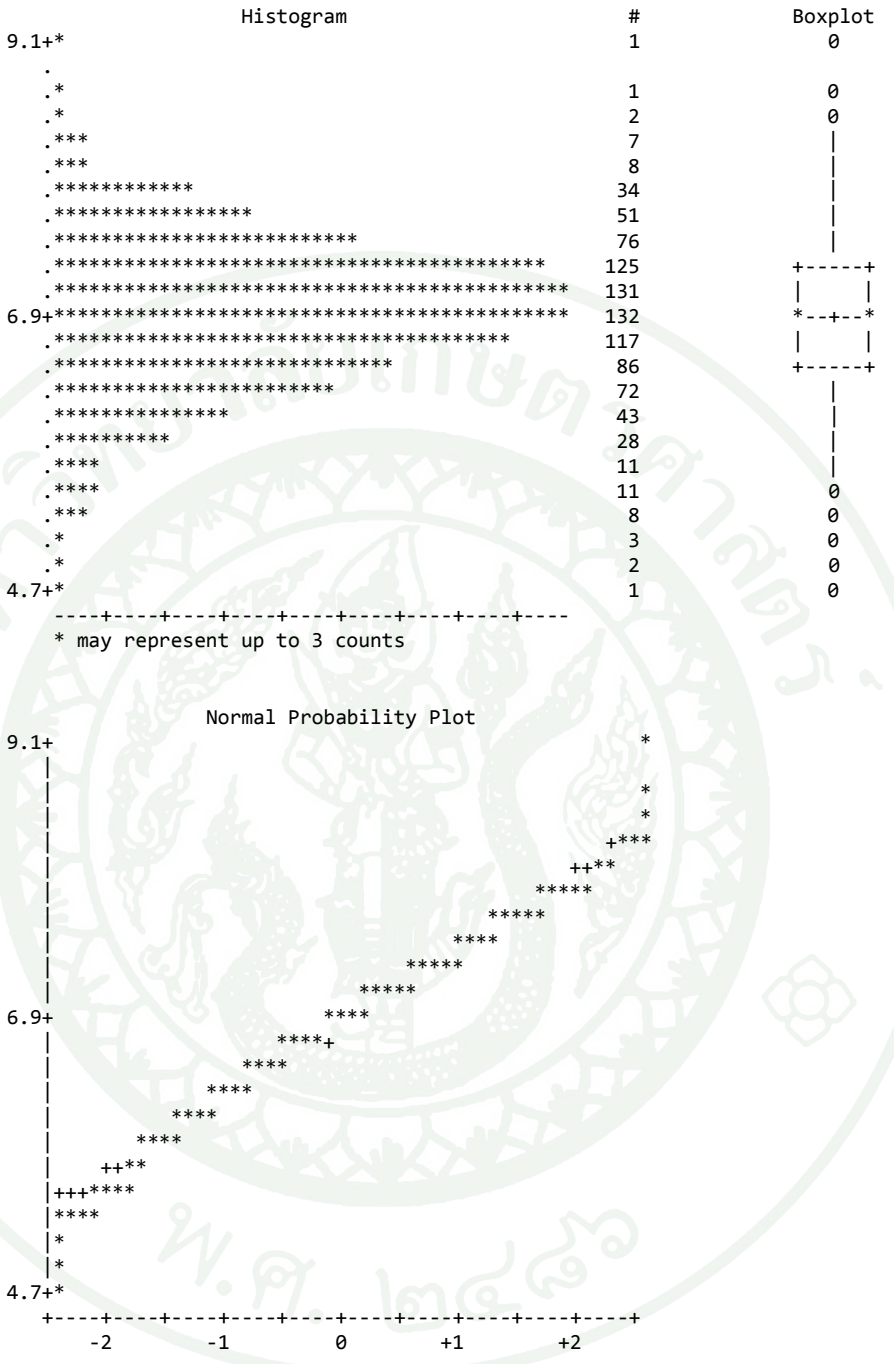
Anim

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์



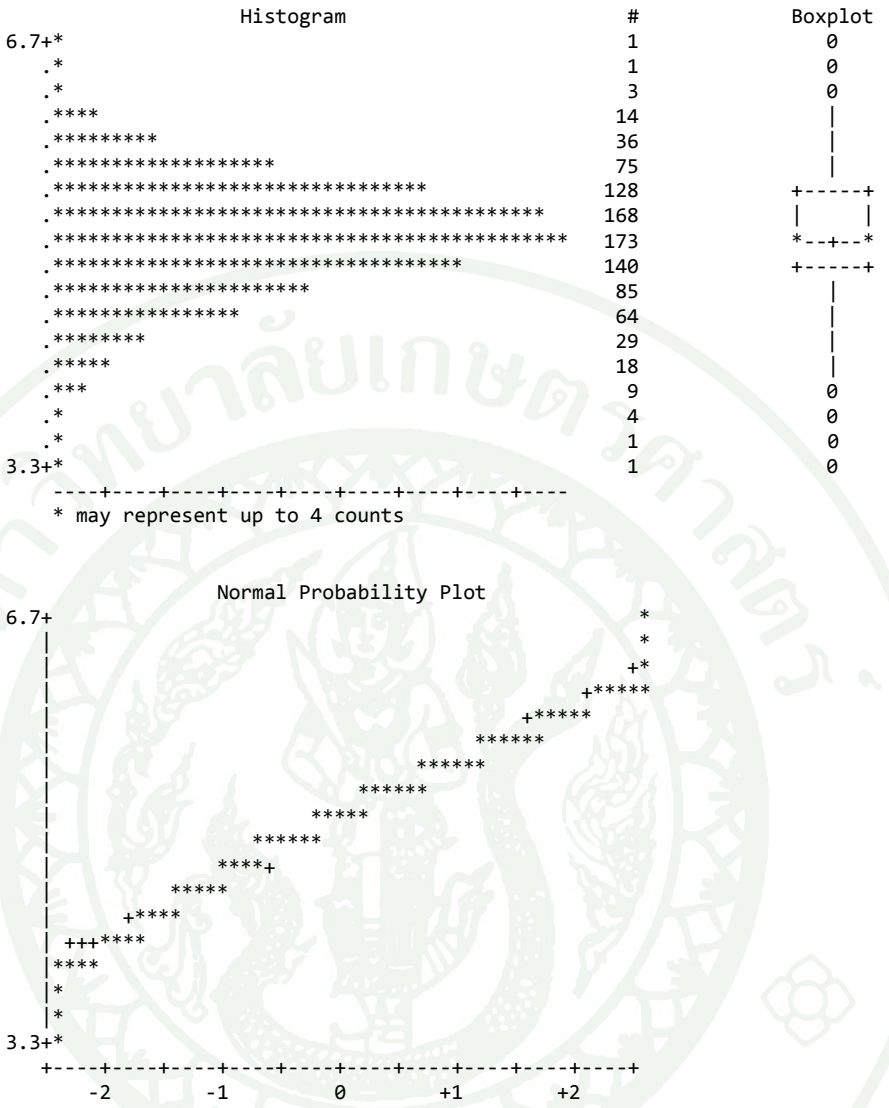
ภาพผนวกที่ 1 ลักษณะการกระจายของข้อมูลน้ำหนักตัวในกุ้งขาวระยะทำเครื่องหมายโดย Proc Univariate ในโปรแกรม SAS

