ผลของการเสริมแอลฟา-โทโคเฟอรอล ต่อการเติบโตของกุ้งกุลาดำวัยรุ่น *Penaeus monodon* Fabricius

นายไชยพร ลู่สวัสดิกุล

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต
สาขาวิชาวิทยาศาสตร์ทางทะเล ภาควิชาวิทยาศาสตร์ทางทะเล
บัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
ปีการศึกษา 2542
ISBN 974-333-141-7
ลิขสิทธิ์ของบัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

EFFECT OF ALPHA-TOCOPHEROL SUPPLEMENTATION ON GROWTH OF JUVENILE GIANT TIGER PRAWN *Penaeus monodon* Fabricius

Mr. Chaiyaporn Lusawatdigul

A Thesis Submitted in Partial Fulfillment of the Requirements
for the Degree of Master of Science in Marine Science
Department of Marine Science
Graduate School
Chulalongkorn University
Academic Year 1999

ISBN 974-333-141-7

หัวข้อวิทยานิพนธ์	ผลของการเสริมแอลฟา-โทโคเฟอรอล ต่อการเติบโตของกุ้งกุลาดำวัยรุ่น Penaeus monodon Fabricius
โดย	นายไชยพร ลู่สวัสดิกุล
ภาควิชา	วิทยาศาสตร์ทางทะเล
อาจารย์ที่ปรึกษา	รองศาสตราจารย์ ดร.สมเกียรติ ปิยะธีรธิติวรกุล
อาจารย์ที่ปรึกษาร่วม	นายสุกิจ รัตนวินิจกุล

บัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย อนุมัติให้นับวิทยานิพนธ์ฉบับนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญามหาบัณฑิต

.....คณบดีบัณฑิตวิทยาลัย
(รองศาสตราจารย์ ดร.สุชาดา กีระนันทน์)

คณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์

.....ประธานกรรมการ
(อาจารย์ ดร.ศุภชัย ตั้งใจตรง)

.....อาจารย์ที่ปรึกษา
(รองศาสตราจารย์ ดร.สมเกียรติ ปิยะธีรธิติวรกุล)

.....อาจารย์ที่ปรึกษาร่วม
(นายสุกิจ รัตนวินิจกุล)

.....กรรมการ
(ศาสตราจารย์ ดร.เปี่ยมศักดิ์ เมนะเศวต)

.....กรรมการ
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.เจริญ นิติธรรมยง)

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

พิมพ์ต้นฉบับบทคัดย่อวิทยานิพนธ์ภายในกรอบสีเขียวนี้เพียงแผ่นเดียว

นายไชยพร ลู่สวัสดิกุล : ผลของการเสริมแอลฟา-โทโคเฟอรอลต่อการเติบโตของกุ้งกุลาดำวัยรุ่น Penaeus monodon Fabricius (EFFECT OF ALPHA-TOCOPHEROL SUPPLEMENTATION ON GROWTH OF JUVENILE GIANT TIGER PRAWN Penaeus monodon Fabricius) อ.ที่ปรึกษา: รศ.ดร.สมเกียรติ ปิยะธีรธิติวรกุล อ.ที่ปรึกษาร่วม: นายสุกิจ รัตนวินิจกุล; 81 หน้า. ISBN 974-333-141-7.

ศึกษาผลของแอลฟา-โทโคเฟอรอล (วิตามินอี) ต่อการเติบโตของกุ้งกุลาดำวัยรุ่น Penaeus monodon Fabricius (น้ำหนักเฉลี่ย 15 กรัม อายุประมาณ 2-2.5 เดือนหลังจากทำการเลี้ยงจากบ่อดิน) ออกแบบการทดลองแบบ RBD (Completely Randomized Block Design) โดยทำการเลี้ยงแยกเพศผู้และเพศเมีย ให้อาหารสำเร็จรูปที่ทำการเสริมวิตามินอีในรูปของแอลฟา-โทโคเฟอรอล อะซิเตต (0, 150, 500 และ 2500 มิลลิกรัมต่ออาหาร 1 กิโลกรัม) ทำการเลี้ยงบ่อละ 30 ตัว จำนวน 8 บ่อ โดยทดลองเลี้ยงเป็นเวลา 8 สัปดาห์ ให้อาหารวันละ 5 ครั้ง (เวลา 06.00, 10.00, 14.00, 18.00 และ 22.00 น.)

ผลการทดลองพบว่าระดับของวิตามินอีที่ต่างกันและเพศไม่ทำให้เกิดความแตกต่างต่อ อัตรารอดตาย, ความถี่ของระยะเวลาในการลอกคราบของกุ้ง, และองค์ประกอบของร่างกาย (% เถ้า, % สารอินทรีย์, % น้ำในตัวกุ้ง) วิตามินอีที่ต่างระดับความเข้มข้น ไม่มีผลต่อการเติบโตของกุ้งกุลาดำวัยรุ่นในเชิงของความยาวและน้ำหนัก แต่ทำให้เกิดความแตกต่างในด้านปริมาณโปรตีน, ไขมัน และน้ำหนักของ hepatopancreas โดยปริมาณวิตามินอีที่เพิ่มขึ้น จะทำให้น้ำหนักของ hepatopancreas ลดน้อยลงอย่างมีนัยสำคัญ ($P<0.05$) อิทธิพลของเพศ มีผลต่อการเติบโตของกุ้งอย่างมีนัยสำคัญ ($P<0.05$) โดยเพศเมียจะโตกว่าเพศผู้ แต่เพศผู้จะให้ปริมาณเปอร์เซ็นต์โปรตีนสูงกว่าในเพศเมีย แต่ไม่ให้ความแตกต่างต่อปริมาณเปอร์เซ็นต์ไขมันรวมและน้ำหนักของ hepatopancreas

ภาควิชา วิทยาศาสตร์ทางทะเล ลายมือชื่อนิสิต ไชยพร ลู่สวัสดิกุล

สาขาวิชา วิทยาศาสตร์ทางทะเล ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษา สมเกียรติ ปิยะธีรธิติวรกุล

ปีการศึกษา 2542 ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษาร่วม สุกิจ รัตนวินิจกุล

พิมพ์ต้นฉบับบทคัดย่อวิทยานิพนธ์ภายในกรอบสีเขียวนี้เพียงแผ่นเดียว

4072244823 : MARINE SCIENCE
: MAJOR
KEY WORD: VITAMIN E / ALPHA-TOCOPHEROL / Penaeus monodon Fabricius

CHAIYAPORN LUSAWATDIGUL: EFFECT OF ALPHA-TOCOPHEROL SUPPLEMENTATION ON GROWTH OF JUVENILE GIANT TIGER PRAWN Penaeus monodon Fabricius. THESIS ADVISOR: ASSOC. PROF. SOMKIAT PIYATIRATITIVORAKUL, Ph.D. THESIS COADVISOR: MR. SUKIT RATTANAVINITKUL, B.Sc. 81 pp. ISBN 974-333-141-7.

Effect of alpha-tocopherol (vitamin E) on growth of juvenile giant tiger prawn Penaeus monodon Fabricius (average weight 15 g) was studied using RBD for experimental design. Shrimps of each sex were reared separately. Shrimps were fed artificial diet supplemented with dl-alpha-tocopherol acetate form (0, 150, 500 and 2500 mg/kg diet). Shrimps were reared at density of 30 individuals per pond and reared for 8 weeks. Feeding regime was five times at 06.00, 10.00, 14.00, 18.00 and 22.00 hr.

Level of alpha-tocopherol and sex exhibited no effects on survival rate, molting period frequency, % ash, % organic, and % water content in the shrimp muscle ($P>0.05$). Level of alpha-tocopherol also showed no effects on growth, but affected % protein, % total lipid and hepatopancreas weight. Hepatopancreas weight of shrimp decreased as level of alpha-tocopherol in diet increased. Sex exhibited effect on weight significantly. Female was larger than male ($P<0.05$), but had lower protein. Total lipid and hepatopancreas weight showed no difference between sexes.

ภาควิชา วิทยาศาสตร์ทางทะเล ลายมือชื่อนิสิต .....

สาขาวิชา วิทยาศาสตร์ทางทะเล ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษา .....

ปีการศึกษา 2542 ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษาร่วม .....

กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบพระคุณ รศ.ดร.สมเกียรติ ปิยะธีรธิติวรกุล อาจารย์ที่ปรึกษา ที่ให้คำแนะนำปรึกษา ช่วยเหลือและแปลผลวิเคราะห์ที่ได้จากการทดลอง

คุณสุกิจ รัตนวินิจกุล หัวหน้าสถานีเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำชายฝั่งจังหวัดนครศรีธรรมราช ที่ให้ความกรุณารับเป็นอาจารย์ที่ปรึกษาร่วม ให้ความสะดวกและเอื้อเฟื้อในด้านสถานที่ทำการทดลอง อุปกรณ์เครื่องมือที่ใช้ในการวิเคราะห์ในการทำงานวิจัยในครั้งนี้ เจ้าหน้าที่สถานีเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำชายฝั่งจังหวัดนครศรีธรรมราช ทุกท่านที่ให้ความช่วยเหลือในด้านต่างๆ จนสิ้นสุดการทดลอง

อาจารย์ ดร.ศุภิชัย ตั้งใจตรง ประธานกรรมการสอบวิทยานิพนธ์ ศ.ดร.เปี่ยมศักดิ์ เมนะเศวต และผศ.ดร.เจริญ นิติธรรมยง ที่ได้เสียสละเวลาเป็นกรรมการในการสอบ และให้คำแนะนำในการแก้ไขวิทยานิพนธ์ให้มีความสมบูรณ์เพิ่มมากยิ่งขึ้น

ศูนย์วิจัยสุขภาพสัตว์น้ำ ภาควิชาวาริชศาสตร์ และศูนย์ปฏิบัติการวิเคราะห์กลาง คณะทรัพยากรธรรมชาติ มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ วิทยาเขตหาดใหญ่ กรุณาให้ใช้อุปกรณ์และเครื่องมือ รวมทั้งช่วยเหลือในงานวิเคราะห์ผลจากการทดลอง

ขอขอบคุณบัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย ที่ให้ทุนอุดหนุนงานวิจัยสนับสนุนการทำวิทยานิพนธ์ในครั้งนี้ บริษัท โรวิไทย จำกัด ที่ให้ความอนุเคราะห์วิตามินอีที่ใช้สำหรับทำการทดลอง

ขอกราบขอบพระคุณ บิดา มารดา และญาติพี่น้องทุกคน ที่ให้การสนับสนุนด้านการเงินจนสำเร็จการศึกษาในครั้งนี้

สารบัญ

หน้า

บทคัดย่อภาษาไทย.....ง
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ.....จ
กิตติกรรมประกาศ.....ฉ
สารบัญ.....ช
สารบัญตาราง.....ฌ
สารบัญรูป.....ฌ

บทที่

บทนำ.....1
การสำรวจเอกสาร.....3
อุปกรณ์และวิธีการดำเนินการทดลอง.....16
ผลการทดลอง.....23
วิจารณ์ผลการทดลอง.....37
สรุปผลการทดลอง.....42
รายการอ้างอิง.....43
ภาคผนวก ก.....47
ภาคผนวก ข.....48
ภาคผนวก ค.....49
ภาคผนวก ง.....53
ภาคผนวก จ.....55
ประวัติผู้เขียน.....81

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

สารบัญตาราง

ตารางที่ หน้า

1 ความยาวลำตัวเฉลี่ยและอายุของกุ้งกุลาดำ จากระยะ nauplius 1 ถึง postlarvae 20 4
2 รูปแบบของวิตามินอี ที่มีประโยชน์ทางด้านการค้า 8
3 ปริมาณของวิตามินอี ในน้ำมันพืช (μg/g) 10
4 การขาดวิตามินอีในเนื้อเยื่อสัตว์และผลที่เกิดขึ้น 14
5 พารามิเตอร์ที่ใช้ตรวจสอบคุณภาพน้ำและวิธีการวิเคราะห์ 17
6 ผลการวิเคราะห์ปริมาณวิตามินอีในอาหารด้วยเครื่อง HPLC (มิลลิกรัม/อาหาร 1 กิโลกรัม) 23
7 ผลคุณภาพน้ำก่อนและระหว่างการทดลอง 24
8 ความยาวเฉลี่ยของกุ้งเพศผู้ที่ทำการทดลอง 25
9 ความยาวเฉลี่ยของกุ้งเพศเมียที่ทำการทดลอง 26
10 น้ำหนักเฉลี่ยของกุ้งเพศผู้ที่ทำการทดลอง 27
11 น้ำหนักเฉลี่ยของกุ้งเพศเมียที่ทำการทดลอง 28
12 การรอดตายของกุ้งทดลองในแต่ละสัปดาห์ 30
13 เปอร์เซ็นต์อัตราการลอกคราบเฉลี่ยต่อสัปดาห์ของกุ้ง 31
14 ค่าเฉลี่ยเปอร์เซ็นต์ปริมาณเถ้า, เปอร์เซ็นต์ปริมาณสารอินทรีย์ และเปอร์เซ็นต์น้ำ 33
15 ค่าเฉลี่ยปริมาณเปอร์เซ็นต์โปรตีนและปริมาณเปอร์เซ็นต์ไขมันรวม 34
16 ค่าเฉลี่ยของเปอร์เซ็นต์ LSI ของกุ้ง 35
17 คุณภาพน้ำที่เหมาะสมสำหรับกุ้งกุลาดำที่เลี้ยงในบ่อเลี้ยงระบบปิด 37

สารบัญรูป

รูปที่ หน้า

1 วงจรชีวิตและการกระจายของกุ้งกุลาดำ 5
2 รูปส่วนประกอบของร่างกาย 6
3 โครงสร้างของ tocopherol, tocotrienol, tocopherol acetate และ
ตำแหน่งการจับของหมู่เมทิล 9
4 ความสัมพันธ์ระหว่างความยาวและน้ำหนักของกุ้งเพศผู้ 29
5 ความสัมพันธ์ระหว่างความยาวและน้ำหนักของกุ้งเพศเมีย 29
6 ความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณวิตามินอีและน้ำหนักตับของกุ้ง 36

บทที่ 1
บทนำ

ในปัจจุบันความต้องการอาหารเพื่อการบริโภคมีมากขึ้น ตามการเพิ่มของจำนวนประชากรในโลก โดยเฉพาะอาหารจำพวกโปรตีน ซึ่งความต้องการในการบริโภคโปรตีนจากสัตว์น้ำมีมากขึ้น ในขณะที่ปริมาณของสัตว์น้ำจากการจับแบบธรรมชาติมีลดน้อยลง ดังนั้นแหล่งสำคัญที่เป็นตัวเสริมให้มีการผลิตสัตว์น้ำเพื่อให้เพียงพอต่อความต้องการโปรตีนของประชากร จึงต้องอาศัยการเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำ การเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำเพิ่มความสำคัญขึ้นทั้งในสัตว์น้ำจืดและการเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำชายฝั่ง เพื่อผลิตสัตว์น้ำที่มีคุณภาพให้พอเพียงต่อความต้องการปริมาณโปรตีนของประชากรในโลกและให้มีความมั่นคงทางด้านอาหารที่ยั่งยืน การพัฒนางานในด้านการเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำเพื่อเพิ่มผลผลิต และให้มีอัตราการรอดตายที่เพิ่มมากขึ้น มีความสำคัญและมีบทบาทมากยิ่งขึ้นมาเรื่อยๆ ทำให้หลายฝ่ายได้มีการค้นคว้า, วิจัย และพัฒนางานในด้านต่างๆ เพื่อให้งานด้านการเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำประสบความสำเร็จ สำหรับการเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำชายฝั่งนั้น กุ้งทะเลโดยเฉพาะกุ้งกุลาดำเป็นสัตว์น้ำที่ได้รับความสนใจและนิยมเพาะเลี้ยงและบริโภคเป็นอันดับหนึ่ง จากการสำรวจสำมะโนประมงทะเล กรมประมง (2538) พบว่า การเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำชายฝั่งมีการเพาะเลี้ยงกุ้งทะเลเป็นเนื้อที่ประมาณ 94.1 % หอย 3.5 % ปู 1.4 % และปลา 1.0 %

การเพาะเลี้ยงกุ้งกุลาดำในปัจจุบันมีการใช้สารเสริมต่างๆ มากมายเพื่อเร่งให้กุ้งมีการเจริญเติบโตที่ดี มีความต้านทานต่อโรคสูง เสริมสร้างภูมิคุ้มกันให้กับกุ้ง วิตามินและสารเสริมต่างๆ ถูกนำเอามาใช้กันอย่างแพร่หลาย โดยเฉพาะวิตามินซี, วิตามินเอ, น้ำมันตับปลา ปัจจุบันได้มีการริเริ่มนำเอาวิตามินอี มาใช้ในการเลี้ยงกุ้งกุลาดำ แต่การศึกษาเกี่ยวกับวิตามินอี ในด้านปริมาณความต้องการและหน้าที่ที่เกี่ยวข้องของวิตามินอี จะมีการศึกษาในมนุษย์และสัตว์บกเป็นส่วนใหญ่สำหรับด้านสัตว์น้ำมีการศึกษากันบ้างในปลา โดยพบว่าวิตามินอี มีส่วนช่วยให้การเจริญเติบโตเป็นไปตามปกติ, เจริญเติบโตได้มากกว่าปกติ และมีการพัฒนาของรังไข่ในการสืบพันธุ์ที่ดีขึ้น เมื่อขาดวิตามินอี จะทำให้กล้ามเนื้อมีการพัฒนาที่ผิดปกติ เกิดความเครียดได้ง่าย มีความต้านต่อโรคต่ำความสมบูรณ์เพศลดลง แต่เมื่อได้รับวิตามินอีมากเกินไป จะทำให้มีการสะสมและเกิดพิษกับตับ และตายในที่สุด (วีระพงศ์ วุฒิพันธ์ชัย, 2536; Diplock, 1985; Halver, 1989) ดังนั้นวิตามินอี จึงเป็นวิตามินที่สำคัญต่อการเลี้ยงสัตว์น้ำ

การศึกษาถึงวิตามินอีเกี่ยวกับกุ้งที่ศึกษากันส่วนใหญ่จะทำกันในพ่อแม่พันธุ์ ซึ่งจะมีความสำคัญต่อการผลิตลูกกุ้งสู่ระบบบ่อเลี้ยง จากการศึกษาพบว่าในพ่อแม่พันธุ์กุ้งกุลาดำมีความต้องการวิตามินอีในปริมาณ 2500 มิลลิกรัมต่ออาหาร 1 กิโลกรัม ถ้าได้รับวิตามินอีมากเกินความต้องการจะมีผลต่ออัตราการฟัก (ไพฑูรย์ อรรฆยานนท์ และทวี จินดามัยกุล, 2540) และถ้าขาดวิตามินอีทำให้อัตราการรอดตายของกุ้งในระยะ larvae ของ Penaeus japonicus ลดน้อยลง (Kanazawa, 1985) จึงได้มีการศึกษาถึงจำนวนของวิตามินอีที่เหมาะสมที่สามารถทำให้กุ้งมีการเติบโตในการเลี้ยงได้ดีนั้น He et al. (1993) พบว่าจากการศึกษาในกุ้ง Penaeus vannamei กุ้งต้องการวิตามินอีประมาณ 100 มิลลิกรัมต่ออาหาร 1 กิโลกรัม ในการเลี้ยงจากระยะ larvae ถึงอายุ 2 เดือน ซึ่งใกล้เคียงกับของ Coloso(1996) ที่แนะนำให้ใช้วิตามินอีในปริมาณ 150 มิลลิกรัมต่ออาหาร 1 กิโลกรัมในการเลี้ยงกุ้งในระยะวัยรุ่น (juvenile) แต่การศึกษาผลของวิตามินอีในกุ้งที่เกี่ยวข้องถึงส่วนประกอบของร่างกายทางเคมีและการใช้วิตามินอีที่เหมาะสมในการเสริมลงในอาหารสำเร็จให้มีประสิทธิภาพ ยังมีรายละเอียดและผลการทดลองในการสนับสนุนที่เกี่ยวข้องอยู่น้อยมาก จึงทำให้มีความจำเป็นต้องมีการศึกษาถึงผลในด้านต่างๆ เพิ่มเติมจากส่วนที่มีอยู่ เพื่อที่จะสามารถนำผลมาประกอบการใช้วิตามินอีให้มีประสิทธิภาพและคุ้มค่ามากขึ้น เพราะวิตามินอีอาจมีส่วนทำให้การพัฒนาการเลี้ยงกุ้งกุลาดำในระบบบ่อเลี้ยงแบบพัฒนาประสบความสำเร็จมากยิ่งขึ้นได้ในปัจจุบันและเลี้ยงกุ้งกุลาดำต่อไปในอนาคต

จุดประสงค์ของการทดลอง

1.เพื่อศึกษาการเติบโตของกุ้งกลาดำวัยรุ่นที่ได้รับการเสริมวิตามินอีในระดับที่แตกต่างกัน

2.เพื่อศึกษาถึงส่วนประกอบของร่างกายที่มีการเปลี่ยนแปลงไปของกุ้งกุลาดำ ที่สามารถใช้บอกถึงการเจริญเติบโต เมื่อได้รับวิตามินอี ที่ระดับต่างๆ กัน

ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

ทราบถึงผลของวิตามินอี ต่อการเติบโตของกุ้งกุลาดำวัยรุ่น และสามารถใช้เป็นข้อมูลพื้นฐาน ในการใช้วิตามินอี เพื่อเสริมลงในอาหารสำเร็จ สำหรับใช้เลี้ยงกุ้งกุลาดำในระบบบ่อเลี้ยงให้มีประสิทธิภาพที่ดีและคุ้มค่าต่อการลงทุนมากยิ่งขึ้น

บทที่ 2
การสำรวจเอกสาร

ชีววิทยาของกุ้งกุลาดำ

กุ้งกุลาดำมีชื่อเรียกแตกต่างกันไปในแต่ละพื้นที่ โดยทั่วไปจะเรียกว่า black tiger shrimp, giant tiger prawn, ในประเทศอังกฤษจะเรียก giant tiger shrimp, ประเทศฝรั่งเศส crevette geante tigree, ประเทศสเปน camaron tigre gigante และมีชื่อวิทยาศาสตร์ว่า Penaeus monodon Fabricius

กุ้งกุลาดำเป็นกุ้งในตระกูลเดียวกับกุ้งแชบ๊วย, กุ้งกุลาลาย, กุ้งเหลือง เมื่อเจริญเติบโตเต็มที่จะมีความยาวประมาณ 20-27 ซม. มีน้ำหนักเฉลี่ย 250-260 กรัม จัดเป็นกุ้งทะเลที่มีขนาดใหญ่ที่สุด มีหนามแหลมด้านบน 6-8 อัน และด้านล่าง 3 อัน