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์



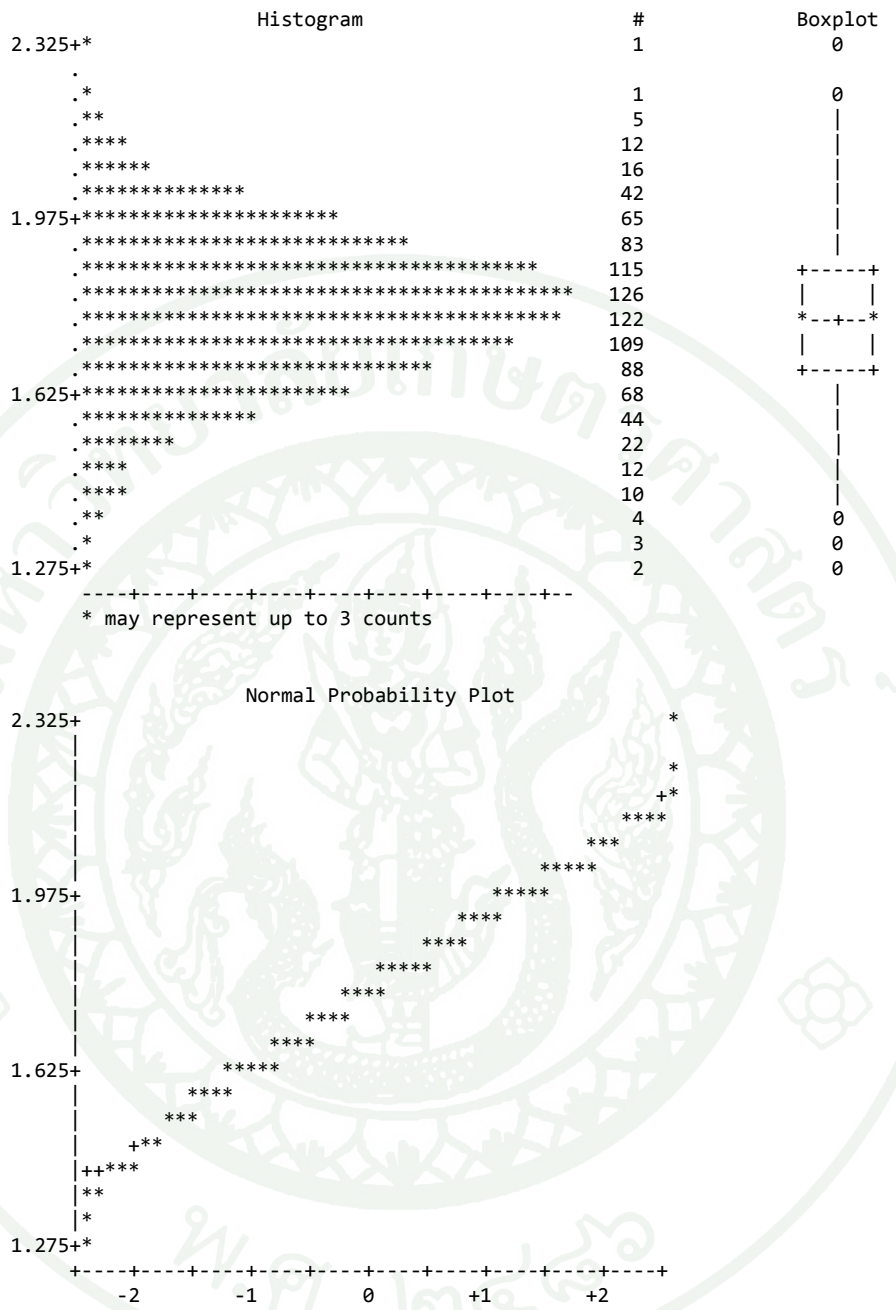
ภาพผนวกที่ 2 ลักษณะการกระจายของข้อมูลความยาวลำตัวในกุ้งขาวระยะทำเครื่องหมายโดย Proc Univariate ในโปรแกรม SAS

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์



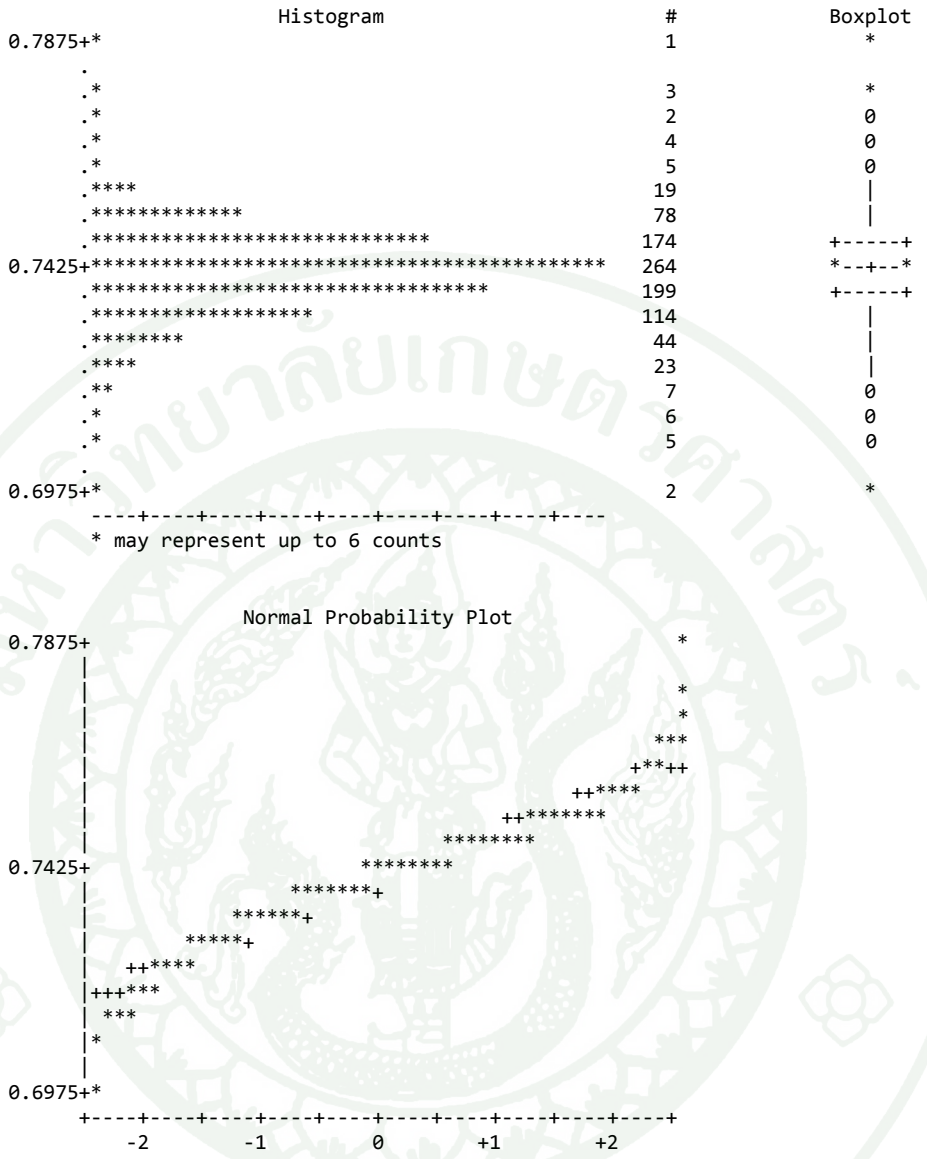
ภาพผนวกที่ 3 ลักษณะการกระจายของข้อมูลความยาวหางในกุ้งขาวระยะทำเครื่องหมายโดย Proc Univariate ในโปรแกรม SAS

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์



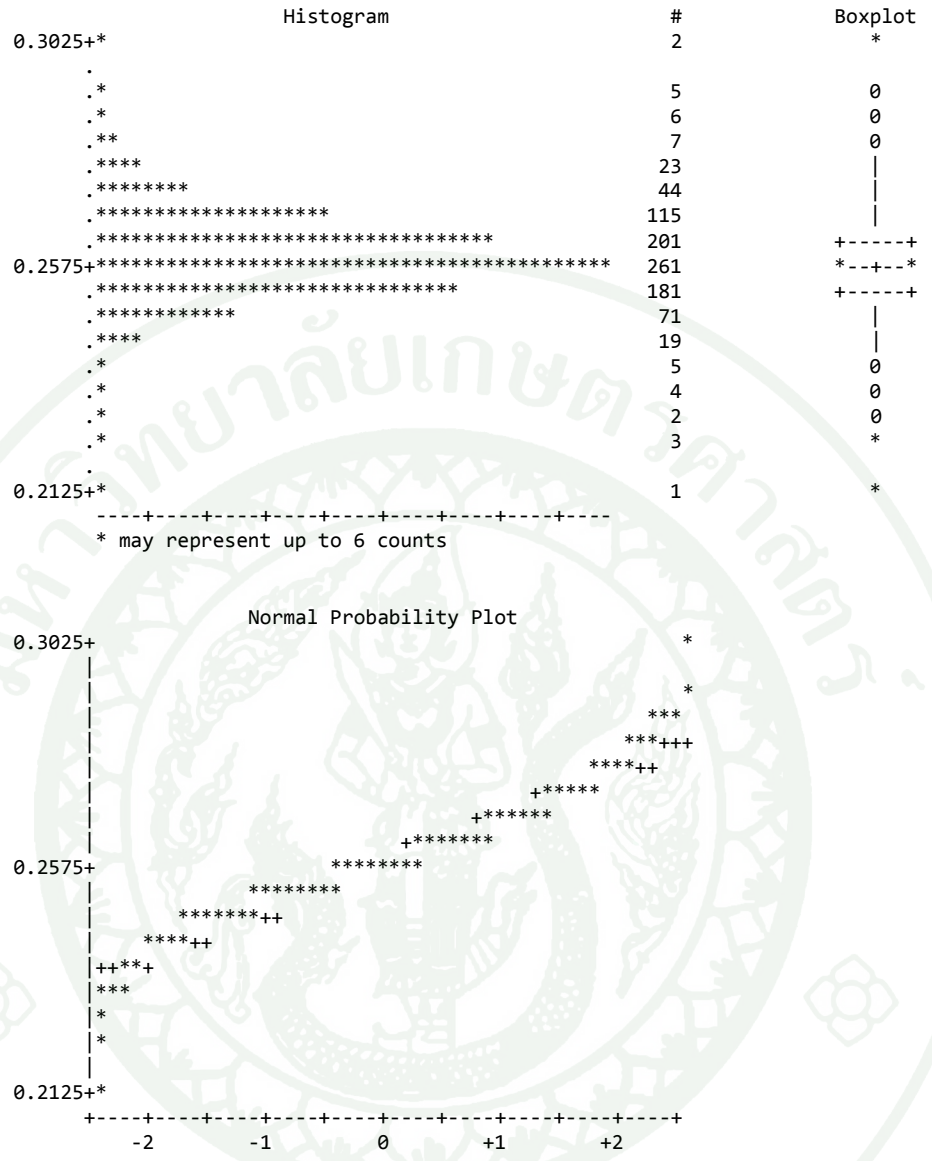
ภาพผนวกที่ 4 ลักษณะการกระจายของข้อมูลความยาวหัวในกุ้งขาวระยะทำเครื่องหมายโดย Proc Univariate ในโปรแกรม SAS

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์



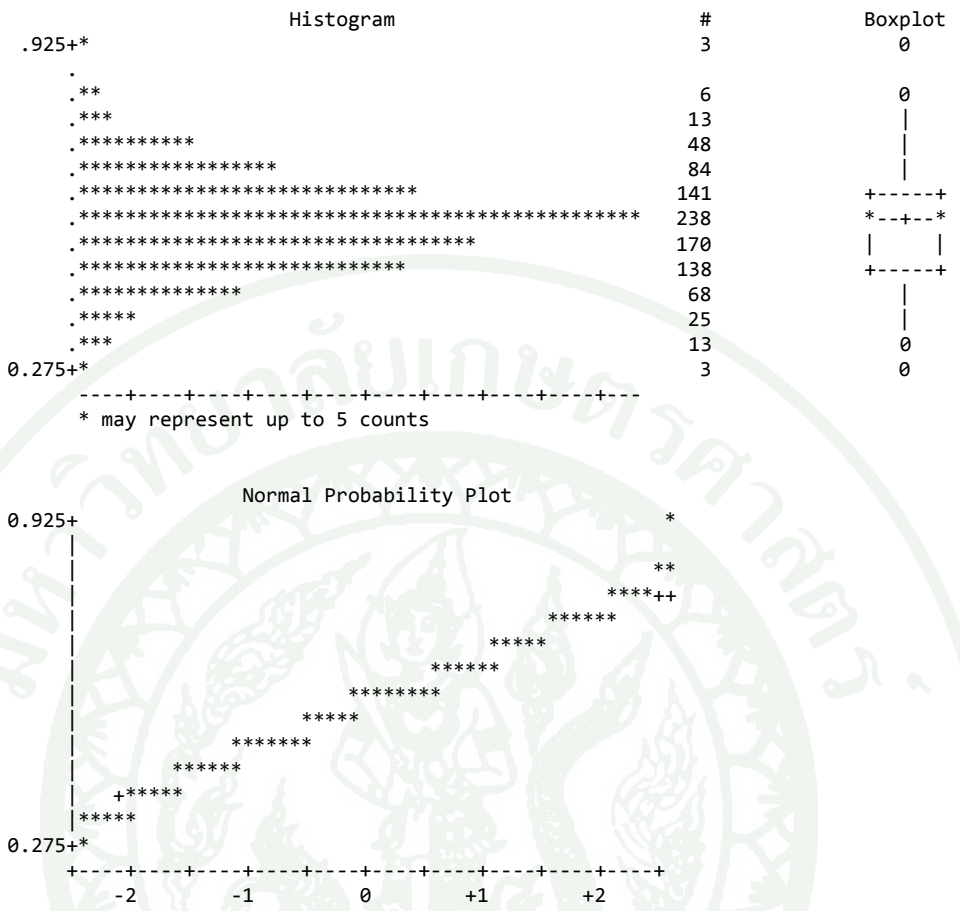
ภาพผนวกที่ 5 ลักษณะการกระจายของข้อมูลเปอร์เซ็นต์ความยาวหางในกุ้งขาวระยะทำเครื่องหมายโดย Proc Univariate ในโปรแกรม SAS