กุ้งกุลาดำมีการแพร่กระจายในประเทศญี่ปุ่น, ไต้หวัน, ฮ่องกง, ฟิลิปปินส์, ไทย, อินเดีย, อินโดนีเซีย และศรีลังกา เป็นต้น สำหรับในประเทศไทยสามารถพบได้ทั้งในฝั่งอันดามันและในฝั่งอ่าวไทย โดยจะมีการอาศัยอยู่ตามพื้นท้องทะเลที่เป็นพื้นดินโคลนปนทราย โดยพบในทะเลที่มีความลึกประมาณ 30-150 เมตร กุ้งที่อาศัยอยู่ในเขตน้ำลึกจะมีลำตัวสีแดงกว่ากุ้งที่อาศัยอยู่ในเขตน้ำตื้น กุ้งกุลาดำเป็นกุ้งที่มีความทนทานต่อการเปลี่ยนแปลงของสภาวะแวดล้อมได้อย่างมาก สามารถพบได้ตั้งแต่ความเค็มต่ำ (5 พีพีที)ถึงความเค็มสูง (35 พีพีที) ในช่วงอุณหภูมิ 22-34 องศาเซลเซียส

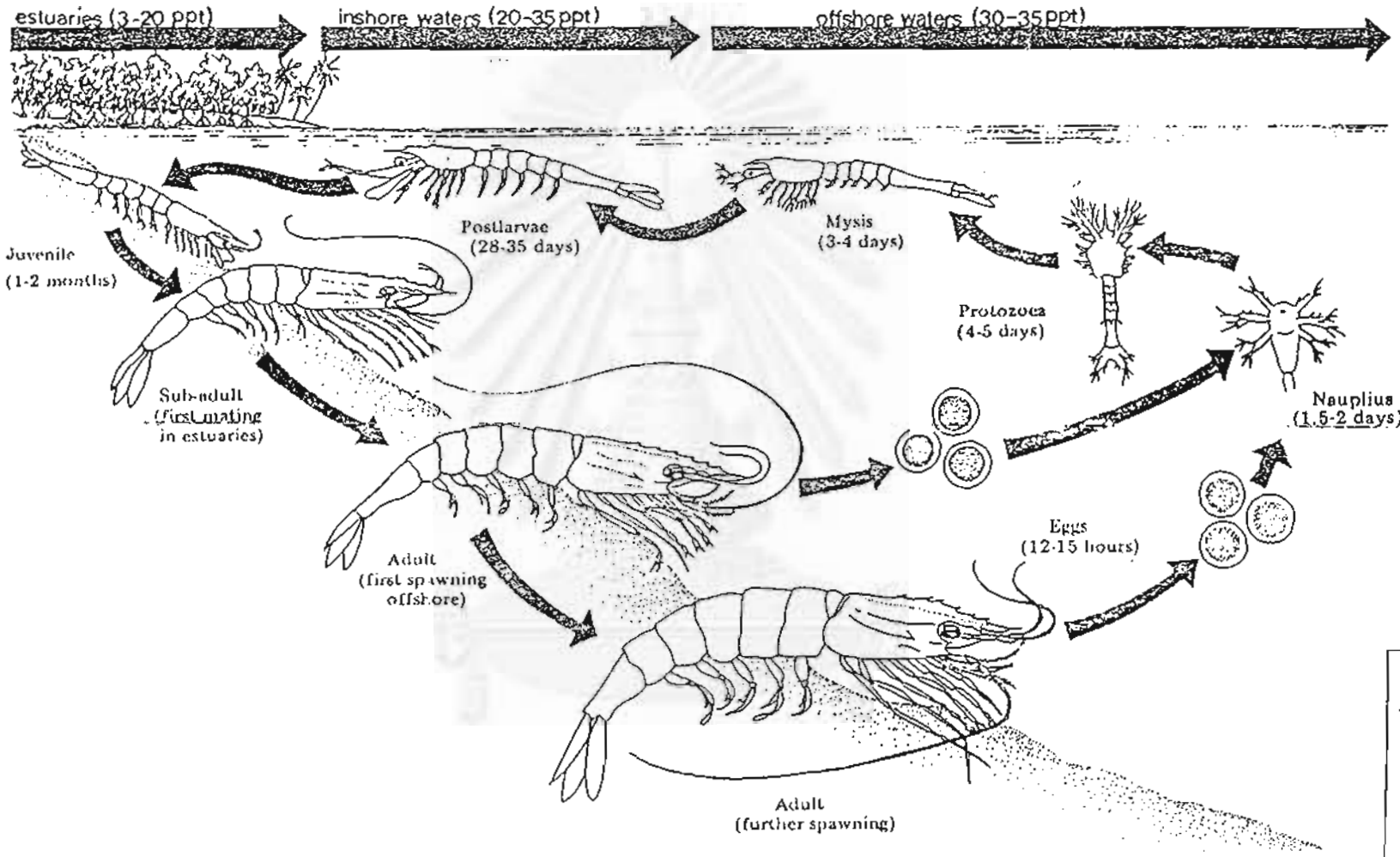
ในวงจรชีวิตมีการวางไข่ในทะเลเปิดที่ความลึกประมาณ 20-70 เมตร และห่างจากชายฝั่งออกไปประมาณ 50 กิโลเมตร ที่ความเค็ม 30-35 พีพีที โดยแม่กุ้งจะมีความดกของไข่ตั้งแต่ 248,000 ถึง 811,000 ฟอง และไข่จะมีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางตั้งแต่ 0.27 ถึง 0.31 มิลลิเมตร ซึ่งจะมีขนาดโดยเฉลี่ยประมาณ 0.29 มิลลิเมตร จะเกิดการแตกตัวของไข่เป็นตัวอ่อนภายใน 15 ชั่วโมง โดยตัวอ่อนจะมีล่องลอยไปตามกระแสน้ำ มีการเปลี่ยนแปลงรูปร่างทุกครั้งที่มีการลอกคราบ โดยมีการพัฒนาหลายขั้นตอน ซึ่งใช้เวลาในการพัฒนาหลังจากที่ไข่มีการแตกตัวประมาณ 30 วัน ดังแสดงในตารางที่ 1 (Kungvankij et al., 1989) โดยพัฒนาจาก Nauplius 6 ขั้นตอน ไปสู่ Protozoea 3 ขั้นตอน และเข้า Mysis 3 ขั้นตอน, ในระยะ Postlarvae จะมีการเคลื่อนย้ายเข้าสู่ชายฝั่ง ซึ่งจะมีความเค็มอยู่ในช่วง 20-35 พีพีที และจะเคลื่อนเข้าสู่บริเวณป่าชายเลนและเอสทูรี่

มีความเค็มอยู่ในช่วง 3-20 พีพีที ซึ่งกุ้งในระยะวัยรุ่นจะอาศัยอยู่ในบริเวณนี้ประมาณ 1-2 เดือน เมื่อเข้าสู่วัยหนุ่มสาว(Sub-adult) จะเริ่มอพยพกลับสู่ทะเลลึกเพื่อการผสมพันธุ์ต่อไป (รูปที่ 1)

ตารางที่ 1 ความยาวลำตัวเฉลี่ยและอายุของกุ้งกลาดำ จากระยะ nauplius I ถึง postlarvae 20

ระยะ(Stage)	ความยาวลำตัวเฉลี่ย(มม.)	อายุหลังจากแตกตัวออกจากไข่
Nauplius I	0.32	15 hours
Nauplius II	0.35	20 hours
Nauplius III	0.39	1 day -2 hours
Nauplius IV	0.40	1 day -8 hours
Nauplius V	0.41	1 day -14 hours
Nauplius VI	0.54	1 day -20 hours
Protozoea I	1.05	2 days -16 hours
Protozoea II	1.9	4 days -4 hours
Protozoea III	3.2	6 days
Mysis I	3.8	7 days -4 hours
Mysis II	4.3	8 days -16 hours
Mysis III	4.5	9 days -4 hours
Postlarvae 1	5.2	10 days -10 hours
Postlarvae 2	8	16 days
Postlarvae 15	12	26 days
Postlarvae 20	18	30 days

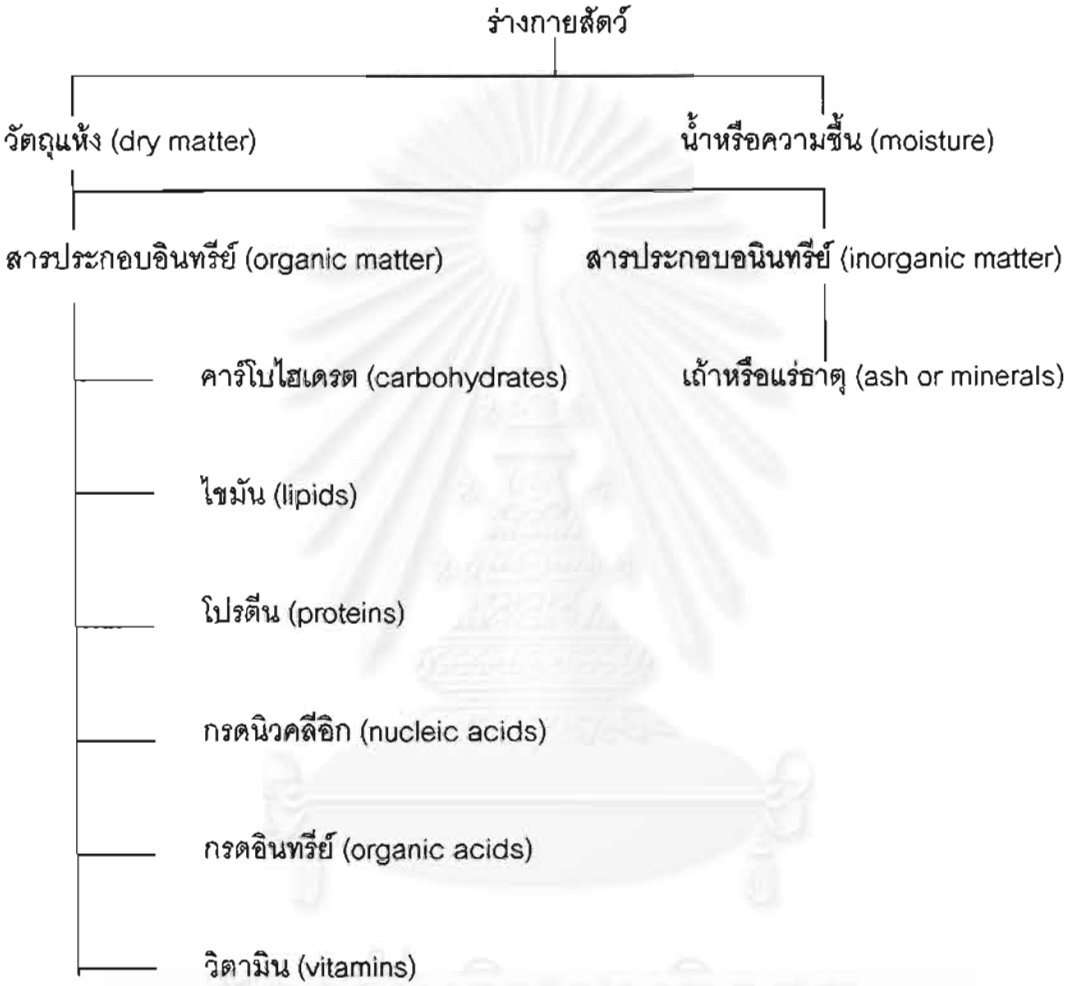
ที่มา : Kungvankij et al. (1989)



รูปที่ 1 วงจรชีวิตและการกระจายของกุ้งกุลาดำ

ที่มา : Motoh (1981)

การเจริญเติบโตของร่างกาย (body growth) หมายถึงการเจริญเติบโตของกระดูก, กล้ามเนื้อ, และเนื้อเยื่อไขมัน ส่วนประกอบของร่างกายจะเป็นสิ่งที่กำหนดกระบวนการเจริญเติบโต ซึ่งสามารถสังเกตได้จาก องค์ประกอบของกล้ามเนื้อ ซึ่งอยู่ในเนื้อเยื่อลำตัว ได้แก่ น้ำ, โปรตีน, ไขมัน, และแร่ธาตุ ซึ่งเป็นส่วนประกอบทางเคมีของกุ้งและสัตว์น้ำอื่นๆ (รูปที่ 2)



รูปที่ 2 ส่วนประกอบของร่างกาย

ที่มา : McDonald และคณะ (1981)

วิตามินอี (Vitamin E)

วิตามินอี หรือที่เรียกทั่วไปว่า anti-sterility vitamin มีชื่อทางเคมีว่า tocopherol ซึ่งจะมีสูตรโครงสร้างของวิตามินอีเป็น $C_{29}H_{50}O_2$ (5,7,8 trimethyltocol) (รูปที่ 3) วิตามินมีการตั้งชื่อตามตัวอักษรในภาษาอังกฤษตามการค้นพบ แต่เมื่อมีการศึกษาคุณสมบัติทางเคมีของวิตามินก็จะมีการตั้งชื่อทางเคมี สำหรับชื่อทั่วไปมักจะเกี่ยวข้องกับภาวะการขาดวิตามินนั้นๆ tocopherol มาจากคำว่า tokos ในภาษากรีกแปลว่า ลูกหลาน (Child birth), phero มาจาก to bear คำว่า คลอดลูก, -ol เป็นการบอกว่าเป็นกลุ่มของแอลกอฮอล์ การดูดซึมของวิตามินเหมือนกับการดูดซึมของไขมันโดยทั่วไป โดยจะดูดเอาวิตามินเข้าไปพร้อมกับไขมัน การดูดซึมเกิดขึ้นที่ลำไส้เล็ก มีเกลือน้ำดีช่วยในการดูดซึมเข้าสู่น้ำเหลือง และถูกขนส่งไปในกระแสเลือดโดย β-Lipoprotein ไปเก็บไว้ที่ตับ โดยวิตามินเอ, ดี, เค จะถูกเก็บสะสมที่ตับ(Liver) เป็นส่วนใหญ่ แต่สำหรับวิตามินอีแล้วจะถูกเก็บสะสมไว้ในเนื้อเยื่อไขมัน(Lipid tissue) วิตามินอี มีหลายรูปคือ α, β, γ, δ แต่ตัวที่มีความสำคัญมากที่สุด คือ α-tocopherol ซึ่งจะมีผลทางชีวเคมีมากกว่ารูปอื่นๆ วิตามินอี ที่อยู่ในรูป d-isomer มีปฏิกิริยาการทำงานมากกว่าอยู่ในรูป l-isomer (อำนวย โชติญาณวงศ์, 2524; เสาวนิตย์ คูประเสริฐ, 2537; สมทรง เลขะกุล, 2542; ธาดา หลินสืบวงศ์ และนวลทิพย์ กมลวาริน ทร์, 2542) โทโคเฟอรอล เป็นน้ำมันสีเหลือง ซึ่งมีความคงทนต่อความร้อนและกรด แต่จะมีการสลายตัวได้ง่ายเมื่อถูกกับด่าง, แสงอุตราไวโอเลต, การเกิดออกซิไดซ์และสัมผัสกับไขมันที่เหม็นหืน วิตามินอีมีคุณสมบัติพิเศษคือ เป็นสารป้องกันออกซิเดชั่น ของสารอื่น เช่น วิตามินเอและแคโรทีน เนื่องจากวิตามินอีจะถูกออกซิไดส์ได้ง่าย ซึ่งวิตามินอีสามารถที่จะทดแทนได้ด้วยตัว antioxidant ที่สังเคราะห์ขึ้นมา และสามารถที่จะละลายได้ในไขมันโดยทั่วไป เช่น Butylated hydroxytoluene(BHT), Butylated hydroxyanisole(BHA), (N,N'-diphenyl-p-phenylenediamine(DPPD), Vitamin C, Ethoxyquin เป็นต้น สำหรับวิตามินอีที่สังเคราะห์ขึ้นมาจะอยู่ในรูปเอสเทอร์ ที่นิยมกันมากได้แก่ α-tocopherol acetate (รูปที่ 3), α-tocopherol phosphate วิตามิน อี จะละลายได้ดีในตัวทำละลายอินทรีย์ เช่น อะซีโตน, โคโรฟอร์ม และอีเทอร์ มีความเสถียรและไม่ละลายน้ำ (วีระพงศ์ วุฒิพันธ์ชัย, 2536) ซึ่งเป็นรูปแบบที่เป็นประโยชน์ทางด้านการค้า(ตารางที่ 2) ซึ่งการวัดค่าของวิตามิน อี หน่วยวัดจะเป็น International Unit (IU) ซึ่งวิตามิน อี 1 IU เทียบกับ วิตามิน อี สังเคราะห์ ในรูปของ α-tocopherol acetate จำนวน 1 มิลลิกรัม

ประวัติของวิตามินอี

วิตามินอี พบเมื่อปี 1922 โดยนักวิจัย 2 ท่าน คือ Evans และ Bishop ทำการทดลองเรื่องอาหารและพบว่ามีสารชนิดหนึ่งมีผลต่อระบบการสืบพันธุ์ของหนู ต่อมาในปี 1924 Sure ได้ตั้งชื่อสารดังกล่าวว่า วิตามินอี หรือ antisteritlity vitamin และในปี 1936 Evans และคณะ ทำการแยกวิตามินอี จากน้ำมันจมูกข้าวสาลี (wheat germ oil) และพบว่ามีธรรมชาติเป็นแอลกอฮอล์ จึงได้ตั้งชื่อว่า tocopherol ต่อจากนั้นในปี 1938 Fernholz ก็สามารถหาสูตรโครงสร้างของ α-tocopherol ได้ และ Karrer ก็สามารถสังเคราะห์วิตามินอี ขึ้นมาได้ในปีเดียวกัน (สมทรง เลขะกุล, 2542)

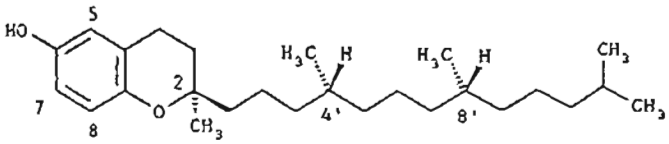
ตารางที่ 2 รูปแบบของวิตามินอี ที่มีประโยชน์ทางด้านการค้า

Form	IU/mg
dl-α-tocopheryl acetate (all-rac)	1.00
dl-α-tocopherol (all-rac)	1.10
d-α-tocopheryl acetate (RRR)	1.36
d-α-tocopherol (RRR)	1.49
dl-α-tocopheryl acid succinate (all-rac)	0.89
d-α-tocopheryl acid succinate (RRR)	1.21

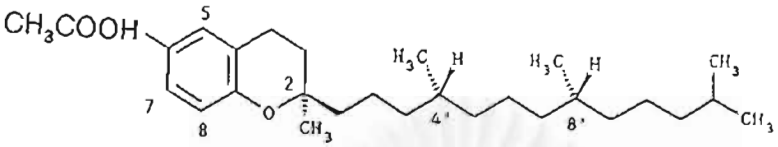
ที่มา : Machlin (1991)

สูตรเคมีและคุณสมบัติ

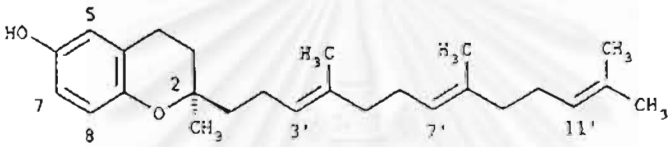
วิตามินอี เป็นพวกแอลกอฮอล์ชนิดที่ไม่อิ่มตัว แบ่งเป็น 2 พวกใหญ่ๆ คือ tocopherol และ tocotrienol ประกอบด้วย hydroxylated ring system (chromanol ring) และ isoprenoid side chain สายข้าง isoprenoid ของ tocols จะเป็นสารประกอบอิ่มตัว แต่ของ trienols เป็นสารไม่อิ่มตัว แต่ละพวกมีความเท่ากันที่จำนวนและตำแหน่งของ CH_3 (methyl group) ที่ต่อกับวงแหวนเบนซีน โดยที่แต่ละพวกมีคุณสมบัติเป็นวิตามิน ได้ 4 ชนิด คือ α, β, γ, δ ซึ่งแตกต่างกันที่จำนวนและตำแหน่งของ methyl group (รูปที่ 3)



Tocopherol



Tocopherol acetate



Tocotrienol

ตำแหน่งหมู่เมทิล			ชื่อเรียก	
5	7	8	Tocopherol	Tocotrienol
CH_3	CH_3	CH_3	α-tocopherol	α -tocotrienol
CH_3	H	CH_3	β -tocopherol	β -tocotrienol
H	CH_3	CH_3	γ -tocopherol	γ -tocotrienol
H	H	CH_3	δ -tocopherol	δ -tocotrienol

รูปที่ 3 โครงสร้างของ tocopherol, tocotrienol, tocopherol acetate และตำแหน่งการจับของหมู่เมทิล

ที่มา : Machlin (1991)

แหล่งกำเนิด

วิตามินอีพบมีการสังเคราะห์ได้เฉพาะในพืชเท่านั้น จะมีอยู่ในพืชทั่วๆ ไป และจะพบมากในพืชสีเขียว โดยเฉพาะในแอมบริโอของเมล็ดพืช เช่น น้ำมันจากจมูกข้าวสาลี (wheat germ oil), ดอกคำฝอย, รำ, เมล็ดฝ้าย, เมล็ดข้าวโพด และถั่วเหลือง (ตารางที่ 3)

ตารางที่ 3 ปริมาณของวิตามินอี ในน้ำมันพืช (μg/g)

ชนิดพืช	tocopherol				tocotrienol		
	α	β	γ	δ	α	β	δ
มะพร้าว	11	-	-	6	5	1	19
ข้าวโพด	159	50	602	-	-	-	-
เมล็ดฝ้าย	440	-	387	-	-	-	-
น้ำมันมะกอก	100	-	-	-	-	-	-
ถั่วลิสง	189	-	214	21	-	-	-
เมล็ดพืชน้ำมัน	236	-	380	12	-	-	-
ซาร์ฟฟาวเวอร์	396	-	174	-	-	-	-
ถั่วเหลือง	79	-	593	264	-	-	-
ดอกทานตะวัน	487	-	51	8	-	-	-
จมูกข้าวสาลี	1194	710	260	271	26	181	-
ปาล์ม	211	-	316	-	143	32	286
เนยเทียมทำ - จากน้ำมันพืช							
แบบอ่อน	139	-	252	63	-	-	-
แบบแข็ง	108	-	272	32	-	-	-

ที่มา : Machlin (1991)

ในกระบวนการต่างๆ ทางด้านชีวเคมี ของสิ่งมีชีวิต มีความจำเป็นจะต้องใช้วิตามินชนิดต่างๆ ในปริมาณที่เพียงพอและเหมาะสม เพื่อเป็นตัวช่วยให้กิจกรรมต่างๆเกิดสมบูรณ์ถ้ามีการขาดวิตามินไปจะทำให้เกิดความผิดปรกติต่อร่างกาย สำหรับในด้านการเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำโดยเฉพาะกุ้งกุลาดำแล้ว วิตามินเป็นตัวที่ใช้เป็นสารเสริมเพื่อเพิ่มการเจริญเติบโต, ภูมิคุ้มกัน, การต้านทานโรค ที่เติมเสริมเข้าไปกับอาหารที่ให้กับกุ้งกุลาดำ(ประจวบ หลำอุบล, 2536) ที่ได้ใช้กันเป็นอย่างมาก ได้แก่ วิตามินซี, วิตามินเอ, วิตามินรวมชนิดต่างๆ, น้ำมันตับปลา, น้ำมันหอย เป็นต้น สำหรับการเพาะเลี้ยงกุ้งกุลาดำในปัจจุบันมีการเริ่มนำเอาวิตามินอี เสริมลงไปในอาหารให้กับกุ้งกุลาดำ เพื่อให้กุ้งมีการเจริญเติบโตที่ดีขึ้น แต่รายละเอียดของวิตามินอีกับกุ้งกุลาดำ ยังมีการศึกษาทดลองกันอยู่น้อย

มีการศึกษาวิตามินอีในคนและสัตว์บกกันมาก และพบว่าวิตามินอี มีบทบาทสำคัญในการทำหน้าที่รักษาภูมิคุ้มกันโรค ป้องกันเซลล์ไม่ให้อนุมูลอิสระเข้ามาทำลาย ซึ่งจะทำให้ระบบภูมิคุ้มกันอ่อนแอ ทำให้เกิดการเสี่ยงต่อการถูกโจมตีของสิ่งแปลกปลอม และสามารถช่วยป้องกันโรคต่างๆ ได้ ช่วยกระตุ้นภูมิคุ้มกันให้กับร่างกาย ยับยั้งการเจริญเติบของเซลล์มะเร็ง เช่น โรคหัวใจ วิตามินอีช่วยป้องกันการเกิดโรคหัวใจ, โรคอัลไซเมอร์ วิตามินอีช่วยป้องกันมิให้เซลล์ประสาทถูกทำลาย, โรคมะเร็ง วิตามินอี ในรูปของ tocotrienol สามารถต้านมะเร็งเต้านม ลดอัตราเสี่ยงต่อมะเร็งผิวหนัง, และโรคคลอเลสเตอรอลในเลือดสูง วิตามินอีสามารถช่วยลดระดับคลอเลสเตอรอลในเลือด โดยเฉพาะเมื่อได้รับ tocopherol ร่วมกับ tocotrienol เมื่อทำการเสริมมากจนเกินไป การสะสมในร่างกาย ทำให้เกิดพิษ เช่น ปวดหัว, ตามัว, คลื่นไส้อาเจียน (สมาคมโภชนาการแห่งประเทศไทย, 2542ก; สมาคมโภชนาการแห่งประเทศไทย, 2542ข) สำหรับในสัตว์บก วิตามินอีมีผลต่อการสืบพันธุ์, การขาดวิตามินอีทำให้เกิดการเป็นหมัน (Sterility) กล้ามเนื้อไม่มีแรง (muscular weakness) หรือกล้ามเนื้อลีบ (atrophy) และโรคโลหิตจาง ซึ่งผลของการขาดวิตามินอีต่อสัตว์มีความแตกต่างกันไปในสัตว์แต่ละชนิด, จากการศึกษาในไก่ เมื่อเกิดการขาดวิตามินอี ทำให้เกิดโรค nutrition encephalomalacia หรือ crazy chick disease ทำให้เกิดความผิดปกติทางประสาท ผิวหนังบวมเป็นตุ่มน้ำเหลือง (exudative diathesis) ทำให้เนื้อเยื่อไขมันอักเสบ (steatitis) และไก่ตัวเมียจะเป็นหมัน ซึ่งไก่จะเป็นสัตว์ที่ไวต่อการขาดวิตามินอีเป็นอย่างมาก ในแพะและแกะ ทำให้กล้ามเนื้อแข็งเนื่องจากกล้ามเนื้อตาย ในสุกร จะเกิดเนื้อตายในตับ (liver necrosis) อาการดีซ่าน, เบื่ออาหาร, โรคเส้นเลือดฝอยแตก, ใบหูและผิวหนังมีสีเขียวคล้ำ, มีกล้ามเนื้อเสื่อมและลีบ การขาดวิตามินอี ในหนู จะมีผลต่อการสืบพันธุ์ทั้งในตัวผู้และตัวเมีย เมื่อขาดจะทำให้มีการสลายตัวของอสุจิในอัณฑะของสัตว์ตัวผู้ การดูดกลืนตัวอ่อน (fetal resorption) เกิดขึ้นในระหว่างการตั้งครรภ์ในตัวเมีย ในพวกสัตว์ที่เลี้ยงลูกด้วยนม (Mammals) มีผลทำให้เกิดโรค

โลหิตจางได้อีกด้วย ดังแสดงในตารางที่ 4 การได้รับวิตามินอีในปริมาณสูงในไก่ จะทำให้เกิดการยับยั้งการเจริญเติบโต ไปรบกวนการจับและปล่อยไอโอดีนที่ต่อมไทรอยด์ ทำให้เกิดอาการเลือดออก ประสาทไม่สั่งงาน, บวมน้ำ ในหนู ทำให้ระดับของคลอเรสเตอรอล และไตรกลีเซอร์ไรด์ในเลือดสูงขึ้นด้วย (เสาวนิตย์ คูประเสริฐ, 2537) แต่ในด้านสัตว์น้ำจะมีการศึกษาในส่วนใหญ่ในพวกปลา ซึ่งจากการศึกษาการเสริมวิตามินอี ลงไปในอาหารให้ปลาเรนโบว์เทร้าซ์กิน พบว่าจะมีการสะสมของวิตามินอี เพิ่มมากขึ้นในกล้ามเนื้อของปลา และสามารถที่จะช่วยชะลอการลดลงของสาร Canthaxanthin ในกล้ามเนื้อของปลาแซ่แข็งได้อีกด้วย (Pozo et al., 1988) วิตามินอี มีผลต่อการสร้างเสถียรภาพของเนื้อเยื่อไขมันในกล้ามเนื้อ ซึ่งเป็นจุดเริ่มต้นของไขมันในกล้ามเนื้อ ป้องกันการหืน ลดความเสียหายจากการ Oxidize สามารถเพิ่มประสิทธิภาพ ในการเสริมสร้างเสถียรภาพการแซ่แข็งของเนื้อปลา (Frigg et al., 1990)

สำหรับในกุ้งถ้าขาดวิตามินอี จะมีผลต่ออัตราการรอดของลูกกุ้งขนาดเล็ก ทำให้อัตราการรอดต่ำ มีอัตราการเจริญเติบโตช้า ทำให้อัตราการฟักเป็นนอเพียสน้อยลง และทำให้กุ้งมีไข่แก่ช้ากว่ากุ้งที่ได้รับการเสริมวิตามินอี ในระดับที่เหมาะสม (ไพฑูรย์ อรรฆยานนท์ และทวี จินตามัยกุล, 2540) ซึ่งวิตามินอีที่เสริมเข้าไปในอาหาร เมื่อเข้าสู่ตัวของกุ้งแล้วอวัยวะหลักที่เป็นแหล่งสะสมของวิตามินอีคือ hepatopancreas และรองลงไปเป็นกล้ามเนื้อ แต่ในเพศเมียวิตามินอีที่สะสมทั้งสองแหล่งจะมีการเคลื่อนไปสู่ไข่และรังไข่ในช่วงที่มีการพัฒนาระบบการสืบพันธุ์ของกุ้ง และจะมีการลดลงเมื่อมีการวางไข่ (Alverz del Castillo et al., 1989) การเสริมวิตามินอีลงในอาหารให้พ่อแม่พันธุ์ จะมีผลทำให้วิตามินอีในไข่เพิ่มปริมาณมากขึ้น เพื่อป้องกันการเกิดออกซิเดชั่นของไขมันไม่อิ่มตัว (High Unsaturated Fatty Acid) ในช่วงการพัฒนาการของรังไข่ซึ่งถ้ามีไม่เพียงพอจะมีผลต่อเยื่อหุ้มเซลล์ไข่ในขณะที่มีการพัฒนาการของตัวอ่อน (Cahu et al., 1995) สำหรับในกุ้งกุลาดำ Yano(1995) พบว่าวิตามินอีและ EPA (Eicosapentaenoic) จะมีผลต่อการเจริญพันธุ์และการวางไข่ โดยที่ EPA จะเป็นจุดเริ่มต้นของ prostaglandin และ Cahu et al. (1993) พบว่าการเสริม HUFA ในอาหารให้พ่อแม่พันธุ์กุ้งพวก penaeid มีผลทำให้วิตามินอีในอวัยวะต่างๆ และไข่ของพ่อแม่พันธุ์ลดลงจากปกติ ซึ่งจะมีผลต่อการฟักของไข่กุ้ง จึงมีความจำเป็นที่จะต้องเสริมวิตามินอีเข้าไปด้วยเมื่อมีการเสริม HUFA ลงไปในอาหารเพื่อเป็น biological antioxidant และ Alava (1993) พบว่าวิตามินอีมีผลต่อน้ำหนักและ GSI (Gonadosomatic Index)จากการศึกษาของ Kanazawa (1985) พบว่าการเติมวิตามินอี ลงในอาหาร มีผลต่อการปรับปรุงอัตราการรอดตายของตัวอ่อนของกุ้ง Penaeus japonicus ซึ่งได้ผลการทดลองที่ใกล้เคียงกับของ He et al. (1992) ที่ได้ทำการทดลองใน Penaeus vannamei และพบว่ากุ้งกินอาหารขาดวิตามินอี มีเปอร์เซ็นต์การรอดตายน้อย และน้ำหนักลดลง เมื่อให้อาหารทดลองเป็นเวลา 2 เดือน การให้วิตามินอี กับกุ้ง จำเป็นจะ

ตารางที่ 4 การขาดวิตามินอีในเนื้อเยื่อสัตว์และผลที่เกิดขึ้น

เนื้อเยื่อ	ผลจากการขาดวิตามิน	ชนิดของสัตว์ที่ศึกษา
กล้ามเนื้อ		
โครงสร้างลำตัว	Necrotizing myopathy	ลิง, หมู, หนู, สุนัข, กระต่าย หนูตะเภา, ม้า, ลูกวัว[a], ลูกแกะ[a], ลูกแมว[a], มิงค์, ไก่[b], เป็ด, ปลาแซลมอล[a],ปลาดุก, กวางอาฟริกา
หัวใจ	Necrotizing myopathy	หมู, หนู, สุนัข, กระต่าย, หนูตะเภา, กา, แกะ, แพะ, ลิงบาร์บูน, กวาง - อาฟริกา, ช้าง, กวาง, ลูกวัว
กึ๋น	Necrotizing myopathy	ไก่งวง
การสืบพันธุ์		
หลอดเลือด - ไปที่รก	การตายและการดูดกลืนตัวอ่อน	หมู, หนู, หนูมิคกีเม้าส์, หนูตะเภา, วัว[a], แกะตัวเมีย[a], ไก่
กระเพาะ - ปัสสาวะ	การสะสมของ Lipofuscin	หนู
อัณฑะ	การเสื่อมของเซลล์ epithelium	ลิง, หมู, หนู, สุนัข, กระต่าย, หนูตะเภา, ไก่, แฮมสเตอร์
ระบบลำไส้		
ลำไส้เล็ก	การสะสมของ Lipofuscin	สุนัข
กระเพาะอาหาร	แผลพุพองในกระเพาะอาหาร	หมู
เนื้อเยื่อไขมัน	การสะสมของ Lipofuscin	หมู, หนู, หนูมิคกีเม้าส์, แฮมสเตอร์, มิงค์

ตารางที่ 4 (ต่อ)

เนื้อเยื่อ	ผลจากการขาดวิตามิน	ชนิดของสัตว์ที่ศึกษา
ช่องภายในลำตัว		
หลอดเลือด	ผิวหนังบวมเป็นตุ่มน้ำเหลือง[c]	ไก่, ไก่งวง, ปลาแซลมอล ปลาดุก
เม็ดเลือดแดง	โรคโลหิตจาง	ลิง, หมู, หนู, ปลาแซลมอล ปลาดุก
	ฮีโมไลซีส (in vivo)	ลิง, หนู, ไก่
เกล็ดเลือด	เพิ่มจำนวนมากขึ้น	หนู
	เพิ่มการรวมตัวเป็นก้อน (in vitro)	หนู
ตา	โรคต้อกระจก	ตัวอ่อนของไก่งวง, กระต่าย
	การเสื่อมของ Retina	สุนัข, ลิง, หนู
ระบบประสาท		
สมองส่วน cerebellum	เยื่อหุ้มสมองอักเสบ[d]	ไก่
เส้นประสาท	การเสื่อมของ Axon	ลิง, หนู, สุนัข, เป็ด หนูมิคกีเม้าส์, หนูตะเภา
	การสะสมของ Lipofuscin	หนู, หนูมิคกีเม้าส์
ตับ	เนื้อตายในตับ	หมู, หนู, หนูมิคกีเม้าส์

a วิตามินอีไม่มี ผลถ้าในอาหารขาดสารซิลิเนี่ยม(ต้องขาดสารทั้งสองชนิด)

b ป้องกันโดยใช้กรดอะมิโนที่มีซัลเฟอร์เป็นองค์ประกอบ

c ป้องกันโดยใช้สารซิลิเนี่ยม

d การเปลี่ยนแปลงที่ประสาทอาจจะเป็นสาเหตุให้เกิดเชื้อโรคในช่องว่างของสมอง

ที่มา : Machlin (1991)

ต้องให้ในปริมาณที่เหมาะสมกับความต้องการไม่ให้มากหรือน้อยจนเกินไป ซึ่ง Coloso (1996) ได้ใช้วิตามินอี ในระดับ 150 mg/อาหาร 1 กิโลกรัม เพื่อผสมในอาหารของกุ้ง โดยวิตามินอี จะถูกนำไปใช้โดยการดูดซึมผ่านลำไส้เล็กพร้อมกับพวกไขมัน ทำหน้าที่ร่วมกับสาร Selenium และวิตามินซี ในการควบคุมการเจริญเติบโตและเจริญพันธุ์ให้เป็นปกติ และยังเป็นสารแอนติออกซิแดนท์ (antioxidant) ภายในของเซลล์ เพื่อรักษาสมดุลของร่างกายให้อยู่ในสภาพปกติ (homeostasis)

บทที่ 3
อุปกรณ์และวิธีการดำเนินการทดลอง

1.การเตรียมอุปกรณ์และการทดลอง

การทดลองในครั้งนี้ดำเนินการทดลองโดยใช้กุ้งกุลาดำที่เลี้ยงจากบ่อดิน อ.สิชล จ. นครศรีธรรมราช ซึ่งมีขนาดน้ำหนักเฉลี่ยประมาณ 15 กรัม นำกุ้งมาปรับสภาพในบ่อปูนภายในโรงเพาะฟักกุ้งทะเลเป็นเวลา 1 สัปดาห์ก่อนคัดเลือกมาทำการทดลอง โดยทำการเลี้ยงกุ้งภายในโรงเพาะฟักกุ้งทะเลของสถานีเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำชายฝั่ง จังหวัดนครศรีธรรมราช ใช้บ่อปูนขนาด 1000 ลิตร จำนวน 8 บ่อ ทำการฆ่าเชื้อและล้างบ่อด้วยคลอรีน (Calcium hypochloride; $Ca(Ocl_2)$) แล้วปล่อยให้บ่อแห้ง นำเอาหัวทรายที่ให้ออกซิเจนใส่บ่อละ 2 อัน และนำน้ำที่ผ่านการฆ่าเชื้อด้วยคลอรีนจากบ่อพักน้ำซึ่งผ่านการตรวจสอบคุณภาพน้ำเรียบร้อยแล้วก่อนที่จะนำมาใช้แต่ละครั้ง(ตารางที่ 5) ใส่ลงในบ่อที่ทำการทดลองเลี้ยงกุ้งทั้ง 8 บ่อ บ่อละ 500 ลิตร โดยใช้น้ำที่มีความเค็มประมาณ 30-32 พีพีที ทำการคัดเลือกกุ้งใส่บ่อเลี้ยง 30 ตัวต่อบ่อ โดยแยกเป็นเพศผู้ 4 บ่อ และเพศเมีย 4 บ่อ จัดรูปแบบการทดลองเป็นแบบ RBD (Complete Randomized Block Design) ซึ่งเป็นวิตามินอี 4 ระดับ (0, 150, 500 และ 2500 มิลลิกรัมต่ออาหาร 1 กิโลกรัม) กับเพศของกุ้ง(เพศผู้และเพศเมีย) โดยจัดชุดการทดลองแบบสุ่ม ให้อาหารกุ้งทดลองจำนวน 5 ครั้งต่อวัน (06.00, 10.00, 14.00, 18.00 และ 22.00 น. ตามลำดับ) ปรับความเหมาะสมของการให้อาหารกุ้งตามความต้องการอาหารของกุ้งซึ่งให้กินจนอิ่ม ดูดตะกอนและเศษอาหารที่เหลือในตอนเช้าของแต่ละวัน ทำความสะอาดบ่อและเปลี่ยนถ่ายน้ำประมาณ 50% วันเว้นวัน จนสิ้นสุดการทดลอง และใช้เวลาในการทำการทดลอง 2 เดือน

2.อาหารที่ใช้สำหรับการทดลอง

เตรียมอาหารที่ใช้สำหรับการทดลองโดยใช้อาหารสำเร็จรูปจากบริษัทที่มีวางขายในท้องตลาด ซึ่งมีโปรตีนมากกว่า 36 เปอร์เซ็นต์, ไขมันมากกว่า 3 เปอร์เซ็นต์, เยื่อไยมากกว่า 3 เปอร์เซ็นต์ และความชื้นน้อยกว่า 12 เปอร์เซ็นต์ และทำการเสริมวิตามินอี ในรูปของ alpha-tocopherol acetate ที่ระดับแตกต่างกัน 4 ระดับโดยแยกเป็น 4 สูตร ดังนี้คือ

สูตรที่ 1 อาหารสำเร็จรูปที่ไม่มีการผสมวิตามินอี

สูตรที่ 2 อาหารสำเร็จรูปที่มีการผสมวิตามินอี 150 มิลลิกรัม/อาหาร 1 กิโลกรัม

สูตรที่ 3 อาหารสำเร็จรูปที่มีการผสมวิตามินอี 500 มิลลิกรัม/อาหาร 1 กิโลกรัม

สูตรที่ 4 อาหารสำเร็จรูปที่มีการผสมวิตามินอี 2500 มิลลิกรัม/อาหาร 1 กิโลกรัม

ชั่งวิตามินอี ที่จะนำมาผสมลงในอาหารให้ได้ตามขนาดที่เราต้องการ คือ 150, 500, 2500 มิลลิกรัมต่ออาหาร 1 กิโลกรัม แล้วนำมาผสมให้เข้ากันกับไข่เป็ด (หรือไข่ไก่) โดยใช้ทั้งไข่แดงและไข่ขาว ใช้ไข่เป็ด 3 ฟอง ต่ออาหาร 1 กิโลกรัม ทำการผสมวิตามินอี ให้เข้ากับไข่เป็ดผสมให้เข้ากันโดยใช้เครื่องผสม(Binder) นำเอามาคลุกเคล้าให้เข้ากันกับอาหารสำเร็จรูปที่ซื้อมาจากท้องตลาด ซึ่งแบ่งชั่งมาสูตรละ 2 กิโลกรัม สำหรับสูตรที่ 1 ทำการคลุกเคล้าเฉพาะอาหารกับไข่เป็ดโดยที่ไม่มีการผสมวิตามินอี ลงไป นำเอาไปทำการผึ่งลมให้แห้ง แล้วเก็บไว้ในตู้เย็นที่อุณหภูมิ -20 องศาเซลเซียส และนำเอาออกมาเมื่อต้องการใช้

ตารางที่ 5 ค่าพารามิเตอร์ที่ใช้ตรวจสอบคุณภาพน้ำและวิธีการวิเคราะห์

ค่าพารามิเตอร์	เครื่องมือที่ใช้ทดสอบ
1.ความเป็นกรด-ด่าง และอุณหภูมิ	เครื่องวัดความเป็นกรด-ด่าง(Handheld/pH/mV/Ion meter รุ่น Accumet1003 series, Fisher Scientific, USA)
2.ความเค็ม	เครื่องวัดความเค็ม(Hand refractometer ; S/Mill ATAGO Co.,Ltd. Japan)
3.อัลคาไลนิตี้	Alkalinity test kits ของบริษัท Merck ประเทศเยอรมัน
4.คลอรีน	Chorine test kits ของบริษัท Merck ประเทศเยอรมัน
5.ไนไตร์ท	Nitrite test kits ของบริษัท Merck ประเทศเยอรมัน
6.แอมโมเนีย	Ammonia test kits ของบริษัท Merck ประเทศเยอรมัน
7.ออกซิเจนละลายน้ำ	เครื่อง YSI รุ่น Model 57

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

3. การเก็บรวบรวมข้อมูล

3.1 ระหว่างการทดลอง

3.1.1 ตรวจดูการตายของกุ้งในบ่อแต่ละวัน เพื่อใช้ในการคำนวณอัตราการรอดตายของกุ้งจากการเลี้ยงตลอดเวลา 8 สัปดาห์

3.1.2 ตรวจดูการลอกคราบของกุ้งในบ่อแต่ละวัน เพื่อศึกษาความถี่จากการลอกคราบของกุ้ง และนำมาหาอัตราการลอกคราบของกุ้งหนึ่งตัวต่อสัปดาห์

3.1.3 ชั่งน้ำหนักกุ้ง โดยใช้เครื่องชั่ง 2 ตำแหน่ง ทุก 2 อาทิตย์ เพื่อศึกษาการเจริญเติบโต

3.1.4 ทำการวัดความยาวทุก 2 อาทิตย์ เพื่อศึกษาความยาวและการเติบโต

3.2 สิ้นสุดการทดลอง

3.2.1 คำนวณปริมาณเปอร์เซ็นต์น้ำ (water content)ในตัวกุ้ง โดยนำเฉพาะส่วนกล้ามเนื้อกุ้งไม่รวมเปลือกและส่วนหัวไปอบในตู้อบที่อุณหภูมิ 100 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 24 ชั่วโมง แล้วนำไปเก็บใน desiccator จนอุณหภูมิลดลงเท่ากับอุณหภูมิห้อง จากนั้นนำไปชั่งน้ำหนักโดยใช้เครื่องชั่ง 4 ตำแหน่ง คำนวณเปอร์เซ็นต์น้ำได้จากสูตร

$$\text{เปอร์เซ็นต์น้ำ} = \frac{(\text{น้ำหนักตัวอย่างสด} - \text{น้ำหนักตัวอย่างแห้ง})}{\text{น้ำหนักตัวอย่างสด}} \times 100$$