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์



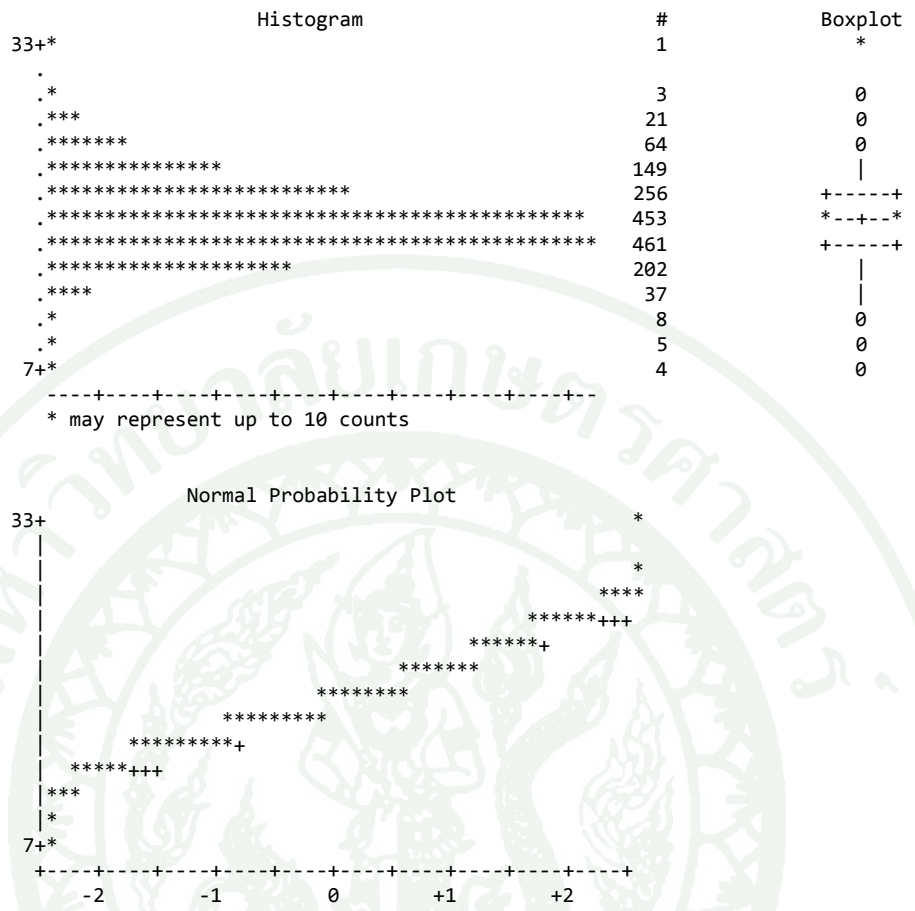
ภาพผนวกที่ 6 ลักษณะการกระจายของข้อมูลเปอร์เซ็นต์ความยาวหัวในกุ้งขาวระยะทำเครื่องหมาย โดย Proc Univariate ในโปรแกรม SAS

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์



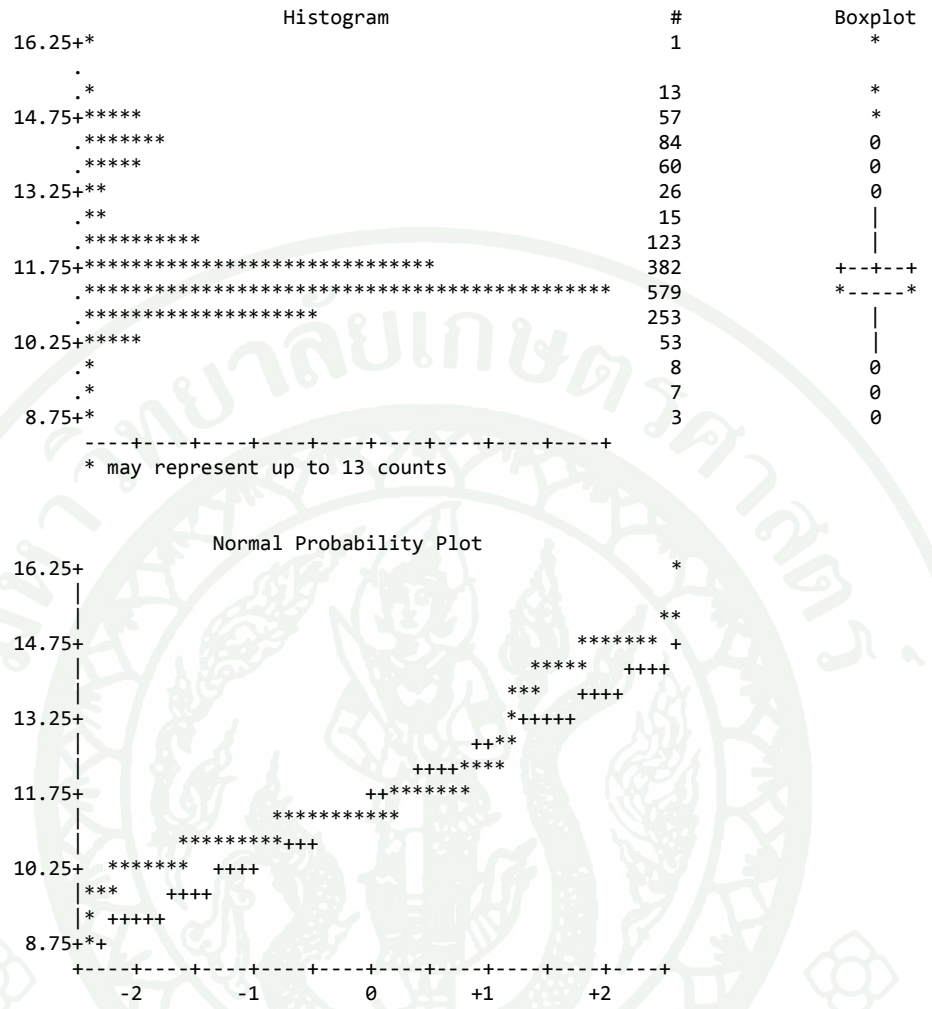
ภาพผนวกที่ 7 ลักษณะการกระจายของข้อมูลอัตราส่วนน้ำหนักตัวต่อความยาวลำตัวในกุ้งขาว ระยะทำเครื่องหมายโดย Proc Univariate ในโปรแกรม SAS

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์



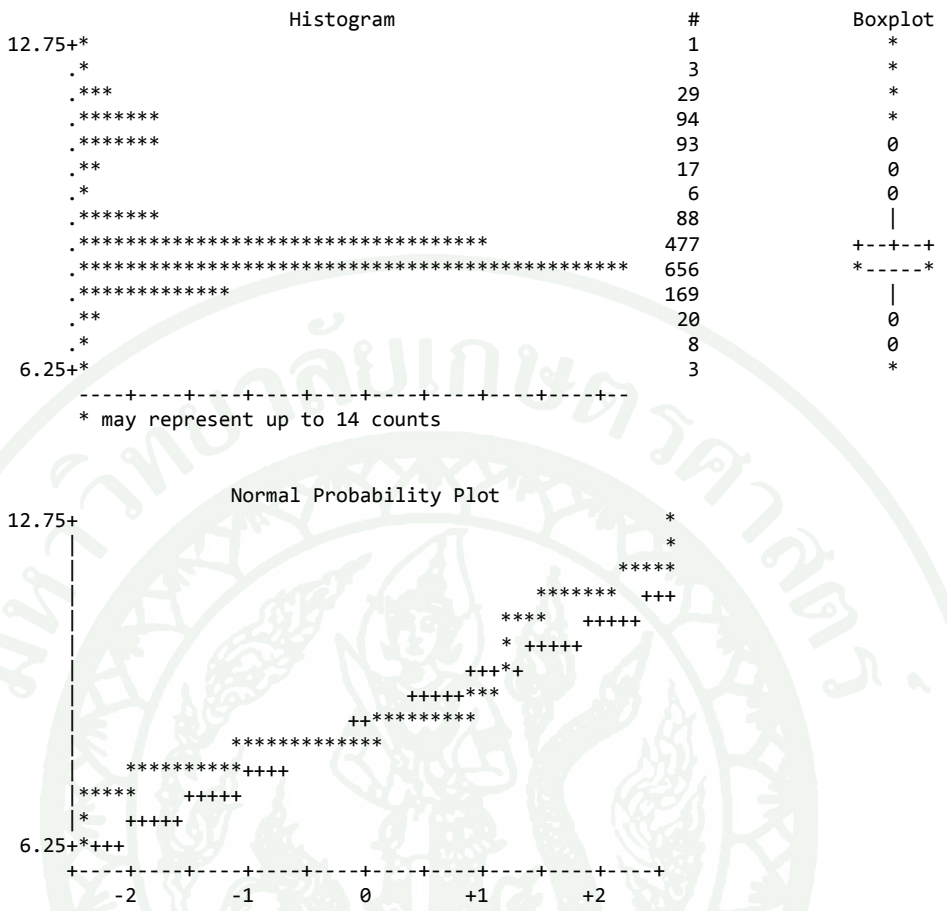
ภาพผนวกที่ 8 ลักษณะการกระจายของข้อมูลน้ำหนักตัวในกุ้งขาวระยะเก็บเกี่ยวโดย Proc Univariate ในโปรแกรม SAS