3.2.2 คำนวณเปอร์เซ็นต์สารอินทรีย์และปริมาณเถ้า โดยการนำกุ้งที่อบแห้งใส่ในครูซิเบิลเผาในเตาเผาที่อุณหภูมิ 550 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 5 ชั่วโมง ก่อนนำมาใส่ในโถดูดความชื้น (desiccator)ให้อุณหภูมิเย็นเท่าอุณหภูมิห้อง นำไปชั่งน้ำหนักโดยใช้เครื่องชั่ง 4 ตำแหน่ง ตามขั้นตอนในภาคผนวก ก. คำนวณเปอร์เซ็นต์สารอินทรีย์และปริมาณเถ้าจากสูตร

$$\text{เปอร์เซ็นต์เถ้า} = \frac{\text{ปริมาณเถ้าที่เหลือ}}{\text{น้ำหนักตัวอย่างแห้ง}} \times 100$$

$$\text{เปอร์เซ็นต์สารอินทรีย์} = \frac{(\text{น้ำหนักกุ้งแห้ง} - \text{น้ำหนักเถ้า})}{\text{น้ำหนักตัวกุ้ง}} \times 100$$

3.2.3 คำนวณปริมาณไขมันรวมในตัวกุ้ง โดยนำกุ้งมาปอกเปลือกแล้วนำไปทำให้แห้งด้วยเครื่อง Freeze dry (ใช้เวลาประมาณ 24 ชั่วโมง) นำเอาตัวอย่างที่แห้งแล้วมาบดจนละเอียด ใส่ลงใน Flask แล้วเติม Chloroform ผสม Methanol ในอัตราส่วน 2:1 เขย่าให้เข้ากัน ปล่อยทิ้งไว้เป็นเวลา 96 ชั่วโมง (Artemia Reference Center, 1993) หลังจากนั้นนำมากรองผ่านกระดาษกรอง (whatman เบอร์ 1) เก็บสารที่ได้เทใส่ขวดก้นกลมที่ทราบน้ำหนักที่แน่นอน แล้วนำไประเหยด้วยเครื่อง Rotary evaporator จนแห้ง ทำการชั่งน้ำหนักเพื่อใช้ในการคำนวณเปอร์เซ็นต์ของปริมาณไขมันรวมจากกุ้ง ตามภาคผนวก ข. คำนวณปริมาณไขมันรวมจากสูตร

$$\text{เปอร์เซ็นต์ปริมาณไขมันรวม} = \frac{(\text{ปริมาณไขมันที่สกัดได้} \times 100)}{\text{น้ำหนักตัวอย่างแห้งบดที่ใส่ลงในบีกเกอร์}}$$

3.2.4 การวิเคราะห์ปริมาณโปรตีนรวมแบบ Proximate Analysis (AOAC, 1990) โดยนำตัวอย่างกุ้งที่อบแห้งและบดละเอียด มาชั่งบนกระดาษกรองที่ไม่มีส่วนประกอบของไนโตรเจน พับกระดาษแล้วนำใส่ลงในหลอดสำหรับย่อยหาปริมาณโปรตีน เติมสาร catalyst และกรดซัลฟูริคเข้มข้นลงไป จำนวน 25 มิลลิลิตร นำไปย่อยด้วยเครื่อง Kjeldatherm digestion block โดยทำการเริ่มย่อยที่อุณหภูมิประมาณ 100 องศาเซลเซียส และทำการเพิ่มขึ้นเรื่อยๆ 20 องศาเซลเซียส ต่อทุกๆ 15-20 นาที จนได้อุณหภูมิถึง 380 องศาเซลเซียส ปล่อยให้เกิดการย่อยโดยสมบูรณ์ หลังจากนั้นปล่อยให้เย็น นำเอาน้ำกลั่นเติมลงไปประมาณ 100-150 มิลลิลิตร นำไปกลั่นด้วยเครื่อง Vapodest I และนำไปไตเตรตด้วยสารละลายมาตรฐานกรดซัลฟูริค เพื่อหาปริมาณของโปรตีนในตัวอย่างตามวิธีการในภาคผนวก ค. และคำนวณปริมาณของโปรตีนจากสูตร

$$\text{เปอร์เซ็นต์โปรตีนรวม} = \frac{1.4 \times (Vs-Vb) \times Ns \times Np \times 100}{\text{น้ำหนักของตัวอย่าง(กรัม)}}$$

เมื่อ

Vs = ปริมาตรกรดที่ใช้ในการไตเตรทตัวอย่าง หน่วยเป็น มิลลิลิตร

Vb = ปริมาตรกรดที่ใช้ในการไตเตรทตัวอย่างตรวจสอบ(Blank) หน่วยเป็น มิลลิลิตร

Ns = ความเข้มข้นของกรดซัลฟูริค ที่ใช้ในการไตเตรท

Np = Conversion factor = 6.25

3.2.5 ทำการหาดัชนีของตับ (Liver Somatic Index) โดยนำตับ (Hepatopancreas) ของกุ้งมาทำการชั่งด้วยเครื่องชั่ง 4 ตำแหน่ง และคำนวณหาค่า LSI จากสูตร

$$LSI = \frac{\text{น้ำหนักของ Hepatopancreas} \times 100}{\text{น้ำหนักตัวของกุ้ง}}$$

4.การวิเคราะห์วิตามินอีที่มีอยู่ในอาหาร

4.1การสกัดวิตามินอี ในตัวอย่างอาหาร

ชั่งตัวอย่างอาหารที่เตรียมขึ้นมาและบดละเอียดเรียบร้อยแล้วด้วยเครื่องบดอาหารขนาดเล็กประมาณ 10 กรัม เติมไดออกเซนผสมไอโซออกเทน (อัตราส่วน 20:80) ลงไปละลาย นำไปเขย่าด้วยเครื่องเขย่าประมาณ 90 นาที เทสารละลายในชั้นตัวทำละลายอินทรีย์ผ่านเครื่องกรองซินเตอร์กล๊าสขนาด10 ไมโครเมตร โดยที่มีซีไลท์ (Celite) อยู่ด้วย ทำการล้างด้วยตัวทำละลายไดออกเซนผสมไอโซออกเทน (อัตราส่วน 20:80) โดยเทผ่านเครื่องกรองซ้ำอีก 2 ครั้ง

นำสารที่ผ่านการกรองเทใส่ลงในขวดก้นกลม แล้วเติมสารเตตร้าเอธิลีนเพนตามีน (tetraethylenepentamine) 0.6 มิลลิลิตร นำไปเขย่าอีกประมาณ 20 นาที หลังจากนั้นนำเอาไประเหยภายใต้ความดันต่ำจนเกือบแห้งด้วยเครื่อง Rotary evaporator ให้เหลือประมาณ 60 มิลลิลิตร นำสารที่ได้เทใส่กรวยสกัดสาร (separatory funnel) ก่อนทำการสกัดด้วยสารอะเซโตไนไตรล์ (Acetonitrile) ครั้งละ 100 มิลลิลิตร จำนวน 3 ครั้ง เก็บสารที่สกัดได้เทกรองผ่านกระดาษวอทแมนเบอร์ 31 หรือ 41 นำเอาไประเหยด้วยเครื่อง Rotary evaporator ให้เหลือสารประมาณ 60-80 มิลลิลิตร แล้วนำมาสกัดในกรวยสกัดด้วยตัวทำละลายอินทรีย์ไอโซออกเทน ครั้งละ 100 มิลลิลิตร จำนวน 3 ครั้ง โดยแต่ละครั้งทำการเขย่าเป็นเวลา 15, 10, 5 นาที ตามลำดับ แยกสารชั้นไอโซออกเทนไว้ ทิ้งสารละลายชั้นอะเซโตไนไตรท์ไป

เติมสารละลาย โซเดียมฟอสเฟตไตรเบสิก 20% จำนวน 4 มิลลิลิตร แล้วทำการเขย่าให้ทั่ว (ถ้ามีตะกอนเกิดขึ้นมาให้ทำการกรองผ่านเครื่องกรองซินเตอร์กล๊าสที่มีซีไลท์อยู่ด้วย) นำสารที่ได้เทใส่ขวดก้นกลม หลังจากนั้นนำสารละลายไประเหยด้วยเครื่อง Rotary evaporator จนแห้งสนิท เติมเมทานอลครั้งละ 10 มิลลิลิตร จำนวน 3 ครั้ง ทำการละลายจนได้สารที่มีความเข้มข้นที่เหมาะสม นำไปวิเคราะห์หาปริมาณวิตามินอี ด้วยเครื่อง HPLC

หอสมุดกลาง สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

4.2 การเตรียมสารละลายมาตรฐานวิตามินอี

ชั่งสารวิตามินอี มาตรฐาน 1 กรัม นำมาละลายกับสารเมทานอล ในขวดวัดปริมาตร ขนาด 100 มิลลิลิตร นำสารมาตรฐานที่ได้ไปทำให้เจือจางด้วยเมทานอลอีก 5 ระดับความเข้มข้นเพื่อใช้สำหรับทำกราฟมาตรฐานของวิตามินอีในการเปรียบเทียบหาค่าความเข้มข้นของวิตามินอี ในอาหาร และนำเอาไปฉีดเข้าเครื่อง HPLC ความเข้มข้นละ 20 ไมโครลิตร

4.3 การเตรียมสภาวะเครื่อง HPLC ในการวิเคราะห์หาวิตามินอี

เครื่อง HPLC ที่ใช้เป็นเครื่อง Water มี LCD Detector รุ่น 486 Pump รุ่น 616 และใช้เครื่องฉีดตัวอย่างอัตโนมัติ (Autosample) รุ่น 717 และวิเคราะห์ปริมาณตัวอย่างโดยใช้เครื่องคอมพิวเตอร์และโปรแกรม PC 800

Column : Nova-pak C-18 ขนาด 300x3.9 mm

Detector : UV-VIS detector ความยาวคลื่น 280 nm ความไว 0.005 aufs

Mobile phase : Methanol: น้ำ (อัตราส่วน 95:5)

Flow rate : 1 ml/min

Retention time : 29 min

Run time : 40 min

เตรียมสารที่ใช้เป็นตัวเคลื่อนที่ (Mobile phase) 2 ชนิด คือเมทานอลและน้ำกลั่น โดยใช้เมทานอลชนิด HPLC และน้ำกลั่น Deionize (เตรียมโดยใช้เครื่องกรองน้ำ Milli-Q) นำสารทั้ง 2 ชนิดไปทำการ Degas โดยใช้เครื่อง Ultrasonic เป็นเวลา 15-20 นาที ทำการเปิดเครื่อง HPLC นำเอาสายดูดสารละลายจุ่มลงไปในขวดที่ใช้ (Reservoir) เก็บสารซึ่งใช้เป็นตัวเคลื่อนที่ ไล่ฟองอากาศออกจากเครื่องจนได้ลำของของเหลวที่ออกจากเครื่องเป็นเส้นตรง นำเอาคอลัมน์ที่ใช้สำหรับการวิเคราะห์ (Nova-pak C-18 ขนาด 300*3.9 มม.) ต่อเข้ากับเครื่อง HPLC และทำการล้างคอลัมน์เป็นเวลา 2 ชั่วโมง โดยปรับอัตราการไหลของตัวเคลื่อนที่ 1 มิลลิลิตรต่อนาที ทำการฉีดสารละลายมาตรฐานวิตามินอี ที่ระดับความเข้มข้นต่างๆ เข้าไปในเครื่องเพื่อใช้สำหรับการสร้างกราฟมาตรฐานของวิตามินอี หลังจากนั้นนำตัวอย่างที่ผ่านการสกัดเรียบร้อยแล้ว ฉีดเข้าเครื่องเพื่อหาความเข้มข้นของวิตามินอี ที่อยู่ในอาหารที่เราต้องการวิเคราะห์ เมื่อเสร็จสิ้นการวิเคราะห์แล้วทำการล้างคอลัมน์อีกเป็นเวลาประมาณ 2 ชั่วโมง ทำการเก็บคอลัมน์ด้วยเมทานอล ก่อนที่ถอดคอลัมน์ออกจากเครื่องสำหรับการใช้ในครั้งต่อไป ขั้นตอนตามภาคผนวก ง.

5.การวิเคราะห์ผลทางสถิติ

วิเคราะห์ผลของวิตามินอีต่อการเปลี่ยนแปลงน้ำหนัก ความยาว และองค์ประกอบภายในตัวของกุ้งกุลาดำ ที่ใช้บอกถึงการเจริญเติบโตของกุ้งกุลาดำ โดยใช้ Analysis of Variance แบบ RBD (Completely Randomized Block Design) และเปรียบเทียบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยโดยใช้ Dancan's New Multiple Range Test (DMRT)

บทที่ 4
ผลการทดลอง

ปริมาณวิตามินอี ในอาหารทดลอง

วิตามินอีมีการสูญหายไประหว่างการเสริมลงไปในอาหารในปริมาณสูง (ตารางที่ 6) โดยวิตามินในสูตรที่ 2 สูญหายไป 40.67 เปอร์เซ็นต์ สูตรที่ 3 สูญหายไป 49.2 เปอร์เซ็นต์ สูตรที่ 4 สูญหายไป 55.52 เปอร์เซ็นต์ ทั้งนี้ปริมาณของวิตามินอี ที่มีอยู่ในอาหารสำเร็จจะมีปริมาณ 158 มิลลิกรัมต่ออาหาร 1 กิโลกรัม

ตารางที่ 6 ผลการวิเคราะห์ปริมาณวิตามินอีในอาหารด้วยเครื่อง HPLC (มิลลิกรัม/อาหาร 1 กิโลกรัม)

สูตรที่	ปริมาณวิตามินอี ที่เสริมในอาหาร(มิลลิกรัม)	ปริมาณวิตามินอี ที่วิเคราะห์ได้(มิลลิกรัม)
1	-	158
2	150	247
3	500	412
4	2500	1270

คุณภาพน้ำในการทดลอง

คุณภาพน้ำก่อนการทดลองและคุณภาพน้ำระหว่างการทดลองแสดงไว้ในตารางที่ 7

ตารางที่ 7 ผลคุณภาพน้ำก่อนและระหว่างการทดลอง

พารามิเตอร์	คุณภาพน้ำบ่อพัก	คุณภาพน้ำบ่อเลี้ยง
คลอรีน	0	-
ไนไตร์(mg/l)	0	<0.1
แอมโมเนีย(mg/l)	0	<0.1
อุณหภูมิ(C)	27-28	27-29.5
ความเค็ม(ppt)	30-32	30-32
อัลคาไลนิตี้(mg/l)	119-136	119-136
ความเป็นกรด-ด่าง	8.0-8.2	8.0-8.3
ออกซิเจน(mg/l)	4.2-4.5	5.2 -5.7

การเติบโตของกุ้ง

การเสริมวิตามินอี ในระดับที่แตกต่างกันไม่มีผลต่อการเติบโตของกุ้งในเชิงความยาวและน้ำหนัก($P>0.05$; ตารางที่ 8, 9, 10 และ 11) แต่เพศของกุ้งมีผลต่อการเปลี่ยนแปลงของขนาดน้ำหนักและความยาว($P<0.05$) โดยที่ตัวผู้จะมีค่าเฉลี่ยของความยาว 12.48 ± 0.67 และค่าเฉลี่ยของน้ำหนัก 16.69 ± 2.73 และในเพศเมียจะมีค่าเฉลี่ยของความยาว 12.56 ± 0.77 ค่าเฉลี่ยของน้ำหนัก 17.34 ± 3.49 เนื่องจากผลของวิตามินอีไม่มีผลต่อการเติบโต ทำให้เราสามารถเขียนกราฟแยกเพศของกุ้งและหาสมการความสัมพันธ์ระหว่างความยาวและน้ำหนักของกุ้งในระยะเวลาประมาณ 2 เดือนถึง 4 เดือน ดังรูปที่ 4 และรูปที่ 5

ตารางที่ 8 ค่าเฉลี่ยความยาวกุ้งเพศผู้ที่ทำการทดลอง

ปริมาณวิตามินอี	ความยาวของกุ้งเพศผู้ *				
(mg)	เริ่มต้น	สัปดาห์ที่2	สัปดาห์ที่ 4	สัปดาห์ที่ 6	สัปดาห์ที่ 8
158	12.04±0.74	12.33±0.68	12.56±0.66	12.84±0.61	13.09±0.62
247	12.12±0.70	12.38±0.61	12.48±0.63	12.78±0.64	13.02±0.61
412	12.08±0.57	12.24±0.56	12.39±0.53	12.63±0.51	12.89±0.51
1270	12.10±0.61	12.23±0.50	12.35±0.52	12.57±0.54	12.91±0.64

* ค่าเฉลี่ย ± ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน

ตารางที่ 9 ค่าเฉลี่ยความยาวกุ้งเพศเมียที่ทำการทดลอง

ปริมาณวิตามินอี	ความยาวของกุ้งเพศเมีย *				
(mg)	เริ่มต้น	สัปดาห์ที่2	สัปดาห์ที่ 4	สัปดาห์ที่ 6	สัปดาห์ที่ 8
158	12.08±0.92	12.31±0.74	12.51±0.81	12.78±0.73	13.08±0.76
247	12.03±0.67	12.33±0.66	12.52±0.62	12.78±0.61	13.06±0.67
412	12.16±0.78	12.40±0.69	12.61±0.69	12.95±0.66	13.24±0.66
1270	12.09±0.62	12.36±0.62	12.46±0.66	12.82±0.58	13.08±0.65

* ค่าเฉลี่ย ± ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน

ตารางที่ 10 ค่าเฉลี่ยน้ำหนักกุ้งเพศผู้ที่ทำการทดลอง

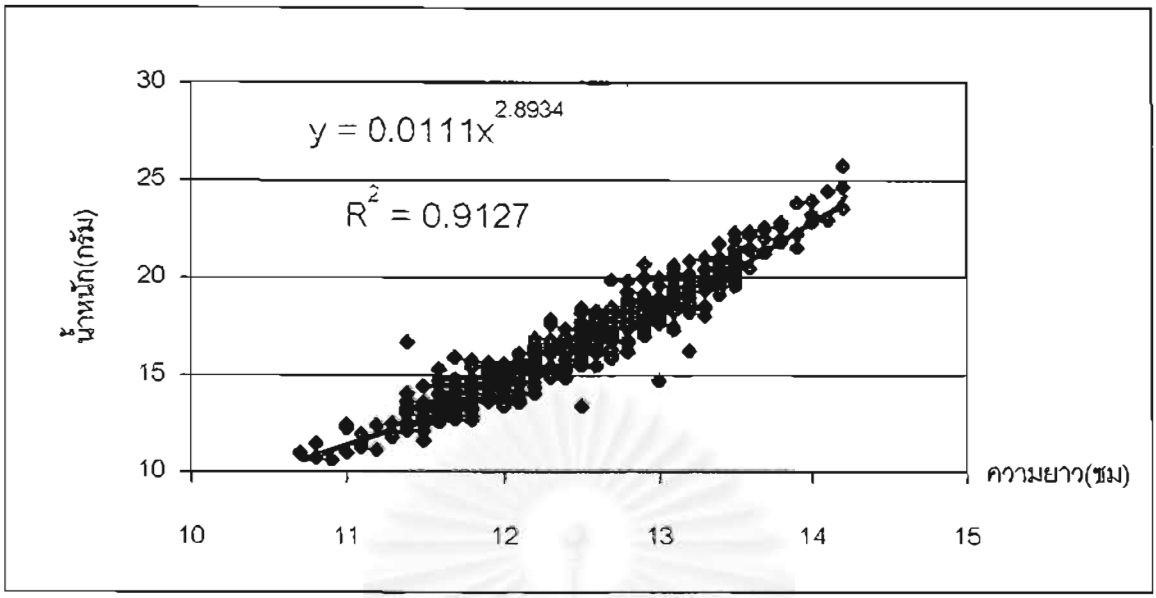
ปริมาณวิตามินอี	น้ำหนักของกุ้งเพศผู้ *				
(mg)	เริ่มต้น	สัปดาห์ที่2	สัปดาห์ที่ 4	สัปดาห์ที่ 6	สัปดาห์ที่ 8
158	15.37±2.85	15.54±2.59	16.58±2.56	17.88±2.62	19.12±2.81
247	15.60±2.68	16.02±2.49	16.48±2.53	17.87±2.65	19.04±2.79
412	15.24±2.35	15.44±2.18	16.15±2.23	17.47±2.20	18.80±2.33
1270	15.55±2.06	15.31±1.94	15.96±1.88	17.23±2.15	18.93±2.30

* ค่าเฉลี่ย ± ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน

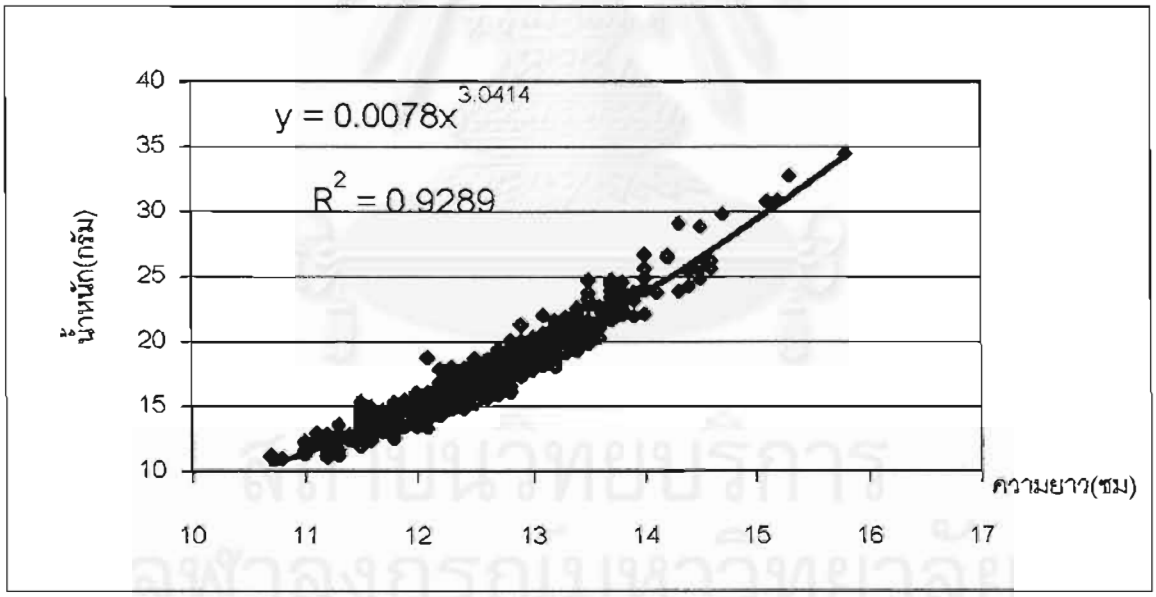
ตารางที่ 11 ค่าเฉลี่ยน้ำหนักกุ้งเพศเมียที่ทำการทดลอง