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์



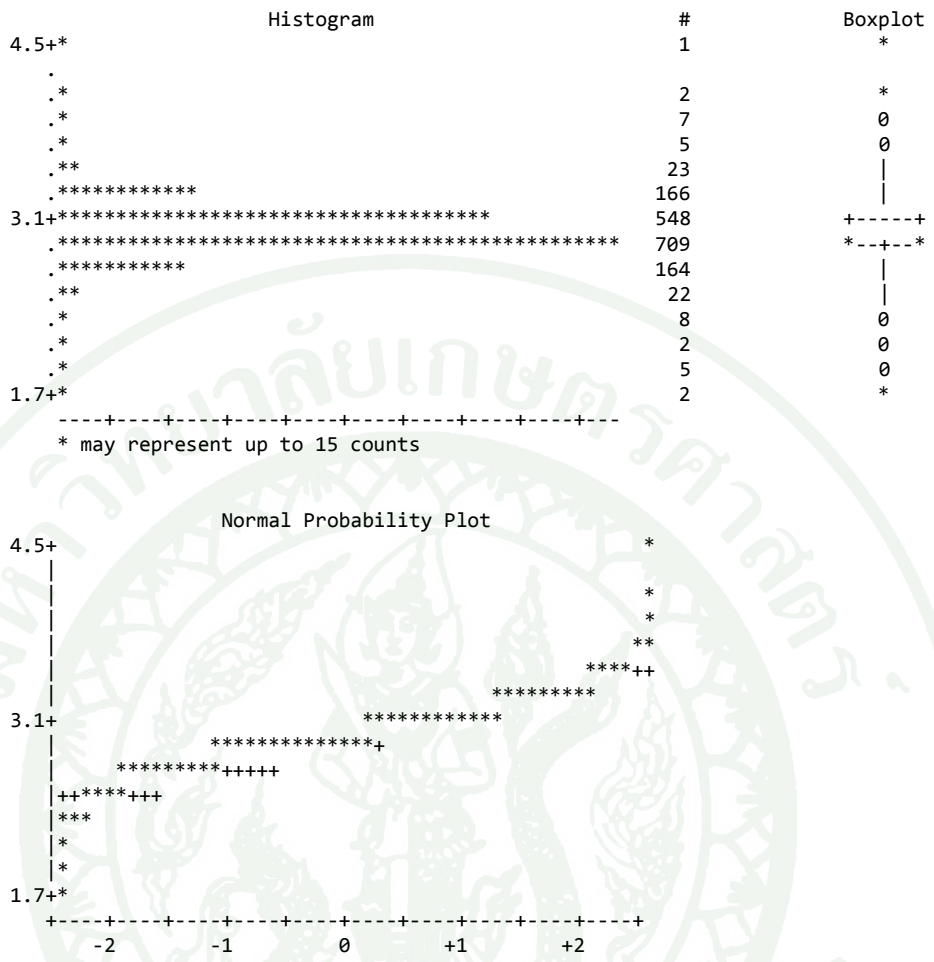
ภาพผนวกที่ 9 ลักษณะการกระจายของข้อมูลความยาวลำตัวในกุ้งขาวระยะเก็บเกี่ยวโดย Proc Univariate ในโปรแกรม SAS

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์



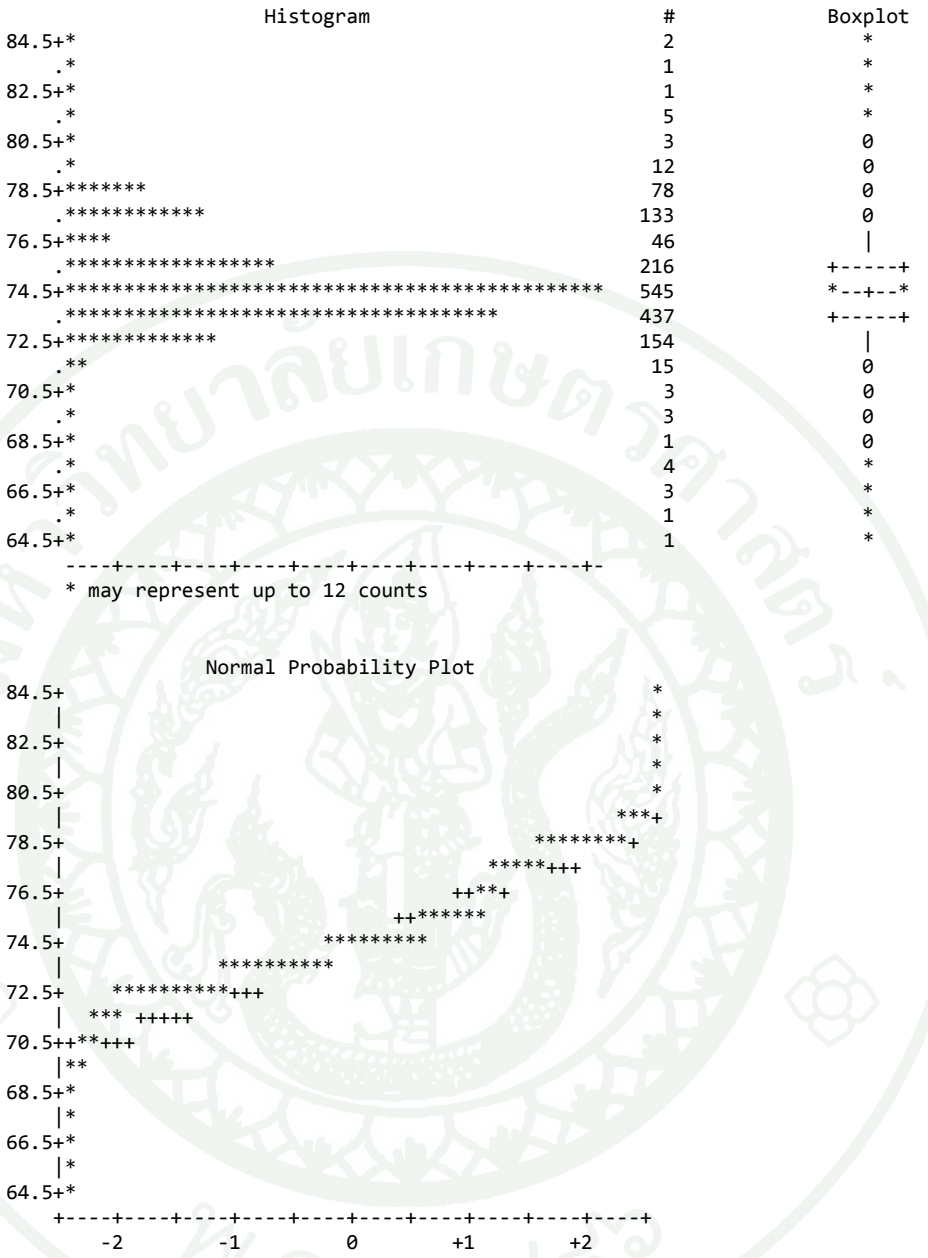
ภาพผนวกที่ 10 ลักษณะการกระจายของข้อมูลความยาวหางในกุ้งขาวระยะเก็บเกี่ยวโดย Proc Univariate ในโปรแกรม SAS