ปริมาณวิตามินอี	น้ำหนักของกุ้งเพศเมีย *				
(mg)	เริ่มต้น	สัปดาห์ที่2	สัปดาห์ที่ 4	สัปดาห์ที่ 6	สัปดาห์ที่ 8
158	15.80±3.90	15.79±3.63	16.26±3.67	17.96±3.90	19.68±3.90
247	15.59±2.65	15.83±2.62	16.65±2.53	18.12±2.54	19.65±3.19
412	16.04±3.05	16.37±2.97	17.48±3.11	18.85±3.10	20.75±3.45
1270	15.79±2.72	16.05±2.73	17.12±2.94	18.80±2.90	20.24±3.26

* ค่าเฉลี่ย ± ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน



รูปที่ 4 ความสัมพันธ์ระหว่างความยาวและน้ำหนักของกุ้งเพศผู้



รูปที่ 5 ความสัมพันธ์ระหว่างความยาวและน้ำหนักของกุ้งเพศเมีย

การรอดตายของกุ้งในการทดลอง

การรอดตายของกุ้งตลอดการทดลองทั้ง 8 บ่อ อยู่ในช่วง 86.67-93.33 เปอร์เซ็นต์ ตลอดระยะเวลา 8 สัปดาห์ (ตารางที่ 12)

ตารางที่ 12 การรอดตายของกุ้งทดลองแต่ละสัปดาห์

สัปดาห์ที่	ระดับของวิตามินอี (มิลลิกรัม/กิโลกรัม) ของกุ้งเพศผู้				ระดับของวิตามินอี (มิลลิกรัม/กิโลกรัม) ของกุ้งเพศเมีย			
	158	247	412	1270	158	247	412	1270
0	100	100	100	100	100	100	100	100
1	100	100	100	100	100	100	100	100
2	100	100	100	100	100	100	100	100
3	100	96.67	100	100	100	100	100	100
4	100	96.67	93.33	100	100	100	96.67	96.67
5	96.67	96.67	93.33	100	100	100	96.67	96.67
6	90.00	96.67	93.33	100	90.00	100	90.00	90.00
7	86.67	96.67	93.33	86.67	90.00	100	90.00	90.00
8	86.67	90.00	90.00	86.67	90.00	93.33	86.67	86.67

การวิเคราะห์หาความถี่ในการลอกคราบ

การหาความถี่ของระยะเวลาในการลอกคราบ (ดังแสดงเปอร์เซ็นต์ของการลอกคราบในตารางที่ 13) พบว่าเพศของกุ้งและระดับของวิตามินอีไม่มีผลต่อการเปลี่ยนแปลงความถี่ของระยะเวลาในการลอกคราบของกุ้ง ($P>0.05$) ตลอดช่วงเวลาทำการทดลองเป็นเวลา 8 สัปดาห์ แต่พบว่าเพศผู้ให้ค่าเฉลี่ยของความถี่ของระยะเวลาในการลอกคราบสูงกว่าเพศเมีย ซึ่งค่าเฉลี่ยของความถี่ของระยะเวลาในการลอกคราบในเพศผู้เท่ากับ 0.27 ± 0.11 และเพศเมียเท่ากับ 0.24 ± 0.05 ตามลำดับ

ตารางที่ 13 เปอร์เซ็นต์อัตราการลอกคราบเฉลี่ยต่อสัปดาห์ของกุ้ง

ปริมาณวิตามินอี	กุ้งเพศผู้สัปดาห์ที่					กุ้งเพศเมียสัปดาห์ที่				
(mg)	1-2	3-4	5-6	7-8	ค่าเฉลี่ย *	1-2	3-4	5-6	7-8	ค่าเฉลี่ย *
158	35.00	21.67	36.67	18.52	27.96± 9.20	21.67	16.67	23.33	23.21	21.22±3.13
247	33.33	33.33	8.62	22.41	24.42±11.72	26.67	23.33	21.67	21.67	23.34±2.36
412	45.00	20.00	41.07	30.36	34.11±11.26	21.67	21.67	25.86	16.07	21.32±4.02
1270	25.00	18.33	15.00	18.33	19.16± 4.19	33.33	28.33	31.03	28.57	30.32±2.35

* ค่าเฉลี่ย ± ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน

ปริมาณเถ้า, สารอินทรีย์ และน้ำในกล้ามเนื้อกุ้ง

ไม่พบความแตกต่างของ เปอร์เซ็นต์เถ้า, เปอร์เซ็นต์สารอินทรีย์ และเปอร์เซ็นต์ปริมาณน้ำในตัวกุ้ง ระหว่างเพศกุ้งและระหว่างปริมาณวิตามินอีในอาหารกุ้ง (P>0.05) โดยเพศผู้มีค่าเฉลี่ยของปริมาณเถ้า, ปริมาณสารอินทรีย์ และน้ำ เท่ากับ 5.74 $\pm$ 0.47, 94.26 $\pm$ 0.47, 75.58 $\pm$ 0.96 ตามลำดับ และในเพศเมียมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 5.71 $\pm$ 0.36, 94.29 $\pm$ 0.36, 75.88 $\pm$ 1.11 ตามลำดับ

ปริมาณเปอร์เซ็นต์ของโปรตีนในเนื้อเยื่อ

ปริมาณของโปรตีนในเนื้อกุ้งเพศผู้และเพศเมียมีความแตกต่างกันทางสถิติ($P< 0.05$; ตารางที่ 15) โดยเพศผู้จะให้ปริมาณเปอร์เซ็นต์โปรตีนสูงกว่าของเพศเมีย เพศผู้มีค่าเฉลี่ย 71.38 $\pm$ 0.72 และเพศเมียมีค่าเฉลี่ย 67.86 $\pm$ 1.52 การเสริมวิตามินอีในอาหารในระดับที่แตกต่างกันมีผลต่อปริมาณเปอร์เซ็นต์โปรตีนในเนื้อกุ้งอย่างมีนัยสำคัญ ($P<0.05$) โดยกุ้งที่เลี้ยงด้วยอาหารที่มีระดับของวิตามินอี 158 มิลลิกรัม, 247 มิลลิกรัม, 412 มิลลิกรัม และ 1270 มิลลิกรัม มีเปอร์เซ็นต์ของโปรตีนเท่ากับ 70.66 $\pm$ 1.53, 68.97 $\pm$ 3.01, 69.42 $\pm$ 1.72 และ 69.43 $\pm$ 2.23 ตามลำดับ โดยที่ระดับวิตามินอี 158 มิลลิกรัม จะให้ปริมาณเปอร์เซ็นต์ของโปรตีนสูงที่สุด และระดับของปริมาณวิตามินอี 247 มิลลิกรัม จะให้เปอร์เซ็นต์ของโปรตีนต่ำที่สุด

ปริมาณเปอร์เซ็นต์ไขมันรวมในเนื้อเยื่อ

ปริมาณของไขมันรวมในกุ้งเพศผู้และเพศเมียไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ ($P>0.05$; ตารางที่ 15) โดยเพศผู้มีค่าเฉลี่ย 17.60 $\pm$ 4.09 และเพศเมียมีเฉลี่ย 16.43 $\pm$ 2.35 การเสริมวิตามินอีในอาหารในระดับที่แตกต่างกันมีผลต่อปริมาณเปอร์เซ็นต์ไขมันรวมในเนื้อเยื่อของกุ้งอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.05$) โดยกุ้งที่เลี้ยงด้วยอาหารที่มีระดับวิตามินอี 158 มิลลิกรัม, 247 มิลลิกรัม, 412 มิลลิกรัม, 1270 มิลลิกรัม จะให้ปริมาณเปอร์เซ็นต์ของไขมันรวมเท่ากับ 13.64 $\pm$ 1.95, 19.96 $\pm$ 3.24, 16.80 $\pm$ 1.00 และ 17.67 $\pm$ 3.27 ตามลำดับ โดยที่ระดับของวิตามินอี 158 มิลลิกรัม จะให้ปริมาณเปอร์เซ็นต์ไขมันรวมน้อยที่สุด และระดับวิตามินอี 247 มิลลิกรัม จะให้ปริมาณเปอร์เซ็นต์ไขมันรวมสูงที่สุด

ตารางที่ 14 ค่าเฉลี่ยเปอร์เซ็นต์ปริมาณเถ้า, เปอร์เซ็นต์ปริมาณสารอินทรีย์ และเปอร์เซ็นต์น้ำ

ปริมาณวิตามินอี (mg)	เปอร์เซ็นต์เถ้า *		เปอร์เซ็นต์สารอินทรีย์ *		เปอร์เซ็นต์น้ำ *	
	ตัวผู้	ตัวเมีย	ตัวผู้	ตัวเมีย	ตัวผู้	ตัวเมีย
158	6.02±0.27	5.57±0.25	93.98±0.27	94.43±0.25	75.41±1.01	76.06±1.03
247	5.54±0.80	5.75±0.46	94.46±0.80	94.25±0.46	75.80±1.20	75.67±0.98
412	5.67±0.22	5.88±0.22	94.33±0.22	94.12±0.22	75.50±0.96	75.95±1.28
1270	5.72±0.31	5.63±0.43	94.28±0.31	94.37±0.43	75.61±0.87	75.84±1.39

* ค่าเฉลี่ย ± ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน (N=6)

33

ตารางที่ 15 ค่าเฉลี่ยปริมาณเปอร์เซ็นต์โปรตีนและปริมาณเปอร์เซ็นต์ไขมันรวม

ปริมาณวิตามินอี	เปอร์เซ็นต์โปรตีนรวม *			เปอร์เซ็นต์ไขมันรวม *		
(mg)	ตัวผู้ [a]	ตัวเมีย [b]	โปรตีนเฉลี่ยแต่ละระดับของวิตามินอี	ตัวผู้ [a]	ตัวเมีย [a]	ไขมันรวมเฉลี่ยแต่ละระดับของวิตามินอี
158	71.81±0.73	69.50±1.16	70.66± 1.53 [a]	12.70±0.78	14.57±2.51	13.64±1.95 [a]
247	71.53±0.72	66.41±1.54	68.97±3.01 [b]	21.72±2.93	18.21±2.89	19.96±3.24 [c]
412	70.85±0.90	67.99±0.66	69.42±1.72 [ab]	16.42±0.94	17.18±1.10	16.80±1.00 [b]
1270	71.34±0.53	67.52±1.10	69.43±2.23 [ab]	19.58±3.55	15.77±1.80	17.67±3.27 [bc]

* ค่าเฉลี่ย ± ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน(N=3)

a, b, c, d ตัวยกอักษรภาษาอังกฤษที่เหมือนกันในแนวเดียวกัน แสดงว่าไม่มีความแตกต่างทางสถิติ (P>0.05)

34

น้ำหนักของตับกุ้ง

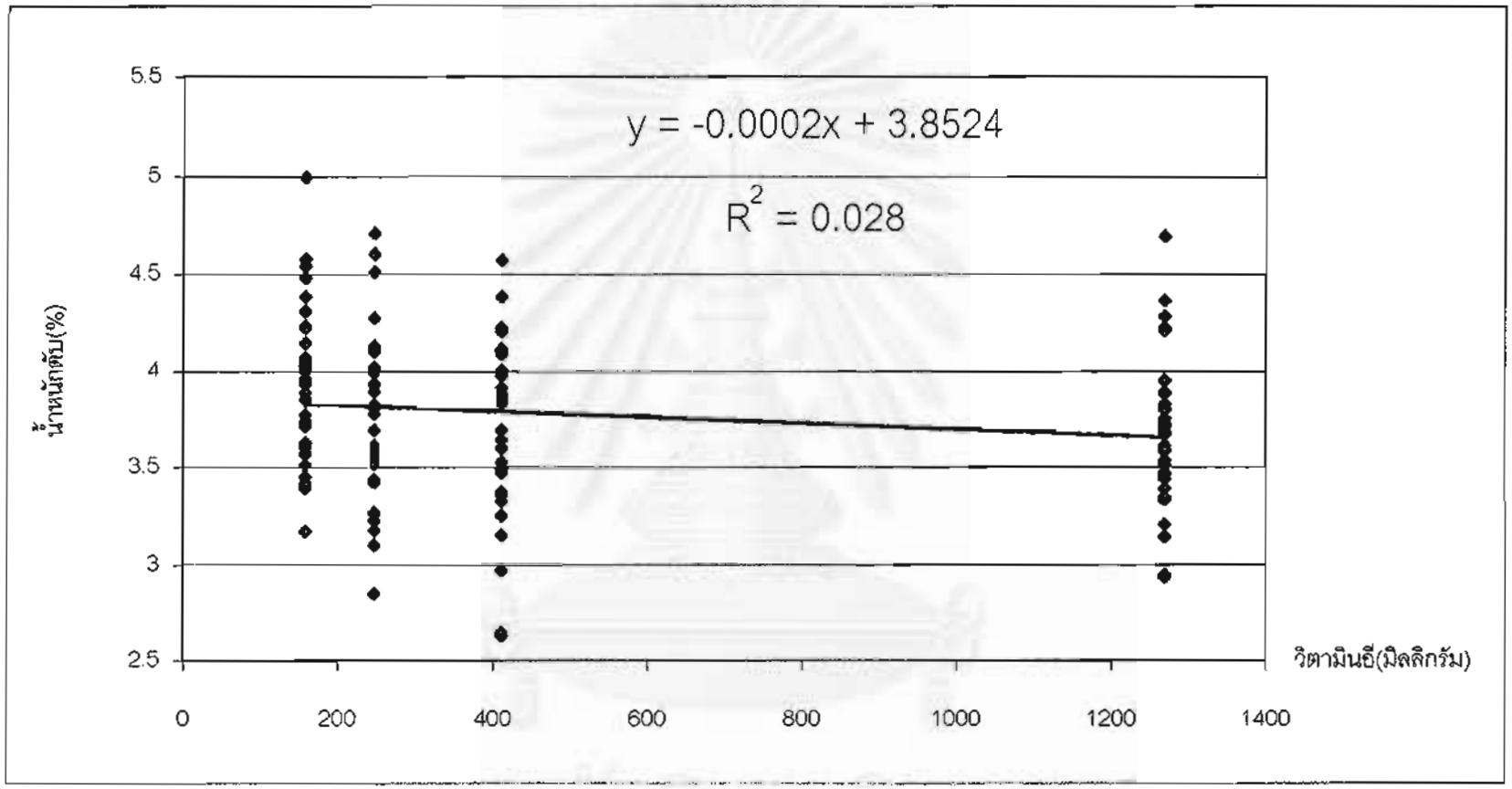
น้ำหนัก hepatopancreas ของกุ้งทั้งเพศผู้และเพศเมียไม่มีความแตกต่าง (P>0.05; ตารางที่ 16) โดยเพศผู้มีน้ำหนักตับเฉลี่ยเท่ากับ 3.78± 0.41 และเพศเมียเท่ากับ 3.75 ± 0.44 แต่การเสริมวิตามินอีในอาหารที่ระดับต่างกัน มีผลต่อการเปลี่ยนแปลงน้ำหนักตับกุ้งอย่างมีนัยสำคัญ (P<0.05) โดยกุ้งที่เลี้ยงด้วยอาหารที่มีวิตามินอี 158 มิลลิกรัม, 247 มิลลิกรัม, 412 มิลลิกรัม และ 1270 มิลลิกรัม จะให้น้ำหนักตับเฉลี่ยเท่ากับ 3.93 ± 0.38, 3.76 ± 0.44, 3.71 ± 0.46 และ 3.67 ± 0.39 ตามลำดับ ซึ่งสามารถเขียนกราฟได้ดังรูปที่ 6 โดยน้ำหนักตับเฉลี่ยจะลดลงเมื่อได้รับวิตามินอีในปริมาณที่เพิ่มสูงขึ้น

ตารางที่ 16 ค่าเฉลี่ยของเปอร์เซ็นต์ LSI ของกุ้ง

ปริมาณวิตามินอี (mg)	เพศผู้ * [a]	เพศเมีย * [a]	น้ำหนักตับเฉลี่ย แต่ละระดับของวิตามินอี
158	3.95 ± 0.42	3.91 ± 0.36	3.93 ± 0.38 [a]
217	3.72 ± 0.36	3.81 ± 0.50	3.76 ± 0.44 [b]
412	3.69 ± 0.43	3.74 ± 0.50	3.71 ± 0.46 [b]
1270	3.78 ± 0.41	3.56 ± 0.33	3.67 ± 0.39 [b]

* ค่าเฉลี่ย ± ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน

a, b ตัวยกอักษรภาษาอังกฤษที่เหมือนกันในแนวเดียวกัน ไม่มีความแตกต่างทางสถิติ (P>0.05)



รูปที่ 6 ความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณวิตามินอีและน้ำหนักของตับกุ้ง

36

บทที่ 5
วิจารณ์ผลการทดลอง

ปริมาณของวิตามินอีที่เสริมเข้าไปในอาหารสำเร็จ

ปริมาณวิตามินอีไม่ได้ปริมาณวิตามินอีในอาหารตามที่กำหนดเอาไว้ เกิดจากการที่วิตามินอีที่เสริมเข้าไปเกาะติดอยู่ที่ภาชนะในการทำอาหารเป็นจำนวนมาก และความบริสุทธิ์ของวิตามินอีที่แท้จริงมีน้อยกว่าที่กำหนดมาจากบริษัทผู้ผลิต หรือมีการสลายตัวไปกับสภาวะแวดล้อมที่ไม่เหมาะสม นอกจากนี้เนื่องจากวัตถุดิบอาหารที่นำมาผลิตอาหารมีวิตามินอีอยู่แล้ว จึงทำให้มีปริมาณวิตามินอีในอาหารอยู่ในจำนวนหนึ่งด้วย

คุณภาพน้ำระหว่างการทดลอง

คุณภาพน้ำที่วัดได้จากการทดลอง(ตารางที่ 7) เมื่อเทียบกับมาตรฐานคุณภาพน้ำที่เหมาะสมสำหรับการเลี้ยงกุ้งกุลาดำ(ตารางที่ 17) ของกรมประมง(2541) พบว่าค่าพารามิเตอร์ต่างๆ ที่วัดได้จากการทดลองมีค่าอยู่ในเกณฑ์ที่ได้กำหนดไว้

ตารางที่ 17 คุณภาพน้ำที่เหมาะสมสำหรับกุ้งกุลาดำที่เลี้ยงในบ่อเลี้ยงระบบปิด

ค่าพารามิเตอร์	ช่วงที่เหมาะสม
อุณหภูมิ(องศาเซลเซียส)	25-30
ความเป็นกรดเป็นด่าง(pH)	7.5-8.5
ออกซิเจนที่ละลายในน้ำ(ppm)	>3.7
แอมโมเนีย(mg/l)	<0.1
ไนเตรต(ppm)	<0.1
อัลคาไลนิตี้(mg/l)	80-160

ที่มา : กรมประมง (2541)

เนื่องจากการทดลองมีการเปลี่ยนถ่ายน้ำและทำการดูดตะกอนที่เป็นของเสียเป็นประจำในทุกวัน ทำให้ค่าต่างๆ อยู่ในระดับที่คงที่ เพราะฉนั้นการเปลี่ยนแปลงที่เกิดขึ้นไม่น่าจะมีผลมาจากการเปลี่ยนแปลงของคุณภาพน้ำที่ใช้ทำการทดลอง

ผลของวิตามินอีต่อการเติบโตในเชิงขนาดและน้ำหนัก

จากการทดลองพบว่าการเสริมวิตามินอีไม่มีผลต่อการเติบโตในการเลี้ยงกุ้งในระยะวัยรุ่นจากการเลี้ยงกุ้งอายุ 2-2.5 เดือน ต่อไปอีกประมาณ 2 เดือน แต่อิทธิพลของเพศทางพันธุกรรม, ฮอร์โมนและสรีรวิทยาจะมีผลต่อการเติบโต โดยที่เพศเมียจะมีการเติบโตได้ดีกว่าเพศผู้ ซึ่งพบว่ากุ้งเพศผู้เข้าสู่วัยเจริญพันธุ์ได้ก่อนเพศเมีย ซึ่งในสัตว์น้ำวัยอ่อนจะมีการใช้พลังงานส่วนใหญ่เพื่อการเจริญเติบโต โดยทั่วไปเมื่อเพศใดถึงวัยเจริญพันธุ์ได้ก่อนทำให้มีการเติบโตช้ากว่าอีกเพศหนึ่ง เนื่องจากการเข้าสู่วัยเจริญพันธุ์ก่อนจะต้องมีการสูญเสียพลังงานส่วนหนึ่งไปเพื่อการสร้างเซลล์สืบพันธุ์ สำหรับกุ้งแล้วพลังงานที่เสียไปในการลอกคราบเป็นส่วนหนึ่งที่ทำให้เกิดความแตกต่างถึงขนาดของกุ้ง เพราะการลอกคราบที่บ่อยจะทำให้มีการสูญเสียพลังงานไป จึงทำให้กุ้งเพศผู้มีขนาดที่เล็กกว่ากุ้งเพศเมียและสอดคล้องกับการศึกษาถึงลักษณะแตกต่างของเพศและสัดส่วนเพศในกุ้งกุลาดำของ บุญรัตน์ ประทุมชาติ และเฉลิมชัย สุวรรณรักษ์ (2540) พบว่า หลังจากทดลองเลี้ยงกุ้งไประยะเวลาประมาณ 4 เดือน พบว่ากุ้งเพศเมียจะมีอัตราการเจริญเติบโตสูงกว่าเพศผู้ เมื่อดูที่ CL (Carapace Length)เท่ากันแล้วกุ้งเพศเมียจะมีสัดส่วนของการเพิ่มของน้ำหนักมากกว่า ซึ่งพบว่าความแตกต่างของกุ้งเริ่มขึ้นเมื่อ น้ำหนักเฉลี่ย 9.4 กรัม และมีความยาวของ CL = 23.25 มิลลิเมตร แต่ในช่วง 2 เดือนแรกพบว่ากุ้งเพศผู้จะมีการเจริญเติบโตดีกว่าเพศเมียเล็กน้อย และหลังจาก 2 เดือนผ่านไป กุ้งเพศเมียเริ่มมีการเติบโตที่ดีกว่าเพศผู้ ซึ่ง Motoh (1981) พบว่ากุ้งกุลาดำทั้งสองเพศเริ่มมีการเติบโตที่ต่างกันเมื่อเลี้ยงในบ่อไปประมาณ 2.5 เดือน หลังจากนั้นกุ้งเพศเมียจะเติบโตมากกว่าและ Hansford (1991) พบว่ากุ้งกุลาดำในบ่อเลี้ยงเริ่มมีการแตกต่างกันของขนาดเมื่อกุ้งมีขนาดน้ำหนัก 12.7 กรัม และเราสามารถทำการแยกเพศกุ้งกุลาดำที่เลี้ยงในบ่อดินได้ด้วยสายตาเมื่อกุ้งมีขนาด 4 กรัม

อัตราการรอดตาย

การรอดตายของกุ้งที่ทำการทดลองทั้งหมดอยู่ในช่วง 86.67-93.33 เปอร์เซ็นต์ ซึ่งไม่น่าจะมีผลมาจากวิตามินอี เพราะกุ้งในระยะวัยรุ่นมีปัจจัยอย่างอื่นที่ทำให้เกิดการตายที่เด่นชัดกว่า โดยจะมีการกินกันเองของกุ้งเมื่อมีการลอกคราบเกิดขึ้น เนื่องจากกุ้งที่มีการลอกคราบเสร็จใหม่ๆ จะมีลำตัวที่อ่อนนุ่มไม่สามารถที่จะป้องกันตนเองจากอันตรายจากสิ่งที่เป็นอันตรายรอบข้างได้ และการตายเนื่องจากการลอกคราบไม่ออกหรือลอกคราบออกไม่หมดก็สามารถทำให้เกิดการตายของ

กุ้งได้เช่นเดียวกัน และ He et al.(1992) พบว่าวิตามินอี ไม่มีผลต่ออัตราการรอดตายของกุ้งในระยะวัยรุ่น และการเลี้ยงกุ้ง Penaeus vannamei ของ He et al.(1993) จากระยะ P5-P6 ไปถึง 2 เดือน พบว่ามีอัตราการรอดตายสูงโดยอยู่ในช่วง 93-97 เปอร์เซ็นต์ และการเลี้ยงพ่อแม่พันธุ์กุ้งกุลาดำก็พบว่าผลของวิตามินอีที่เสริมเข้าไปในอาหารไม่มีผลต่ออัตราการตายของกุ้ง(ไพฑูรย์ อรรฆยานนท์ และทวี จินดามัยกุล, 2540) แต่การเติมวิตามินอีเสริมลงในอาหารจะมีผลต่อการปรับปรุงอัตราการรอดตายของกุ้งในระยะ larvae จากการทดลองในกุ้ง Penaeus japonicus (Kanazawa, 1985)

ผลของวิตามินอีต่อความถี่ในการลอกคราบ, เปอร์เซ็นต์เถ้า, เปอร์เซ็นต์สารอินทรีย์, เปอร์เซ็นต์น้ำของกุ้ง

ปริมาณสารอินทรีย์และสารอนินทรีย์ จะมีความสำคัญต่อการลอกคราบและการเติบโต (สมเกียรติ ปิยะธีรธิติวรกุล, 2540) การปรับสมดุลของน้ำจะมีผลต่อการสะสมปริมาณเกลือแร่ เช่น แคลเซี่ยม เพื่อนำไปใช้หลังการลอกคราบ และการสร้างเปลือกใหม่ จากการทดลองพบว่าวิตามินอีไม่มีผลต่อความถี่ในการลอกคราบ, เปอร์เซ็นต์เถ้า, เปอร์เซ็นต์สารอินทรีย์ และเปอร์เซ็นต์น้ำในตัวกุ้ง เนื่องจากการเปลี่ยนแปลงของเปอร์เซ็นต์น้ำในตัวจะมีการเปลี่ยนแปลงควบคู่กับการลอกคราบ และอิทธิพลปริมาณฮอร์โมนจากก้านตา จะมีผลต่อฮอร์โมนลอกคราบและมีผลต่อการบริโภคน้ำในตัวมากกว่า ซึ่งจากการทดลองให้วิตามินอีในพ่อแม่พันธุ์กุ้งพบว่า ไม่มีผลต่อความถี่ของระยะเวลาของการลอกคราบ (ไพฑูรย์ อรรฆยานนท์ และทวี จินดามัยกุล, 2540) แต่จากการทดลองพบว่าเพศผู้มีอัตราการลอกคราบถี่กว่าเพศเมีย ซึ่งหมายความว่ากุ้งเพศเมียจะมีการเติบโตได้ดีกว่าเพศผู้ซึ่งสอดคล้องกับขนาดของความยาวและน้ำหนักของกุ้งที่ทำการทดลอง ซึ่งกุ้งเพศเมียและเพศผู้มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญ($P<0.05$)

ผลของวิตามินอีต่อการเปลี่ยนแปลงปริมาณโปรตีนและปริมาณไขมัน

โปรตีนเป็นส่วนประกอบที่สำคัญของเนื้อเยื่อและไขมันก็เป็นตัวหนึ่งที่มีความสำคัญต่อการเติบโตของกุ้งจากการสะสมปริมาณไขมันในเนื้อเยื่อ โดยกุ้งกุลาดำจะมีปริมาณโปรตีนเป็นองค์ประกอบถึง 65-75 % (Wilson, 1989) และจากการปริมาณโปรตีนของ สมฤดี มีประเสริฐ (2539) พบว่ากุ้งกุลาดำมีปริมาณโปรตีนเฉลี่ย 68.4 % และไขมันรวม 14.5 % จากการศึกษาครั้งนี้พบว่าปริมาณเปอร์เซ็นต์โปรตีนมีความแตกต่างกันระหว่างเพศผู้และเพศเมีย โดยเพศผู้จะมีปริมาณของโปรตีนสูงกว่าเพศเมีย ซึ่งเพศผู้มีปริมาณโปรตีนเฉลี่ยเท่ากับ 71.383 % และเพศเมียมีโปรตีนเฉลี่ยเท่ากับ 67.857 % เนื่องจากเมื่อสัตว์มีขนาดใหญ่ขึ้น ปริมาณเปอร์เซ็นต์โปรตีนจะมีน้อยลง และกุ้งเพศผู้มีขนาดที่เล็กกว่าเพศเมียในการเลี้ยงที่ระยะเวลาที่เท่ากัน ซึ่งอิทธิพลของเพศที่มีความแตก

ต่างกัน ทำให้เกิดความแตกต่างของปริมาณเปอร์เซ็นต์โปรตีนระหว่างกุ้งเพศผู้และเพศเมีย และวิตามินอีก็มีผลต่อปริมาณเปอร์เซ็นต์โปรตีนในเนื้อเยื่อกุ้ง ซึ่งวิตามินอีที่มีมากจนเกินไปจากความจำเป็นของร่างกายสำหรับสัตว์น้ำ จะทำให้มีการเสื่อมลงขององค์ประกอบของโปรตีน และจะมีเปอร์เซ็นต์โปรตีนต่างกันเมื่อได้รับวิตามินอีในปริมาณที่แตกต่างกัน (Srivastava et al., 1994) การเปลี่ยนแปลงในปริมาณไขมันไม่มีความแตกต่างระหว่างเพศผู้และเพศเมีย แต่ระดับของวิตามินอีที่แตกต่างกันมีผลทำให้ปริมาณไขมันแตกต่างกัน เนื่องจากวิตามินอีที่มากเกินไปอาจไปเหนี่ยวนำสารบางอย่างให้เกิดมีการเปลี่ยนแปลงปริมาณไขมันที่ผิดปกติไปตามเดิม เพราะฉะนั้นวิตามินอีที่เหมาะสมกับปริมาณไขมันจะมีการนำเอาไขมันไปใช้ในการเสริมสร้างกล้ามเนื้อเพื่อการเติบโตได้ดีขึ้น แทนที่จะสูญเสียไปกับปฏิกิริยา Peroxidation เพราะฉนั้นการรักษาสมดุลระดับไขมันที่เหมาะสมจะมีผลทำให้มีการใช้โปรตีนได้อย่างมีประสิทธิภาพเพื่อการเจริญเติบโต (วีรพงศ์ วุฒิพันธ์ชัย, 2537) เนื่องจากวิตามินอีมีความสำคัญสำหรับเป็น antioxidant ที่ทำให้ไขมันมีเสถียรภาพ (Gilbert et al., 1996) ดังนั้นวิตามินอีที่มากเกินความสมดุลอาจจะไปมีผลต่อการเปลี่ยนแปลงซัลเฟอร์ที่เป็นองค์ประกอบของกรดอะมิโน ทำให้มีการเปลี่ยนแปลงปริมาณซัลเฟอร์ให้น้อยลง ซึ่งการขาดซัลเฟอร์จะมีผลทำให้มีการสังเคราะห์โปรตีนช้าลง แต่มีปริมาณไขมันสะสมที่มากขึ้น

การเปลี่ยนแปลงของน้ำหนัก Hepatopancreas

จากการศึกษาในกุ้ง Penaeus indicus พบว่า Hepatopancreas เป็นอวัยวะหลักในการเก็บวิตามินอี และที่รองลงไปคือกล้ามเนื้อ การขาดวิตามินอีจะมีผลทำให้ตับมีสีคล้ำ และการสะสมของวิตามินอีจะมีเพิ่มมากขึ้นตามปริมาณของวิตามินอีที่ได้รับเข้าไป (Kanazawa, 1985; He et al., 1992) ซึ่งตับกุ้งจะมีความสำคัญมากเป็นแหล่งในการสะสมของพลังงานและอาหารในช่วงระยะ intermolt เพื่อการนำไปสร้างเปลือกใหม่และเป็นพลังงานที่ใช้ในการลอกคราบเพื่อการเติบโต และการนำเอาพลังงานไปเพื่อใช้ในด้านเสริมสร้างการเติบโตในตัวของกุ้ง (ประจวบ หลำอุบล, 2537) ซึ่งในช่วงที่มีการได้รับพลังงานสูงจะมีการสะสมในตับมากขึ้น นอกเหนือไปจากการเก็บเอาไว้ในเนื้อเยื่อกล้ามเนื้อ ซึ่งจะมีความสัมพันธ์กับขนาดของตับ มีผลต่ออัตราการเติบโต ซึ่งเราสามารถที่จะหาได้จาก LSI (Liver Somatic Index) ซึ่งจะเป็นตัวหนึ่งที่ใช้บอกถึงขนาดของตับที่สัมพันธ์กับน้ำหนักตัว ตับที่มีขนาดใหญ่จะมีการสะสมพลังงานเพื่อสามารถนำเอาไปใช้ในการเติบโตได้มาก ถ้าตับมีการเปลี่ยนแปลงไปจะทำให้การควบคุมสารและการดูดซึมสารชนิดอื่นที่มีประโยชน์ต่อร่างกายจะมีลดลงและสูญเสียไปด้วย (Schreck and Moyle, 1990) จากผลการทดลองพบว่าน้ำหนักของ Hepatopancreas จะลดลงเมื่อมีปริมาณของวิตามินอีเพิ่มปริมาณมากขึ้น ซึ่งวิตามินอีที่มีปริมาณมากขึ้นจะมีผลต่อการควบคุมความสมดุลของพลังงานภายใน

Hepatopancreas เกิดความไม่สมดุลของพลังงานเกิดขึ้น และการนำเอาไขมันไปใช้ประโยชน์ได้ลดน้อยลง การทำให้เซลล์ภายในตับเกิด peroxidation มากยิ่งขึ้น มีผลต่อการทำลายเซลล์ และทำให้Hepatopancreas มีการฝ่อลง (Yang et al., 1976)

จากการทดลองที่ได้และผลจากการทดลองอื่นๆ สามารถที่สรุปถึงวิตามินอีต่อการอนุบาลและเลี้ยงกุ้งกุลาดำได้ว่า วิตามินอีที่ขาดในช่วงกุ้งระยะ larval จะมีผลต่ออัตราการรอดตายของกุ้ง หลังจากกุ้งเข้าสู่ระยะวัยรุ่นแล้ววิตามินอีจะไม่มีผลต่ออัตราการรอดตาย และในการเลี้ยงกุ้งตั้งแต่ระยะ P5-P6 จนถึงอายุประมาณ 2 เดือน ให้มีวิตามินอีในอาหารอย่างน้อย 99 มิลลิกรัมต่ออาหาร 1 กิโลกรัม (He et al., 1993)และกุ้งในระยะวัยรุ่น (juvenile) Coloso (1996) แนะนำให้มีวิตามินอีในอาหารเลี้ยงกุ้งในปริมาณ 150 มิลลิกรัมต่ออาหาร 1 กิโลกรัม และกุ้งในวัยเจริญพันธุ์ รวมถึงพ่อแม่พันธุ์ให้มีวิตามินอีอยู่ประมาณ 2500 มิลลิกรัมต่ออาหาร 1 กิโลกรัม ซึ่งจะให้ผลต่ออัตราฟักไข่ และจำนวนของนอเพลียสที่มากขึ้น แต่การให้วิตามินอีที่ปริมาณสูงและต่ำมากจนเกินไป ทำให้อัตราการฟักและจำนวนของนอเพลียสลดน้อยลง (ไพฑูรย์ อรรฆยานนท์ และทวี จินดามัยกุล, 2540) ซึ่งสอดคล้องกับผลการศึกษาของ Alvevz de Castillo, et al. (1989) พบว่าวิตามินอีที่พ่อแม่พันธุ์กุ้งได้รับเข้าไปนั้นจะไปเก็บอยู่ที่ Hepatopancreas เป็นอวัยวะหลักและรองลงไปเป็นกล้ามเนื้อ และจะมีการถ่ายทอดถูกใช้ไประหว่างการเจริญเติบโตในการพัฒนาของรังไข่ และถูกส่งต่อผ่านไปยังไข่ และจะมีการลดลงในช่วงที่มีการวางไข่

จากการทดลองเสริมวิตามินอีลงในอาหารสำเร็จ (0, 150, 500 และ2500 มิลลิกรัมต่ออาหาร 1 กิโลกรัม) พบว่าอาหารที่ไม่ได้เสริมวิตามินอีลงไปจากการวิเคราะห์ด้วยเครื่อง HPLC พบวิตามินอีในระดับ 158 มิลลิกรัมต่ออาหาร 1 กิโลกรัมซึ่งให้ผลต่อปริมาณโปรตีนสูงที่สุด และให้ปริมาณไขมันที่ต่ำและให้ตับที่มีน้ำหนักสูงที่สุด ซึ่งระดับของวิตามินอีสอดคล้องกับของ Colozo (1996) ที่ได้แนะนำให้ใช้วิตามินอีในปริมาณ 150 มิลลิกรัมต่ออาหาร 1 กิโลกรัม ในการเลี้ยงกุ้งกุลาดำในระยะวัยรุ่น เพราะฉะนั้นอาหารสำเร็จรูปจากท้องตลาดก็มีวิตามินอีพอเพียงสำหรับการเลี้ยงกุ้งกุลาดำในระบบบ่อที่เป็นอยู่ในปัจจุบัน โดยไม่จำเป็นจะต้องทำการเสริมวิตามินอีเข้าไปอีก เป็นการลดต้นทุนค่าใช้จ่ายลง เนื่องจากวิตามินอีที่นำมาใช้มีราคาค่อนข้างสูง

บทที่ 6
สรุปผลการทดลอง

จากการทดลองเสริมวิตามินอี ในระดับที่แตกต่างกันให้กุ้งกุลาดำวัยรุ่น เพื่อศึกษาถึงการเติบโตพบว่า

1.การเสริมวิตามินอีลงในอาหารสำเร็จ พบว่าวิตามินอีไม่มีผลต่อการเจริญเติบโตของกุ้งกุลาดำวัยรุ่นทั้งเพศผู้และเพศเมีย

2.กุ้งกุลาดำวัยรุ่นเพศเมียมีการเติบโตกว่าเพศผู้อย่างมีนัยสำคัญ($P<0.05$) เนื่องจากอิทธิพลระหว่างเพศ

3.ระดับของวิตามินอีที่แตกต่างกันและความแตกต่างของเพศ ไม่มีผลต่อความถี่ของระยะเวลาในการลอกคราบ, เปอร์เซ็นต์ปริมาณเถ้า, เปอร์เซ็นต์ปริมาณสารอินทรีย์ และเปอร์เซ็นต์น้ำในตัวกุ้ง

4.ระดับของวิตามินอีที่แตกต่างกันมีผลต่อปริมาณเปอร์เซ็นต์โปรตีนและปริมาณเปอร์เซ็นต์ไขมันรวมจากตัวกุ้ง

5.เพศของกุ้งกุลาดำมีผลต่อการเปลี่ยนแปลงปริมาณเปอร์เซ็นต์โปรตีนแต่ไม่มีผลต่อการเปลี่ยนแปลงปริมาณเปอร์เซ็นต์ไขมันรวมจากตัวกุ้ง

6.วิตามินอีที่ระดับแตกต่างกันมีผลต่อการเปลี่ยนแปลงน้ำหนักตับกุ้ง(hepatopancreas) โดยน้ำหนักตับของกุ้งจะลดลงเมื่อปริมาณวิตามินอีเพิ่มจำนวนมากขึ้น

รายการอ้างอิง

ภาษาไทย

กรมประมง. 2538. สำมะโนประมงทะเล พ.ศ. 2538. กรมประมง กระทรวงเกษตรและสหกรณ์.

กรมประมง. 2541. คู่มือการเลี้ยงกุ้งกุลาดำระบบปิด. ศูนย์ศึกษาการพัฒนาอ่าวคุ้งกระเบน กรมประมง.

ธาดา สืบหลินวงศ์ และนวลทิพย์ กมลวารินทร์. 2542. ชีวเคมีทางการแพทย์. พิมพ์ครั้งที่ 4. สำนักพิมพ์แห่งจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

บุญรัตน์ ประทุมชาติ และเฉลิมชัย สุวรรณรักษ์. 2540. ลักษณะแตกต่างของเพศ สัดส่วนเพศและการพัฒนาของเซลล์สืบพันธุ์ของกุ้งกุลาดำจากบ่อเลี้ยงแบบพัฒนา. เอกสารวิชาการ ฉบับที่ 15 สถาบันวิจัยและพัฒนาพันธุกรรมสัตว์น้ำ. กรมประมง.

ประจวบ หลำอุบล. 2536. สรีรวิทยากุ้ง. ภาควิชาวิทยาศาสตร์ทางทะเล คณะประมง มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

ไพฑูรย์ อรรฆยานนท์ และทวี จินดามัยกุล. 2540. ศึกษาการเลี้ยงแม่กุ้งบีบตาให้มีไข่แก่และผสมพันธุ์โดยใช้อาหารสดร่วมกับอาหารเม็ดที่เสริมด้วยวิตามิน อี ในระดับต่างๆ. เอกสารวิชาการ ฉบับที่ 17/2540 ศูนย์พัฒนาการเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำชายฝั่งภูเก็ต. กรมประมง.

วีรพงศ์ วุฒิพันธุ์ชัย. 2536. อาหารปลา. กรุงเทพมหานคร : สำนักพิมพ์โอเดียนสโตร์.

สมทรง เลขะกุล. 2542. ชีวเคมีของวิตามิน. กรุงเทพมหานคร : โรงพิมพ์คุภวนิชการพิมพ์.

สมเกียรติ ปิยะธีรธิติวรกุล. 2540. เอกสารคำสอนวิชา การเพาะและการเลี้ยงตัวอ่อนสัตว์น้ำเศรษฐกิจ(ชีววิทยาของกุ้งกุลาดำ). ภาควิชาวิทยาศาสตร์ทางทะเล คณะวิทยาศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย. 23 หน้า.(อัดสำเนา)

สมฤดี มีประเสริฐ. 2539. การวิเคราะห์ปริมาณโปรตีน, ไขมัน, คลอเลสเตอรอล และชนิดของกรดไขมัน ในสัตว์ทะเลที่สำคัญทางเศรษฐกิจ 3 ชนิด ของประเทศไทย. โครงการการเรียนการสอนเพื่อเสริมประสบการณ์. ภาควิชาวิทยาศาสตร์ทางทะเล คณะวิทยาศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

สมาคมโภชนาการแห่งประเทศไทย. 12 กุมภาพันธ์ 2542. ภูมิคุ้มกันโรคกับแอนติออกซิแดนท์. โครงการเผยแพร่ความรู้ผ่านสื่อมวลชน. เดลินิวส์ : 13.

สมาคมโภชนาการแห่งประเทศไทย. 16 พฤษภาคม 2542. วิตามินอีกับการป้องกันโรคต่างๆ. โครงการเผยแพร่ความรู้ผ่านสื่อมวลชน. เดลินิวส์ : 12.

เสาวนิต คูประเสริฐ. 2537. โภชนาศาสตร์สัตว์. ภาควิชาสัตว์ศาสตร์ คณะทรัพยากรธรรมชาติ มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์.

อำนวย โชติญาณวงศ์. 2534. การวิเคราะห์ผลิตภัณฑ์ประมง. ภาควิชาผลิตภัณฑ์ประมง คณะประมง มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

อาภัสสรา ชมิดท์. 2537. ชีวเคมี. กรุงเทพมหานคร : โรงพิมพ์สหมิตรออฟเซต.

ภาษาอังกฤษ

Alava, V. R., Kanazawa, A., Teshima, S. I., and Koshio, O. 1993. Effects of dietary vitamin A, E and C on the ovarian development of *Penaeus japonicus*. Nippon-Suisan-Gakkaishi-Bull. Jap. -Soc. -Sci. -Fish. 59 (7) : 1235-1241.

Alverz del Castillo, M., Cahu, C., and Stephan, G. 1989. Alpha-tocopherol level of egg and organs of *penaeus indicus*. Biochemistry of marine organisms. 15: 553-560.

AOAC. 1990. Official method of analysis of the association of official analytical chemistry. 15th ed. Association of Official Analytical Chemists. Virginia.

Artemia Reference Center. 1993. ICES Standard methodology for n-3 HUFA analysis. Larvicult. Artemia Newsletter. 27 : 40-50.

Cahu, C. L., Villette, M., Quazuguel, P., and Guillaume, J. 1993. The effect of n-3 highly Unsaturated fatty acid and vitamin E supplementation in brookstock feed on reproduction of *Penaeus indicus*. Fish Nutrition in Practice. (61): 589-598.

Cahu, C. L., Cuzon, G., and Quazuguel, P. 1995. Effect of highly unsaturated fatty acid, alpha-tocopherol and ascorbic acid in brookstock diet on egg composition and development of *Penaeus indicus*. Comp-Biochem-Physiol. 112A (3-4): 417-424.

Coloso, R. M. 1996. Vitamins and minerals. SEAFDEC Aquaculture Department. Tigbauan, Iloilo, Philippines.