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์



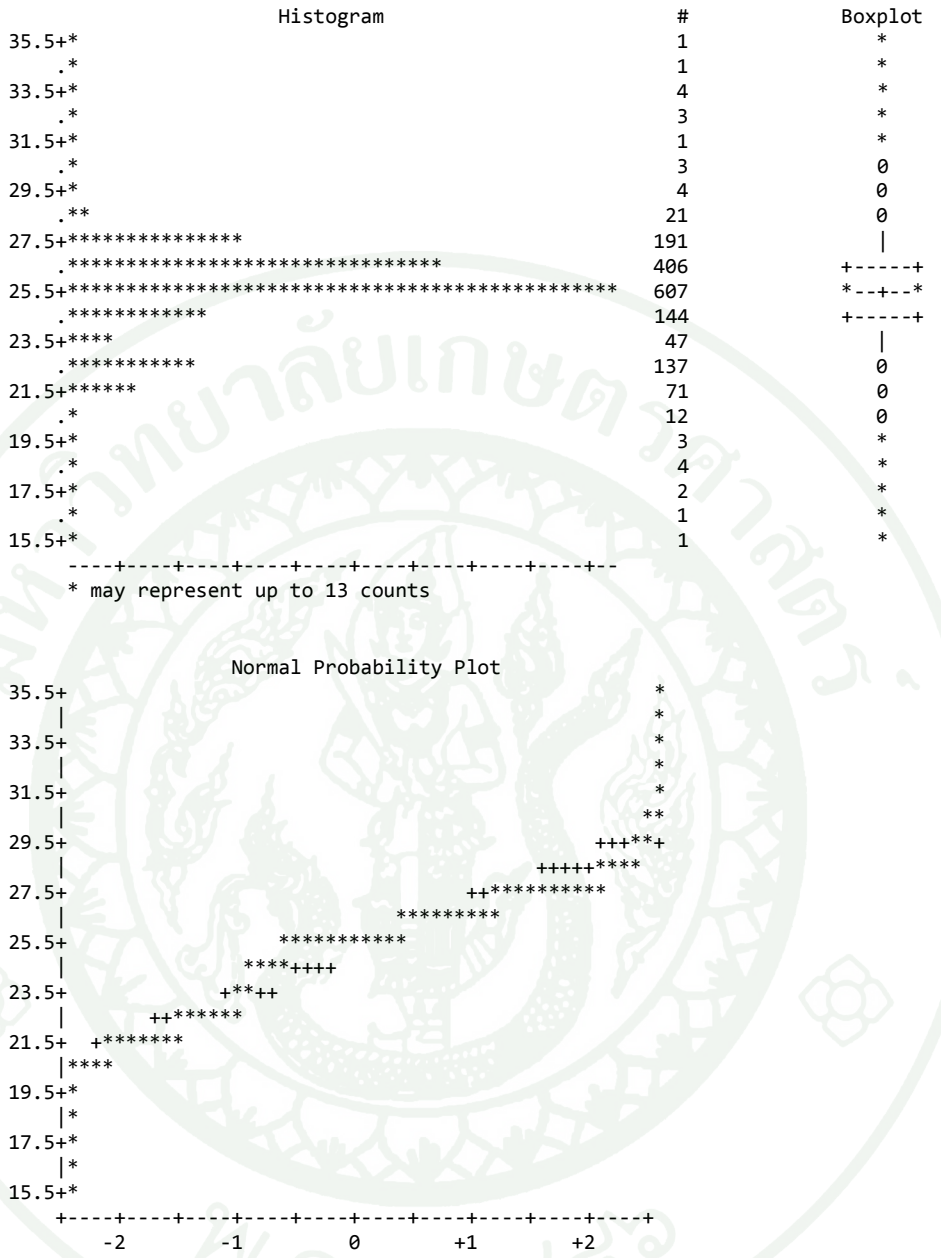
ภาพผนวกที่ 11 ลักษณะการกระจายของข้อมูลความยาวหัวในกุ้งขาวระยะเก็บเกี่ยวโดย Proc Univariate ในโปรแกรม SAS

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์



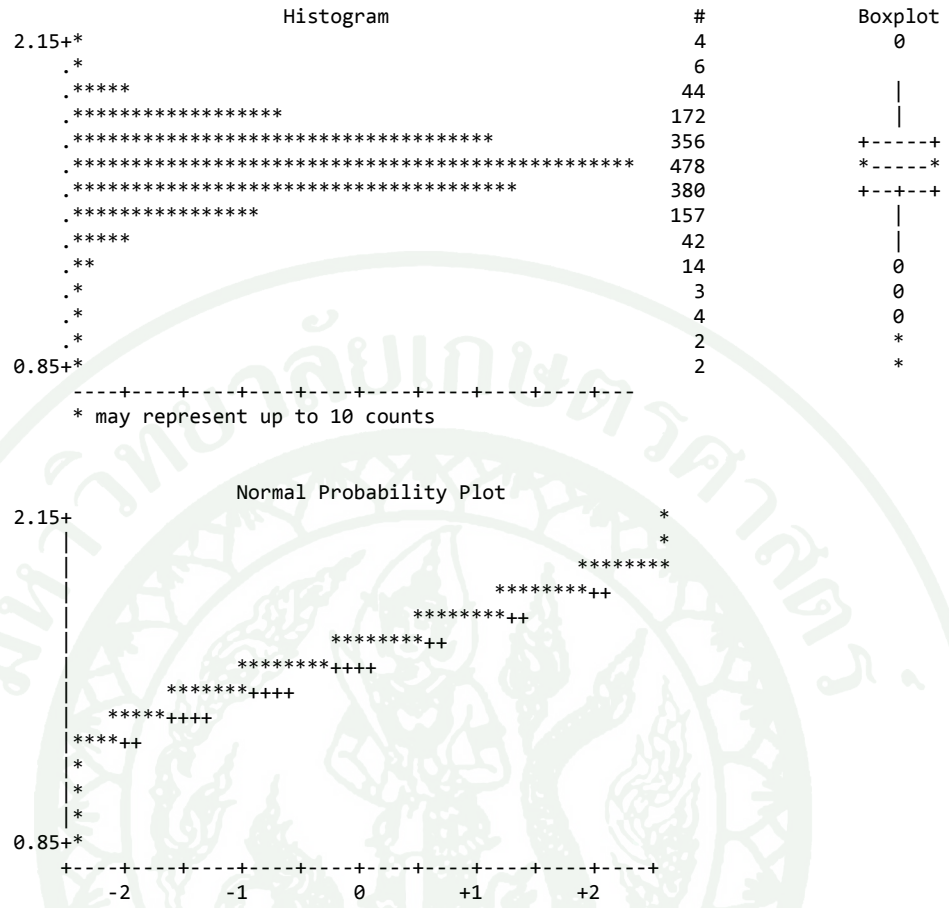
ภาพผนวกที่ 12 ลักษณะการกระจายของข้อมูลเปอร์เซ็นต์ความยาวหางในกุ้งขาวระยะเก็บเกี่ยว โดย Proc Univariate ในโปรแกรม SAS

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์



ภาพผนวกที่ 13 ลักษณะการกระจายของข้อมูลเปอร์เซ็นต์ความยาวหัวในกุ้งขาวระยะเก็บเกี่ยวโดย Proc Univariate ในโปรแกรม SAS

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์



ภาพผนวกที่ 14 ลักษณะการกระจายของข้อมูลอัตราส่วนน้ำหนักตัวต่อความยาวลำตัวในกุ้งขาวระยะเก็บเกี่ยวโดย Proc Univariate ในโปรแกรม SAS

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ตารางผนวกที่ 1 ค่าเฉลี่ยสำหรับลักษณะน้ำหนักตัว (BW) ความยาวลำตัว (BL) ความยาวหาง (AL) ความยาวหัว (CL) เปอร์เซ็นต์ความยาวหาง (ALBL) เปอร์เซ็นต์ความยาวหัว (CLBL) และอัตราส่วนน้ำหนักตัวต่อความยาวลำตัว (BWBL) ของกุ้งขาวแต่ละครอบครัวในระยะทำเครื่องหมาย

Family	BW (g)		BL (cm)		AL (cm)		CL (cm)		ALBL (%)		CLBL (%)		BWBL ($g.cm^{-1}$)	
	Mean	S.D.	Mean	S.D.	Mean	S.D.	Mean	S.D.	Mean	S.D.	Mean	S.D.	Mean	S.D.
1	3.465	0.763	6.637	0.507	4.926	0.396	1.711	0.143	74.2	1.2	25.8	1.2	0.517	0.079
2	4.019	1.049	6.878	0.624	5.074	0.483	1.803	0.170	73.8	1.3	26.2	1.3	0.576	0.103
3	4.101	0.765	6.946	0.455	5.139	0.365	1.807	0.117	74.0	1.1	26.0	1.1	0.586	0.076
4	3.674	0.778	6.793	0.505	5.042	0.388	1.750	0.131	74.2	0.7	25.8	0.7	0.536	0.077
5	3.432	0.709	6.671	0.474	4.942	0.367	1.729	0.124	74.1	0.8	25.9	0.8	0.510	0.073
6	3.954	0.624	7.017	0.408	5.250	0.320	1.767	0.102	74.8	0.7	25.2	0.7	0.561	0.063
7	2.943	0.858	6.203	0.615	4.586	0.471	1.618	0.152	73.9	0.8	26.1	0.8	0.466	0.090
8	4.583	1.162	7.258	0.648	5.372	0.501	1.886	0.155	74.0	0.7	26.0	0.7	0.623	0.112
9	3.813	0.823	6.839	0.536	5.088	0.422	1.751	0.130	74.4	0.8	25.6	0.8	0.552	0.082
10	3.837	0.673	6.875	0.428	5.062	0.336	1.813	0.107	73.6	0.8	26.4	0.8	0.554	0.067
11	4.734	0.955	7.412	0.487	5.503	0.370	1.909	0.131	74.2	0.7	25.8	0.7	0.634	0.088
12	4.454	0.672	7.265	0.393	5.372	0.316	1.893	0.095	73.9	0.8	26.1	0.8	0.610	0.063

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ตารางผนวกที่ 2 ค่าเฉลี่ยสำหรับลักษณะน้ำหนักตัว (BW) ความยาวลำตัว (BL) ความยาวหาง (AL) ความยาวหัว (CL) เปอร์เซ็นต์ความยาวหาง (ALBL) เปอร์เซ็นต์ความยาวหัว (CLBL) และอัตราส่วนน้ำหนักตัวต่อความยาวลำตัว (BWBL) ของกุ้งขาวแต่ละครอบครัวในระยะเก็บเกี่ยว

Family	BW (g)		BL (cm)		AL (cm)		CL (cm)		ALBL (%)		CLBL (%)		BWBL ($g.cm^{-1}$)	
	Mean	S.D.	Mean	S.D.	Mean	S.D.	Mean	S.D.	Mean	S.D.	Mean	S.D.	Mean	S.D.
1	17.96	2.65	11.51	1.03	8.62	0.94	2.89	0.18	74.8	1.7	25.2	1.7	1.56	0.14
2	19.13	3.09	11.74	1.22	8.75	1.11	2.99	0.25	74.4	2.3	25.6	2.3	1.62	0.14
3	19.39	2.89	11.77	1.11	8.78	1.01	2.99	0.19	74.5	1.8	25.5	1.8	1.64	0.14
4	18.46	2.61	11.69	1.14	8.74	1.04	2.96	0.19	74.6	1.8	25.4	1.8	1.57	0.11
5	18.00	2.41	11.49	0.96	8.60	0.86	2.89	0.18	74.8	1.6	25.2	1.6	1.56	0.12
6	20.15	2.68	11.98	1.10	9.00	0.97	2.99	0.23	75.0	1.7	25.0	1.7	1.68	0.12
7	18.32	2.56	11.57	1.08	8.62	0.99	2.94	0.16	74.5	1.6	25.5	1.6	1.58	0.12
8	18.06	3.40	11.50	1.20	8.57	1.06	2.93	0.22	74.4	1.8	25.6	1.8	1.56	0.17
9	17.56	2.82	11.44	1.17	8.51	1.06	2.93	0.22	74.3	2.0	25.7	2.0	1.53	0.13
10	18.78	2.26	11.74	1.09	8.80	0.98	2.94	0.21	74.9	1.9	25.1	1.9	1.60	0.10
11	20.83	3.35	12.13	1.21	9.07	1.09	3.06	0.27	74.7	2.1	25.3	2.1	1.71	0.16
12	17.89	3.39	11.48	1.26	8.60	1.11	2.89	0.22	74.7	1.7	25.3	1.7	1.55	0.16

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ตารางผนวกที่ 3 ค่าทำนายคุณค่าการผสมพันธุ์ (EBV) สำหรับลักษณะน้ำหนักตัว (BW) ความยาวลำตัว (BL) ความยาวหาง (AL) ความยาวหัว (CL) เปอร์เซ็นต์ความยาวหาง (ALBL) เปอร์เซ็นต์ความยาวหัว (CLBL) และอัตราส่วนน้ำหนักตัวต่อความยาวลำตัว (BWBL) ในกุ้งขาวระยะทำเครื่องหมาย 10 ลำดับแรก