Diplock, A. T. 1985. Fat soluble vitamins their biochemistry and applications. London : Academic press.

Frigg, M., Prabucki, A. L., and Ruhdel, E. U. 1990. Effect of dietary vitamin E levels on oxidative stability of trout fillets. Aquaculture. 84: 145-158.

Gilbert, R. S., Nagano, Y., Yokota, T., Hwan, S. F., Fletcher, T., and Lydersen, K. 1996. Effect of lipids on insect cell growth and expression of recombinant protein in serum-free medium. Cytotechnology. 22(1-3): 211-216.

Halver, J. E. 1989. The vitamins in fish nutrition. 2nd ed. New York : Academic press.

Hansford, S. 1991. More female in prawn ponds could cut production costs. Australian Fisheries. 50(10): 32-33.

He, H., Lawrence, A. L., and Liu, R. 1992. Evaluation of dietary carentiality of fat-soluble Vitamins A, D, E and K for penaeid shrimp (*penaeus vannamei*). Aquaculture. 103: 177-185.

He, H., and Lawrence, A. L. 1993. Vitamine E requirment of *penaeus vannamei.* Aquaculture. 118: 245-255.

Kanazawa, A. 1985. Nutrition of penaeid prawn and shrimp. Proceedings of the first International conference on culture of penaeid prawn/shrimp. SEAFDEC Aquaculture Department, Iloilo, Philippines.

Kungvankij, P., and others. 1989. Shrimp hatchery design operation and management. Aquaculture Extension Manual No. 14. SEAFDEC Aquaculture Department. Iloilo, Philippines.

Machlin, L. J. 1991. Handbook of vitamins reviewed and expanded. 2nd ed. New Jersey : Hoffmann-La Roche.

McDonald, P., Edwards, R. A., and Greenhalgh, J. F. D. 1981. Animal nutrition. 3rd ed. New York : Longman.

Motoh, H. 1981. Studies on the fisheries biology of the giant tiger prawn, *Penaeus monodon* in the Philippines. Technical Paper No. 7/1981. SEAFDEC Aquaculture Department. Iloilo, Philippines.

Pozo, R., Lavety, J., and Love, R. M. 1988. The role of dietary alpha-tocopherol (Vitamin E) in stabilising the canthaxanthin and lipid of rainbow trout muscle. Aquaculture. 73: 165-175.

Schreck, C. B., and Moyle, P. B. 1990. Methods for fish biology. Maryland : American Fisheries Society.

Srivastava, P. P., and Jain, K. K. 1994. Effect of Vitamin E on Protein Content of Labeo Rohita(Ham.) fry. J. Indian -Fish. Assoc. 24: 139-143.

Wilson, R. P. 1989. Amino acid and protein. In Halver, J. E. (ed). Fish nutrition. 2nd ed. San Diego : Academic press.

Yang, N. Y., and Desai, I. D. 1976. Effect of high levels of dietary vitamin E on hematological indices and biochemical parameters in rats. J. of Nutrition. 107: 1410-1417.

Yano, I. 1995. Final oocyte maturation, spawning and mating in penaeid shrimp. J. Exp -Mar -Biol -Ecol. 193 (1-2): 113-118.

ภาคผนวก

ภาคผนวก ก
วิธีการวิเคราะห์หาปริมาณเถ้าและสารอินทรีย์

การวิเคราะห์หาเปอร์เซ็นต์เถ้าและเปอร์เซ็นต์สารอินทรีย์

อุปกรณ์

1.ครูซิเบิล(Crusible)

2.โถดูดความชื้น(Descicator)

3.เตาเผา(Muffle furnance)

4.เครื่องชั่ง 4 ตำแหน่ง

5.เตาอบ(Oven)

วิธีการทำการทดลอง

1.ทำการอบครูซิเบิลเตาในอบที่อุณหภูมิ 100-120 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 2 ชั่วโมง ทำให้เย็นในโถดูดความชื้น

2.ชั่งน้ำหนักที่แน่นอนของครูซิเบิลด้วยเครื่องชั่ง 4 ตำแหน่ง

3.ชั่งตัวอย่างแห้งประมาณ 2 กรัมใส่ลงในครูซิเบิล

4.วางครูซิเบิลบนแผ่นความร้อน Hotplate(ใช้อุณหภูมิสูงสุดของ hotplate) ทำการเผาไล่เอาควันสีดำออกไป(ignite) โดยทำการเผาในตู้ดูดควัน จนหมดควันสีดำ

5.นำเอาครูซิเบิลที่ผ่านการเผาจากข้อที่ 4 ไปเผาต่อในเตาเผา โดยทำการเผาที่อุณหภูมิ 550 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 5 ชั่วโมง

6.นำเอาครูซิเบิลที่ผ่านการเผามาทำให้เย็นในโถดูดความชื้น และชั่งน้ำหนักที่แน่นอนของครูซิเบิลด้วยเครื่องชั่ง 4 ตำแหน่ง

7.คำนวณหาเปอร์เซ็นต์เถ้าและเปอร์เซ็นต์สารอินทรีย์ จากสมการ

$$\text{เปอร์เซ็นต์เถ้า} = \frac{\text{ปริมาณเถ้าที่เหลือ}}{\text{น้ำหนักตัวอย่างแห้ง}} \times 100$$

$$\text{เปอร์เซ็นต์สารอินทรีย์} = \frac{(\text{น้ำหนักของกุ้งแห้ง} - \text{น้ำหนักเถ้า})}{\text{น้ำหนักของกุ้ง}} \times 100$$

ภาคผนวก ข
วิธีการวิเคราะห์หาปริมาณไขมันรวม

การวิเคราะห์หาปริมาณไขมันรวม

อุปกรณ์

1.กระดาษกรอง

2.Chloroform

3.Methanol

4.Flask

5.Cylinder

6.เครื่องชั่ง 4 ตำแหน่ง

7.เตาอบ(Oven)

8.เครื่องระเหยความดันต่ำ(Rotary evaporator)

วิธีการทำการทดลอง

1.ทำให้ตัวอย่างแห้งโดยใช้เครื่อง Freeze dry (อาจใช้ เตาอบ ทำการอบจนแห้งก็ได้ ถ้าทำการวิเคราะห์ด้วยวิธี Proximate analysis)

2.ทำการบดตัวอย่างแห้งให้ละเอียด เทใส่ลงใน Flask ขนาด 250 มิลลิลิตร

3.เติม Chloroform ผสม Methanol (อัตราส่วนของ Chloroform: Methanol 2:1) ปริมาณ 120 มิลลิลิตร เขย่าปล่อยให้เข้ากัน ตั้งทิ้งไว้ 96 ชั่วโมง ทำการเขย่าบ้างเป็นครั้งคราว

4.ทำการกรองผ่านกระดาษกรอง แล้วรวบรวมเอาของเหลวที่ได้ทั้งหมดไปเทใส่ขวดก้นกลมซึ่งทราบน้ำหนักที่แน่นอน

5.นำเอาไขมันไประเหยด้วยเครื่อง Rotary evaporator จนแห้ง

6.นำเอาไปชั่งน้ำหนักด้วยเครื่องชั่ง 4 ตำแหน่ง และคำนวณหาเปอร์เซ็นต์ปริมาณไขมันรวมจากสมการ

$$\text{เปอร์เซ็นต์ปริมาณไขมันรวม} = \frac{\text{ปริมาณไขมันที่ได้}}{\text{น้ำหนักตัวอย่างบดที่ใส่ลงในบีกเกอร์}} \times 100$$

ภาคผนวก ค
วิธีการวิเคราะห์หาปริมาณโปรตีน

การวิเคราะห์หาปริมาณโปรตีนในเนื้อกุ้ง

อุปกรณ์และสารเคมี

1.Kjeldatherm digestion block

2.digestion tube and rack

3.กระดาษกรองเบอร์ 1

4.กรดซัลฟูริคเข้มข้น

5.catalyst (ประกอบด้วย K_2SO_4 5 กรัม + Se 5 มิลลิกรัม) โดยที่ K_2SO_4 ทำหน้าในการเพิ่มจุดเดือดของกรดซัลฟูริค เพื่อไม่ให้ระเหยออกไปจนหมดที่ 380 องศาเซลเซียส และ Se จะทำหน้าที่เป็น Catalyst

6.Vapodest 1

7.สารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ 50%

8.กรดบอริค 4%

9.tashiro indicator (เป็นส่วนผสมของ 0.2 % methyl red 100 มิลลิลิตร ผสมกับ 0.2 % methylene blue 50 มิลลิลิตร)

10.burette ขนาด 50 มิลลิลิตร

11.Erlenmeyer flask ขนาด 500 มิลลิลิตร

12.สารมาตรฐานกรดซัลฟูริค ที่มีความเข้มข้น 0.5 นอร์มอล

13.น้ำกลั่น (Distilled water)

14.กระบอกตวง(Cylinder)

15.สารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ 1 นอร์มอล

16.สารละลาย Potassium Hydrogen Phatalate ($C_8H_5KO_4$) 0.4 นอร์มอล

17.Phenolpthalein indicator

วิธีการทำการวิเคราะห์หาปริมาณโปรตีน

จะประกอบด้วยขั้นตอนหลัก 3 ขั้นตอน คือ 1.การย่อยตัวอย่าง 2.การกลั่นสารละลายเพื่อนำไปหาปริมาณโปรตีน 3.การไตเตรตหาปริมาณของโปรตีน

I.การย่อยตัวอย่างอาหาร

1.ชั่งตัวอย่างกุ้งที่อบแห้งและบดละเอียดประมาณ 2 กรัม(ถ้าตัวอย่างมี % ไนโตรเจนน้อยให้ใช้ตัวอย่างปริมาณมากขึ้น) โดยทำการชั่งบนกระดาษกรองเบอร์ 1 (ชั่งด้วยกระดาษกรองที่ไม่มีสารไนโตรเจน) แล้วห่อให้ได้ขนาดเล็กพอเหมาะ ใส่ลงใน digestion tube

2.เติม catalyst ลงไป 2 ก้อน ตามด้วยกรดซัลฟูริคเข้มข้น(conc. H_2SO_4) จำนวน 25 มิลลิลิตร (ถ้าใช้ตัวอย่างมากกว่า 2 กรัมขึ้นไป ให้เพิ่มกรดซัลฟูริค โดยเพิ่ม 10 มิลลิลิตร /กรัม ของตัวอย่างอาหารที่เพิ่มขึ้น 1 กรัม)

3.นำ digestion tube ใส่ลงใน rack หลังจากนั้นนำเอา rack ไปใส่ใน Kjekdatherm digestion block เปิดเครื่องพร้อมทั้งต่อท่อดูดควันระบบสูญญากาศทิ้งไป ปล่อยให้เกิดการย่อยจนได้สารประกอบสีดำ โดยใช้เวลาประมาณ 20 นาที

4.ตั้งอุณหภูมิเริ่มต้นของเครื่อง Kjeldatherm degestion block ไว้ที่ 100 องศาเซลเซียส และเพิ่มอุณหภูมิ 20 องศาเซลเซียส ทุกๆ ประมาณ 15-20 นาที จนอุณหภูมิถึง 380 องศาเซลเซียส

5.ถ้าเกิดตะกอนสีดำเกาะอยู่ข้างหลอด ทิ้งไว้ให้เย็นลงก่อน แล้วใช้น้ำกลั่นฉีดไล่ตะกอนลงไปแล้วนำไปทำการย่อยใหม่

6.ปล่อยให้เกิดการย่อยจนสมบูรณ์(ซึ่งสีของสารละลายใน digestion tube จะขึ้นอยู่กับชนิดของ catalyst ในการย่อยที่ใช้ Se เป็น catalyst จะได้สารละลายใน digestion tube เป็นสีเหลืองใส)

7.ปล่อยทิ้งให้สารละลายในหลอดลดอุณหภูมิลงมาถึงประมาณ 40 เซลเซียส

8.นำเอาน้ำกลั่นเติมลงไปใน digestion tube โดยให้น้ำใน tube มีปริมาณมากเพียงพอที่จะนำไปใช้ในการกลั่นได้ (เติมน้ำกลั่นลงไปประมาณ 100-150 มิลลิลิตร)

II.การกลั่นสารละลายเพื่อนำไปหาปริมาณโปรตีน

1.เปิดเครื่อง vapodest 1 ปล่อยน้ำเข้าสู่ boiler จนได้ระดับของน้ำประมาณ 6/10 ของ boiler ปล่อยให้น้ำใน boiler เริ่มเดือด ไม่ควรเติมน้ำมากจนเกินไปเพราะเวลาน้ำเดือดจนล้นเข้าไปอยู่ใน digestion tube

2.เติมกรดบอริค ความเข้มข้น 4 % จำนวน 100 มิลลิลิตร ลงใน erlenmeyer flask ขนาด 500 มิลลิลิตร หยดอินดิเคเตอร์(tashiro indicator) ลงไปประมาณ 5-6 หยด ซึ่งจะได้สารละลายกลายเป็นสีม่วง

3.วาง flask ที่มีกรดบอริค ไว้ในตำแหน่งที่มี drainage tube โดยปล่อยให้ปลายสาย drainage tube จุ่มอยู่ในสารละลายกรดบอริคตลอดเวลา นำ digestion tube ที่มีตัวอย่างที่ dilute แล้วไปวางบน clamp โดยให้ส่วนปลายเปิดของ tube แนบสนิทกับ cone-shaped rubber stopper

4.เมื่อน้ำเริ่มเดือดให้กดปุ่ม added NaOH เพื่อให้ สารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ 50% ไหลเข้าสู่ digestion tube สารละลายใน digestion จะเกิดฟองก๊าซขึ้น กดปุ่ม added NaOH ลงไปเรื่อยๆ จนไม่เกิดฟองก๊าซขึ้น ซึ่งจะได้สารละลายมีตะกอนขุ่นเกิดขึ้น ให้เติมสารโซเดียมไฮดรอกไซด์ให้มากเกินพออีกประมาณ 10 มิลลิลิตร ถ้าในตัวอย่างมีสารประกอบไนโตรเจนมาก สีของสารละลาย boric acid +tashiro indicator จะเริ่มเปลี่ยนจากสีม่วงเป็นสีเขียว ซึ่งในขั้นนี้จะต้องปล่อยให้น้ำไหลเข้า condenser ตลอดเวลาเพื่อให้กาซ NH_3 ควบแน่นไหลลงสู่ flask ที่บรรจุ กรดบอริค

5.ปล่อยให้เกิดการกลั่นเป็นเวลาประมาณ 15 นาที โดยการตั้งเวลา หรือจนได้สารละลายใน erlenmeryer flask ที่มี กรดบอริค อยู่มีปริมาตรประมาณ 300 มิลลิลิตร

6.เมื่อทำการกลั่นครบเวลาให้ทำการ Stand by เครื่อง vapodest 1

7.ถอด digestion tube ออก นำ erlenmeyer flask ที่มี กรดบอริค + tashiro indicatior ไปทำการ titrate กับสารละลายมาตรฐาน H_2SO_4 ที่มีความเข้มข้นประมาณ 0.5 นอร์มอล จนถึงจุดยุติ สารละลายใน flask จะเปลี่ยนจากสีเขียวเป็นสีม่วงอ่อน

III.การไตรเตรต

การหาความเข้มข้นที่แน่นอนของกรดซัลฟูริคและการหาปริมาณโปรตีน

1.เตรียมสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ 1.0 นอร์มอล สารมาตรฐาน Potassium Hydrogen Phatalate 0.4 นอร์มอล สารละลายกรดซัลฟูริค 0.5 นอร์มอล

2.ปิเปตสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ 1 นอร์มอล มา 10 มิลลิลิตร เติมอินดิเคเตอร์ Phenolphthalein จำนวน 2-3 หยด นำไปไตเตรทกับสารละลายมาตรฐาน Potassium Hydrogen Phatalate 0.4 นอร์มอล เมื่อถึงจุดยุติสารละลายจะเปลี่ยนจากสีชมพูเป็นใสไม่มีสี คำนวณหาความเข้มข้นที่แน่นอนของสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ 1.0 นอร์มอล

3.ปิเปตสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ 1.0 นอร์มอล มา 10 มิลลิลิตร เติมอินดิเคเตอร์ Phenolphthalein จำนวน 2-3 หยด นำไปไตเตรทกับสารละลายกรดซัลฟูริค 0.5 นอร์มอล ที่จุดยุติสารละลายจะเปลี่ยนจากสีชมพูเป็นใสไม่มีสี คำนวณหาความเข้มข้นที่แน่นอนของสารละลายกรดซัลฟูริค จากสูตร

$$N_1V_1 = N_2V_2$$

การคำนวณหาปริมาณโปรตีน

$$\% \text{ โปรตีน} = \frac{1.4 \times (Vs-Vb) \times Ns \times Np \times 100}{\text{น้ำหนักของตัวอย่าง(กรัม)}}$$

เมื่อ

Vs = ปริมาตรกรดที่ใช้ในการไตเตรทตัวอย่าง หน่วยเป็น มิลลิลิตร

Vb = ปริมาตรกรดที่ใช้ในการไตเตรทตัวอย่างตรวจสอบ(Blank) หน่วยเป็น มิลลิลิตร

Ns = ความเข้มข้นของกรดซัลฟูริค ที่ใช้ในการไตเตรท

Np = Conversion factor = 6.25

หมายเหตุ

ในการวิเคราะห์โปรตีนแต่ละครั้ง ควรจะทำตัวอย่างที่ใช้ในการตรวจสอบด้วย (Blank) โดยการใช้น้ำกลั่นแทนตัวอย่างจริง ใช้สารเคมีเช่นเดียวกับการวิเคราะห์ตัวอย่าง

ภาคผนวก ง
วิธีการวิเคราะห์หาวิตามินอี

การวิเคราะห์วิตามินอี ในอาหาร

ทำการวิเคราะห์ปริมาณวิตามินอี ที่แน่นอนในอาหารด้วยเครื่อง HPLC (High Performance Liquid Chromatography)

อุปกรณ์และสารเคมี

1.Methanol A.R. and HPLC Grade

2.Dioxane(1,4 Dioxane) A.R. Grade

3.Isooctane(2,2,4 Trimethylpentane) A.R. Grade

4.Acetonitrile A.R. Grade

5.Sodiumphosphate tribasic 20%

6.Tetraethylenepentamine

7.Vitamin E (alpha-tocopherol acetate) Standard

8.Rotary evaporator

9.เครื่องกรองน้ำ Milli-Q

10.เครื่อง HPLC (High Performance Liquid Chromatography)

11.Round Bottom Flask

12.Separatory funnel

13.กรวยกรองซินเตอร์กล๊าส

14.ซีไลท์(Celite)

15.เครื่องบดอาหารขนาดเล็ก

วิธีการและขั้นตอนในการเตรียมตัวอย่าง

1.ชั่งตัวอย่างอาหารสัตว์ที่ผ่านการบดอย่างละเอียดแล้วประมาณ 10 กรัม ใส่ลงใน Flask ขนาด 250 มิลลิลิตร

2.เติมสารละลาย Dioxane ผสม Isooctane (อัตราส่วน 20:80) จำนวน 100 มิลลิลิตร ลงไปใน Flask

3.นำเอามาเขย่าด้วยเครื่องเขย่าเป็นเวลาประมาณ 90 นาที

4.นำสารละลายในชั้นตัวทำละลายอินทรีย์ที่ได้ เทผ่านเครื่องกรองซินเตอร์กล๊าสที่มีซีไลท์อยู่ด้วยแล้วล้างด้วยตัวทำละลาย Dioxane ผสม Isooctane (อัตราส่วน 20:80) ครั้งละ 25 มิลลิลิตร จำนวน 2 ครั้ง นำเอาสารละลายที่ได้เทใส่ขวดก้นกลม(Round Bottom Flask)

5.เติมสาร Tetraethylenepentamine จำนวน 0.6 มิลลิลิตร ทำการเขย่าประมาณ 20 นาที

6.นำเอาไประเหยที่ความดันต่ำด้วยเครื่อง Rotary evaporator จนเกือบแห้ง(ให้เหลือประมาณ 60 มิลลิลิตร)

7.นำมาสกัดในกรวยสกัด(Separatory funnel) ด้วย Acetonitrile ครั้งละ 100 มิลลิลิตร จำนวน 3 ครั้ง

8.นำเอาสารละลายที่ผ่านการสกัดแล้ว มาทำการเทกรองผ่านกระดาษกรอง แล้วนำไประเหยภายใต้ความดันต่ำด้วยเครื่อง Rotary evaporator ให้เหลือประมาณ 60-80 มิลลิลิตร

9.นำเอาสารละลายในข้อที่ 8 มาสกัดด้วยกรวยสกัด โดยใช้สาร Isooctane เป็นตัวสกัด จำนวน 3 ครั้ง โดยใช้สารละลายครั้งละ 100 มิลลิลิตร แล้วทำการเขย่า 15, 10, 5 นาที ตามลำดับ

10.แยกเอาสารชั้น Isooctane ไว้แล้ว ทิ้งสารละลายชั้น Acetonitrile ไป

11.เติมสาร Sodiumphosphate tribasic 20% จำนวน 4 มิลลิลิตร แล้วทำการเขย่าให้ทั่ว ตั้งทิ้งไว้(ถ้ามีตะกอนเกิดขึ้นให้กรองทิ้งผ่านเครื่องกรองซินเตอร์กล๊าสที่มีซีไลท์อยู่ด้วย)

12.นำเอาสารที่ได้ในข้อที่ 11 เทใส่ขวดก้นกลม แล้วนำไประเหยภายใต้ความดันต่ำด้วยเครื่อง Rotary evaporator จนแห้ง

13.เติม Methanol ลงไปละลายสารในข้อที่ 12 ครั้งละ 10 มิลลิลิตร จำนวน 3 ครั้ง ทำการละลายจนได้สารละลายที่มีความเข้มข้นที่เหมาะสม

14.นำเอาสารละลายวิตามินอี มาตรฐานระดับละ 20 ไมโครลิตร จำนวน 5 ระดับ ฉีดเข้าไปในเครื่อง HPLC ก่อนทำการฉีดสารตัวอย่าง เพื่อใช้เป็นกราฟมาตรฐาน

15.นำเอาสารละลายที่ได้ในข้อที่ 13 จำนวน 20 ไมโครลิตร ไปฉีดเครื่อง HPLC เพื่อหาความเข้มข้นของวิตามินอี ที่มีอยู่ในอาหารที่ใช้ทำการทดลอง