Rank	BW (g)		BL (cm)		AL (cm)		CL (cm)		ALBL (%)		CLBL (%)		BWBL ($g.cm^{-1}$)	
	Number	EBV	Number	EBV	Number	EBV	Number	EBV	Number	EBV	Number	EBV	Number	EBV
1	A311043	2.22	A311043	1.03	A311043	0.73	A311043	0.28	A306016	0.82	A310022	0.87	A308058	0.18
2	A308056	2.00	A308056	0.84	A311044	0.59	A308056	0.23	A306029	0.82	A310049	0.76	A311043	0.17
3	A308058	1.71	A311044	0.82	A308056	0.58	A311044	0.21	A301032	0.81	A310050	0.76	A308056	0.17
4	A308054	1.65	A308054	0.74	A308054	0.52	A311076	0.20	A306051	0.79	A310029	0.74	A311074	0.14
5	A311044	1.61	A311074	0.71	A311074	0.51	A312008	0.20	A306036	0.76	A310020	0.73	A308014	0.14
6	A311074	1.56	A311060	0.71	A311060	0.51	A311062	0.19	A306050	0.72	A310018	0.72	A308054	0.14
7	A311076	1.46	A311061	0.68	A311061	0.50	A311074	0.19	A306070	0.68	A310015	0.70	A311076	0.13
8	A308014	1.39	A312008	0.67	A311007	0.49	A308054	0.19	A306042	0.67	A310051	0.70	A311044	0.13
9	A311060	1.38	A311076	0.65	A312008	0.46	A311060	0.19	A306018	0.66	A310031	0.66	A311060	0.12
10	A307054	1.30	A311062	0.64	A311018	0.45	A311037	0.19	A306019	0.66	A310043	0.66	A308076	0.11

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ตารางผนวกที่ 4 ค่าทำนายคุณค่าการผสมพันธุ์ (EBV) สำหรับลักษณะน้ำหนักตัว (BW) ความยาวลำตัว (BL) ความยาวหาง (AL) ความยาวหัว (CL) เปอร์เซ็นต์ความยาวหาง (ALBL) เปอร์เซ็นต์ความยาวหัว (CLBL) และอัตราส่วนน้ำหนักตัวต่อความยาวลำตัว (BWBL) ในกุ้งขาวระยะเก็บเกี่ยว 10 ลำดับแรก

Rank	BW (g)		BL (cm)		AL (cm)		CL (cm)		ALBL (%)		CLBL (%)		BWBL ($g.cm^{-1}$)	
	Number	EBV	Number	EBV	Number	EBV	Number	EBV	Number	EBV	Number	EBV	Number	EBV
1	B311132	3.60	B311116	0.69	B311136	0.58	B311118	0.20	B303105	2.87	B311118	3.51	B311007	0.17
2	B311116	3.36	B311132	0.67	B311116	0.52	B311095	0.17	B311094	2.81	B311095	3.32	B311116	0.17
3	B311118	3.24	B311118	0.67	B311132	0.51	B311055	0.14	B310133	2.72	B309084	3.23	B311118	0.17
4	B311057	2.99	B311055	0.66	B311015	0.48	B311057	0.13	B312004	2.71	B312018	2.76	B311132	0.16
5	B311007	2.95	B311057	0.64	B311040	0.46	B311024	0.13	B312083	2.34	B312040	2.68	B311015	0.16
6	B311015	2.83	B311015	0.60	B311081	0.44	B311028	0.12	B303095	2.29	B312059	2.65	B306037	0.15
7	B311055	2.78	B311023	0.59	B311055	0.44	B311116	0.12	B312082	2.20	B311024	2.63	B311008	0.15
8	B311110	2.67	B311110	0.58	B311110	0.43	B311132	0.12	B308016	2.13	B312050	2.57	B311101	0.15
9	B311023	2.63	B311007	0.56	B311014	0.43	B311032	0.12	B309130	2.05	B312011	2.54	B311057	0.14
10	B306037	2.56	B311014	0.56	B311023	0.43	B311042	0.12	B312084	1.85	B312051	2.54	B306053	0.14

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ตารางผนวกที่ 5 ค่าเฉลี่ยของค่าทำนายคุณค่าการผสมพันธุ์ (EBV) สำหรับลักษณะน้ำหนักตัว (BW) ความยาวลำตัว (BL) ความยาวหาง (AL) ความยาวหัว (CL) เปอร์เซ็นต์ความยาวหาง (ALBL) เปอร์เซ็นต์ความยาวหัว (CLBL) และอัตราส่วนน้ำหนักตัวต่อความยาวลำตัว (BWBL) ในกุ้งขาว ระยะทำเครื่องหมายของแต่ละครอบครัว

ครอบครัว	BW (g)	BL (cm)	AL (cm)	CL (cm)	ALBL (cm)	CLBL (cm)	BWBL ($g.cm^{-1}$)
1	-0.545	-0.314	-0.217	-0.096	0.203	-0.203	-0.054
2	-0.004	-0.080	-0.074	-0.006	-0.200	0.200	0.003
3	0.076	-0.015	-0.012	-0.003	-0.030	0.030	0.013
4	-0.342	-0.164	-0.106	-0.058	0.208	-0.208	-0.036
5	-0.579	-0.314	-0.241	-0.073	-0.121	0.122	-0.058
6	-0.070	0.021	0.057	-0.036	0.564	-0.564	-0.009
7	-0.189	-0.137	-0.101	-0.037	0.011	-0.011	-0.017
8	0.580	0.284	0.195	0.088	-0.190	0.189	0.056
9	-0.206	-0.152	-0.101	-0.051	0.155	-0.155	-0.016
10	-0.181	-0.115	-0.125	0.010	-0.556	0.556	-0.014
11	0.695	0.406	0.302	0.103	0.035	-0.035	0.063
12	0.420	0.295	0.213	0.082	-0.058	0.058	0.037

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ตารางผนวกที่ 6 ค่าเฉลี่ยของค่าทำนายคุณค่าการผสมพันธุ์ (EBV) สำหรับลักษณะน้ำหนักตัว (BW) ความยาวลำตัว (BL) ความยาวหาง (AL) ความยาวหัว (CL) เปอร์เซ็นต์ความยาวหาง (ALBL) เปอร์เซ็นต์ความยาวหัว (CLBL) และอัตราส่วนน้ำหนักตัวต่อความยาวลำตัว (BWBL) ในกุ้งขาว ระยะเก็บเกี่ยวของแต่ละครอบครัว

ครอบครัว	BW (g)	BL (cm)	AL (cm)	CL (cm)	ALBL (cm)	CLBL (cm)	BWBL ($g.cm^{-1}$)
1	-0.453	-0.105	-0.049	-0.052	0.789	-0.789	-0.025
2	0.569	0.070	0.031	0.037	0.303	-0.303	0.039
3	0.935	0.159	0.117	0.039	0.413	-0.413	0.060
4	-0.037	0.050	0.042	0.008	0.593	-0.593	-0.008
5	-0.326	-0.086	-0.040	-0.043	0.616	-0.616	-0.010
6	1.486	0.291	0.259	0.031	0.945	-0.945	0.089
7	-0.098	-0.037	-0.036	-0.001	0.405	-0.405	0.001
8	-0.700	-0.209	-0.187	-0.021	-0.515	0.515	-0.036
9	-1.074	-0.191	-0.174	-0.017	-0.737	0.737	-0.069
10	0.096	0.089	0.095	-0.006	-0.232	0.232	-0.003
11	1.731	0.406	0.299	0.099	-1.125	1.125	0.094
12	-2.085	-0.428	-0.339	-0.079	-1.925	1.925	-0.127

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ประวัติการศึกษาและการทำงาน

ชื่อ	นายยุทธณา การชะนะไชย
เกิดวันที่	24 เมษายน 2525
ประวัติการศึกษา	วท.บ. (ประมง) เกียรตินิยมอันดับหนึ่ง พ.ศ. 2548 มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์
ตำแหน่งหน้าที่การงานปัจจุบัน	-
สถานที่ทำงานปัจจุบัน	-
ผลงานดีเด่นและรางวัลทางวิชาการ	-
ทุนการศึกษาที่ได้รับ	ทุนผู้ช่วยสอนจากบัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ (2552)

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์