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ภาคผนวก จ

ตารางที่ 1 เปอร์เซ็นต์น้ำในกล้ามเนื้อกุ้ง

เพศ	ปริมาณวิตามินอี	เปอร์เซ็นต์น้ำ	เพศ	ปริมาณวิตามินอี	เปอร์เซ็นต์น้ำ
เพศผู้	158	77.196	เพศเมีย	158	75.037
เพศผู้	158	75.432	เพศเมีย	158	75.565
เพศผู้	158	74.409	เพศเมีย	158	75.253
เพศผู้	158	75.387	เพศเมีย	158	77.847
เพศผู้	158	74.458	เพศเมีย	158	76.245
เพศผู้	158	75.572	เพศเมีย	158	76.429
เพศผู้	247	77.538	เพศเมีย	247	75.96
เพศผู้	247	74.086	เพศเมีย	247	75.545
เพศผู้	247	76.163	เพศเมีย	247	74.542
เพศผู้	247	75.18	เพศเมีย	247	77.39
เพศผู้	247	76.491	เพศเมีย	247	75.534
เพศผู้	247	75.361	เพศเมีย	247	75.026
เพศผู้	412	76.008	เพศเมีย	412	76.625
เพศผู้	412	74.509	เพศเมีย	412	74.856
เพศผู้	412	75.753	เพศเมีย	412	77.696
เพศผู้	412	76.452	เพศเมีย	412	75.397
เพศผู้	412	74.096	เพศเมีย	412	76.741
เพศผู้	412	76.177	เพศเมีย	412	74.365
เพศผู้	1270	75.903	เพศเมีย	1270	74.199
เพศผู้	1270	75.929	เพศเมีย	1270	77.015
เพศผู้	1270	73.898	เพศเมีย	1270	74.625
เพศผู้	1270	75.906	เพศเมีย	1270	75.916
เพศผู้	1270	76.34	เพศเมีย	1270	77.828
เพศผู้	1270	75.705	เพศเมีย	1270	75.477

ตารางที่ 2 เปอร์เซ็นต์เถ้าในกล้ามเนื้อกุ้ง

เพศ	ปริมาณวิตามินอี	เปอร์เซ็นต์เถ้า	เพศ	ปริมาณวิตามินอี	เปอร์เซ็นต์เถ้า
เพศผู้	158	6.453883	เพศเมีย	158	5.436049
เพศผู้	158	5.750168	เพศเมีย	158	5.627879
เพศผู้	158	5.831763	เพศเมีย	158	5.910375
เพศผู้	158	5.83107	เพศเมีย	158	5.639098
เพศผู้	158	6.090626	เพศเมีย	158	5.159387
เพศผู้	158	6.186026	เพศเมีย	158	5.630829
เพศผู้	247	6.766712	เพศเมีย	247	5.790149
เพศผู้	247	5.71202	เพศเมีย	247	5.44698
เพศผู้	247	5.963836	เพศเมีย	247	5.966288
เพศผู้	247	4.538594	เพศเมีย	247	6.543291
เพศผู้	247	4.864845	เพศเมีย	247	5.508181
เพศผู้	247	5.3644	เพศเมีย	247	5.262276
เพศผู้	412	5.685028	เพศเมีย	412	5.767768
เพศผู้	412	5.715854	เพศเมีย	412	5.712939
เพศผู้	412	5.430933	เพศเมีย	412	6.151968
เพศผู้	412	5.594087	เพศเมีย	412	5.646639
เพศผู้	412	5.528134	เพศเมีย	412	6.16211
เพศผู้	412	6.052486	เพศเมีย	412	5.860094
เพศผู้	1270	5.664921	เพศเมีย	1270	5.020966
เพศผู้	1270	5.658377	เพศเมีย	1270	5.984105
เพศผู้	1270	5.310543	เพศเมีย	1270	5.603388
เพศผู้	1270	6.200153	เพศเมีย	1270	5.470507
เพศผู้	1270	5.910526	เพศเมีย	1270	6.238208
เพศผู้	1270	5.560091	เพศเมีย	1270	5.465602

ตารางที่ 3 เปอร์เซ็นต์โปรตีนในกล้ามเนื้อกุ้ง

เพศ	ปริมาณวิตามินอี	เปอร์เซ็นต์โปรตีน
เพศผู้	158	72.65
เพศผู้	158	71.38
เพศผู้	158	71.39
เพศผู้	247	72.36
เพศผู้	247	71.07
เพศผู้	247	71.17
เพศผู้	412	70.49
เพศผู้	412	70.19
เพศผู้	412	71.88
เพศผู้	1270	71.81
เพศผู้	1270	71.43
เพศผู้	1270	70.77
เพศเมีย	158	68.65
เพศเมีย	158	69.04
เพศเมีย	158	70.82
เพศเมีย	247	64.63
เพศเมีย	247	67.25
เพศเมีย	247	67.35
เพศเมีย	412	67.26
เพศเมีย	412	68.53
เพศเมีย	412	68.19
เพศเมีย	1270	68.25
เพศเมีย	1270	68.05
เพศเมีย	1270	66.26

ตารางที่ 4 เปอร์เซ็นต์ LSI ของ Hepatopancreas

เพศ	ปริมาณวิตามินอี	ค่าเปอร์เซ็นต์ LSI	เพศ	ปริมาณวิตามินอี	ค่าเปอร์เซ็นต์ LSI
เพศผู้	158	4.382199	เพศเมีย	158	3.933568
เพศผู้	158	4.232152	เพศเมีย	158	4.026446
เพศผู้	158	3.16708	เพศเมีย	158	4.575271
เพศผู้	158	3.728702	เพศเมีย	158	3.452004
เพศผู้	158	4.032453	เพศเมีย	158	3.71073
เพศผู้	158	3.886878	เพศเมีย	158	4.307593
เพศผู้	158	4.000875	เพศเมีย	158	3.951124
เพศผู้	158	4.05383	เพศเมีย	158	4.068812
เพศผู้	158	3.599047	เพศเมีย	158	3.389552
เพศผู้	158	3.564767	เพศเมีย	158	4.541981
เพศผู้	158	4.221833	เพศเมีย	158	4.141167
เพศผู้	158	4.992946	เพศเมีย	158	4.007509
เพศผู้	158	3.850081	เพศเมีย	158	3.734345
เพศผู้	158	3.569935	เพศเมีย	158	3.958081
เพศผู้	158	3.626257	เพศเมีย	158	3.512222
เพศผู้	158	3.771675	เพศเมีย	158	3.606076
เพศผู้	158	4.48226	เพศเมีย	158	3.99758
เพศผู้	158	3.884963	เพศเมีย	158	3.413622
เพศผู้	247	4.097732	เพศเมีย	247	4.130569
เพศผู้	247	4.275696	เพศเมีย	247	3.804796
เพศผู้	247	3.420153	เพศเมีย	247	4.015704
เพศผู้	247	3.892049	เพศเมีย	247	3.419718
เพศผู้	247	4.109776	เพศเมีย	247	4.507731
เพศผู้	247	4.002849	เพศเมีย	247	3.823248
เพศผู้	247	3.567686	เพศเมีย	247	3.930211

ตารางที่ 4 (ต่อ)

เพศ	ปริมาณวิตามินอี	ค่าเปอร์เซ็นต์ LSI	เพศ	ปริมาณวิตามินอี	ค่าเปอร์เซ็นต์ LSI
เพศผู้	247	3.225068	เพศเมีย	247	4.12
เพศผู้	247	4.117451	เพศเมีย	247	4.602484
เพศผู้	247	3.525311	เพศเมีย	247	3.99277
เพศผู้	247	3.774628	เพศเมีย	247	3.260698
เพศผู้	247	3.262157	เพศเมีย	247	3.173794
เพศผู้	247	3.692588	เพศเมีย	247	3.55093
เพศผู้	247	4.11052	เพศเมีย	247	2.844598
เพศผู้	247	3.098388	เพศเมีย	247	3.58231
เพศผู้	247	3.433773	เพศเมีย	247	3.60915
เพศผู้	247	3.549921	เพศเมีย	247	4.708101
เพศผู้	412	3.599325	เพศเมีย	247	3.512584
เพศผู้	412	3.689146	เพศเมีย	412	3.489916
เพศผู้	412	3.594918	เพศเมีย	412	4.2232
เพศผู้	412	4.004233	เพศเมีย	412	4.570252
เพศผู้	412	3.324245	เพศเมีย	412	3.847628
เพศผู้	412	4.112065	เพศเมีย	412	3.639564
เพศผู้	412	3.355257	เพศเมีย	412	3.5239
เพศผู้	412	3.471029	เพศเมีย	412	3.980198
เพศผู้	412	2.628493	เพศเมีย	412	4.383669
เพศผู้	412	3.831746	เพศเมีย	412	3.469443
เพศผู้	412	3.988267	เพศเมีย	412	4.096467
เพศผู้	412	3.914078	เพศเมีย	412	4.201292
เพศผู้	412	4.382114	เพศเมีย	412	3.86263
เพศผู้	412	3.246362	เพศเมีย	412	2.643626
เพศผู้	412	3.600698	เพศเมีย	412	3.145855

ตารางที่ 4 (ต่อ)

เพศ	ปริมาณวิตามินอี	ค่าเปอร์เซ็นต์ LSI	เพศ	ปริมาณวิตามินอี	ค่าเปอร์เซ็นต์ LSI
เพศผู้	412	4.222973	เพศเมีย	412	3.976371
เพศผู้	412	4.085457	เพศเมีย	412	2.96849
เพศผู้	412	3.357719	เพศเมีย	412	3.877626
เพศผู้	1270	3.95256	เพศเมีย	412	3.370622
เพศผู้	1270	4.36581	เพศเมีย	1270	3.441915
เพศผู้	1270	4.221815	เพศเมีย	1270	3.590845
เพศผู้	1270	3.609503	เพศเมีย	1270	3.534072
เพศผู้	1270	3.582696	เพศเมีย	1270	2.947176
เพศผู้	1270	3.138639	เพศเมีย	1270	3.53389
เพศผู้	1270	4.69162	เพศเมีย	1270	4.210148
เพศผู้	1270	3.507542	เพศเมีย	1270	3.461684
เพศผู้	1270	3.89111	เพศเมีย	1270	2.934196
เพศผู้	1270	3.721436	เพศเมีย	1270	3.799897
เพศผู้	1270	3.704203	เพศเมีย	1270	3.140852
เพศผู้	1270	3.201764	เพศเมีย	1270	3.663582
เพศผู้	1270	3.828454	เพศเมีย	1270	3.726612
เพศผู้	1270	3.824826	เพศเมีย	1270	3.883148
เพศผู้	1270	4.284245	เพศเมีย	1270	3.343429
เพศผู้	1270	3.327239	เพศเมีย	1270	3.947252
เพศผู้	1270	3.751987	เพศเมีย	1270	3.798853
เพศผู้	1270	3.470302	เพศเมีย	1270	3.387529
			เพศเมีย	1270	3.678909

ตารางที่ 5 ความยาวและน้ำหนักของกุ้งจำนวน 8 บ่อ

น้ำหนักและความยาวกุ้งบ่อที่ 1 (เพศผู้ ปริมาณวิตามินอี 158 มิลลิกรัมต่ออาหาร 1 กิโลกรัม)

ตัวที่	ความยาว					น้ำหนัก				
	ครั้งที่1	ครั้งที่ 2	ครั้งที่ 3	ครั้งที่ 4	ครั้งที่ 5	ครั้งที่1	ครั้งที่ 2	ครั้งที่ 3	ครั้งที่ 4	ครั้งที่ 5
1	11.5	12.6	13.3	12.7	13.4	12.91	15.45	19.34	15.99	19.1
2	11.5	12.2	12.3	13.4	12.5	13.63	14.04	15.3	19.86	17.22
3	11.8	11.8	11.7	11.9	12.8	15.73	13.34	13.94	13.93	17.37
4	11	12	13.7	13.2	11.8	12.45	13.66	22.59	18.98	14.44
5	12	11.6	12.3	12.7	13	15.16	14.09	15.28	17.67	18.91
6	11.4	13.4	13.4	13.1	12.3	13.05	19.15	19.96	17.34	15.41
7	10.8	12.5	12.1	12.5	13.5	11.45	15.82	13.57	17.03	20.17
8	11.3	12.9	12.8	13.8	13.3	12.51	17.84	16.2	21.89	19.72
9	11.5	12.9	13.1	12.6	12.7	14.43	17.41	19.08	16.7	18.18
10	11.1	13.7	13.3	12.4	12.5	11.99	21.39	18.03	14.81	15.57
11	11.7	11.4	13	12.9	13	14.8	12.11	17.81	18.69	17.68
12	13.4	12.5	11.6	13.2	14	19.79	15.84	13.64	18.26	22.86
13	12	11.3	12	12.6	13.1	14.38	11.82	14.3	18.04	19.32
14	13.1	12.8	13.5	12.5	12.4	19.23	17.42	20.26	17.03	15.26
15	12.7	11.6	13.1	12	12.9	18.29	12.8	18.53	15.06	18.88
16	11.9	13.3	12	12.2	13.5	14.9	18.56	14.51	15.46	21.23
17	12.6	13.3	11.6	12.6	12.9	18.33	19.59	12.81	16.81	19.97
18	13.5	12.5	12.8	12.5	14.2	20.83	15.57	16.75	17.35	25.73
19	11.7	11.8	13.5	13.3	13.2	13.69	13.22	20.53	20.42	18.43
20	12.6	13.5	12.7	13.9	12.3	18.08	19.58	16.74	23.81	15.48
21	11.5	12.2	12.5	12.2	13.1	12.68	15.75	16.94	15.16	18.61
22	13.2	11.6	12.3	13.4	14.1	19.02	12.56	16.25	20.2	22.95
23	11.8	12	13	12	12.7	14.22	14.6	17.67	14.73	17.9

ตารางที่ 5 (ต่อ)

ตัวที่	ความยาว					น้ำหนัก				
	ครั้งที่1	ครั้งที่ 2	ครั้งที่ 3	ครั้งที่ 4	ครั้งที่ 5	ครั้งที่1	ครั้งที่ 2	ครั้งที่ 3	ครั้งที่ 4	ครั้งที่ 5
24	12.2	11.8	12	13.8	13.7	15.74	12.9	13.86	21.99	22.03
25	13.1	13.5	12.2	13.9	13.5	19.93	20.79	15.86	21.53	21.42
26	12	12.2	13.6	12.2	14	13.62	15.04	20.5	14.38	23.21
27	11.7	12.1	12	13.3		13.77	14.55	14.23	19.61	
28	11.2	11.9	12.2			11.14	13.61	15.2		
29	13.1	11.7	12.2			20.68	13.37	15.54		
30	12.4	12.1	12.8			15.79	15.45	18.1		
31	12.4	12	11.5			16.36	14.72	13.34		
32	11.6	12	11.8			13.34	15.09	13.78		
33										
34										
35										
เฉลี่ย	12.04	12.33	12.56	12.84	13.09	15.37	15.54	16.58	17.88	19.12

ตารางที่ 5 (ต่อ)

น้ำหนักและความยาวกุ้งบ่อที่ 2 (เพศผู้ ปริมาณวิตามินอี 247 มิลลิกรัมต่ออาหาร 1 กิโลกรัม)

ตัวที่	ความยาว					น้ำหนัก				
	ครั้งที่1	ครั้งที่ 2	ครั้งที่ 3	ครั้งที่ 4	ครั้งที่ 5	ครั้งที่1	ครั้งที่ 2	ครั้งที่ 3	ครั้งที่ 4	ครั้งที่ 5
1	11.5	12.5	13.5	13.1	12.8	12.68	16.44	20.86	19.56	18.52
2	13	11.8	12.4	12.1	14.2	18.96	13.78	16.05	15.4	24.66
3	10.8	12.9	12.2	13.4	13.4	10.73	18.27	15.29	20.86	20.82
4	11	13.2	12.9	11.9	12.9	12.23	18.82	18.48	15.38	16.99
5	12.2	13.2	12.5	13.6	13.9	16.29	18.96	16.55	21.44	22.23
6	10.7	11	13.5	13.1	12.5	11.01	11.01	19.85	19.39	17.23
7	12.9	12.4	11.4	13.6	12.2	20.73	15.48	12.41	22.17	16.37
8	13.2	13.3	11.9	11.9	12.6	19.3	20.08	13.62	15.19	16.31
9	12.6	12.5	11.9	13.8	12.8	17.51	16.49	14.42	22.86	18.31
10	13	11.7	13.4	12.6	13.3	18.08	14.4	20.67	17.19	21.06
11	11.4	11.8	11.9	12.6	13.2	13.67	12.69	14.55	16.13	18.32
12	11.5	11.5	12.7	12.2	13	13.2	12.78	17.27	15.29	18.35
13	11.6	12.1	12.8	11.8	12.3	13.36	15.04	17.59	14.38	16.18
14	11.4	11.9	12.7	13.2	12.1	13.37	13.63	17.07	19.1	15.51
15	12.6	12.7	12.9	12.1	12.8	16.54	17.07	17.71	15.03	16.24
16	13.1	12.8	12.6	13	13.4	20.16	18.05	15.47	18.8	21.03
17	11.9	12.6	11.7	11.5	13.7	14.91	17.04	14.17	12.13	22.52
18	12.2	13.4	12.3	13.2	12.1	15.64	20.39	14.96	18.84	15.23
19	12.4	12.5	11.9	13.1	12.6	16.57	16.25	14.24	19.31	17.2
20	11.8	12.4	13.1	13.6	13.5	15.68	15.39	18.71	21.51	21.52
21	12.1	12.5	11.1	13.1	13.8	13.85	17.16	11.28	17.51	22.62
22	12	12	13.4	12.4	13.5	14.75	14.41	20.82	16.22	21.99
23	12.7	12.5	12.6	12.2	14.1	18.26	16.85	17.17	16.04	24.43

ตารางที่ 5 (ต่อ)

ตัวที่	ความยาว					น้ำหนัก				
	ครั้งที่1	ครั้งที่ 2	ครั้งที่ 3	ครั้งที่ 4	ครั้งที่ 5	ครั้งที่1	ครั้งที่ 2	ครั้งที่ 3	ครั้งที่ 4	ครั้งที่ 5
24	11.8	12.5	11.9	12.2	12.6	14.57	16.33	14.54	15.21	17.99
25	13.2	11.8	13.2	13.3	13.2	18.56	13.77	19.08	18.4	18.66
26	11.8	13.1	12.4	13.1	13	14.55	18.51	16.25	18.41	18.95
27	11.5	13.4	12.9	13.8	13.1	12.45	20.98	19.16	21.79	18.93
28	12.8	12.4	11.9	12.7	12	18.79	15.5	14.34	17.9	14.9
29	12.5	11.7	12.7	12.5		18.17	13.6	17.93	16.25	
30	12.5	11.5	12.1	12.8		13.37	12.66	13.9	18.32	
31	11.9	12.2				14.89	14.65			
32	12.3					16.25				
33										
34										
35										
เฉลี่ย	12.12	12.38	12.48	12.78	13.02	15.6	16.02	16.48	17.87	19.04

ตารางที่ 5 (ต่อ)

น้ำหนักและความยาวกุ้งบ่อที่ 3 (เพศผู้ ปริมาณวิตามินอี 412 มิลลิกรัมต่ออาหาร 1 กิโลกรัม)

ตัวที่	ความยาว					น้ำหนัก				
	ครั้งที่1	ครั้งที่ 2	ครั้งที่ 3	ครั้งที่ 4	ครั้งที่ 5	ครั้งที่1	ครั้งที่ 2	ครั้งที่ 3	ครั้งที่ 4	ครั้งที่ 5
1	13	12.7	12.5	12.2	12.2	19.64	17.06	17.23	15.15	16.18
2	10.9	12.4	12.6	13.4	12.5	10.61	15.39	17.15	21.73	17.77
3	12.1	12.1	13	12.9	12.6	15.63	15.52	18.8	18.78	16.67
4	13.1	12.3	12.5	13.2	13.1	19.07	14.84	17.48	19.61	18.98
5	11.5	12.2	12.5	11.9	13.1	12.65	15.72	16.3	15.64	20.07
6	12.2	13.1	12.5	13	13.7	15.69	18.94	15.5	17.96	21.26
7	11.6	12.5	12.9	12.7	13.1	14.01	16.25	17.56	17.47	20.54
8	12.3	11.8	12.8	12.8	13.2	15.45	13.6	16.69	18.82	19.81
9	11.9	11.7	13.4	12.8	12.9	13.85	12.71	20.32	18.1	20.07
10	12.7	11.7	13.1	13.4	12	17.71	13.75	19.91	20.19	14.32
11	12.3	12.5	13	12	12.1	17.6	16.91	18.22	14.74	14.74
12	11.5	10.8	12.7	12.9	13	12.68	10.72	17.98	18.33	20.02
13	11.7	12.8	11.7	13.4	12.6	13.08	17.74	13.91	21.79	18.25
14	12.2	13.2	12	12.3	12.9	16.02	18.21	14.34	16.84	18.9
15	13	11.5	12.5	12.4	12.7	14.72	11.62	16.28	16.86	17.74
16	11.6	12.4	12.4	12.7	12.3	13.14	16.5	17.39	18.13	16.71
17	12.3	11.5	12.7	13.1	13	17.65	12.44	16.03	18.26	18.75
18	12.5	11.9	11.3	12.8	14	18.46	13.8	12.03	18.92	23.92
19	11.5	11.4	11.9	12.8	13.4	12.51	12.4	13.68	19.31	20.6
20	11.9	12	12.3	13	13.3	15.27	15.06	16.06	17.67	19.68
21	12	12.2	11.6	11.5	12.1	14.51	15.12	12.63	13.3	15.32
22	11.1	12.3	12.2	12.1	13	11.47	15.16	15.87	15.6	19.93
23	11.1	12.4	11.6	13	13.2	11.31	16.08	12.66	18.01	20.06

ตารางที่ 5 (ต่อ)

ตัวที่	ความยาว					น้ำหนัก				
	ครั้งที่1	ครั้งที่ 2	ครั้งที่ 3	ครั้งที่ 4	ครั้งที่ 5	ครั้งที่1	ครั้งที่ 2	ครั้งที่ 3	ครั้งที่ 4	ครั้งที่ 5
24	12.7	13.3	12	12.8	12.3	16.9	19.77	13.39	18.62	15.25
25	12.2	12.5	11.4	12.4	13.6	16.86	16.21	12.4	16.42	22.2
26	11.6	12.9	12.9	11.8	13.2	14.5	17.65	17.92	13.61	20.01
27	11.8	12.8	12.7	12.9	12.8	14.51	18.24	16.97	18.55	19.82
28	12.1	11.8	12	11.9		13.69	14.47	14.66	13.6	
29	12.6	12.6	12.5	12.9		16.73	17.02	18.47	17.61	
30	12.6	12.2	12.6	12		17.73	15.05	16.79	14.56	
31	12.5	11.8				17.26	13.29			
32	12.4	12.5				16.79	16.96			
33										
34										
35										
เฉลี่ย	12.08	12.24	12.39	12.63	12.89	15.24	15.44	16.15	17.47	18.8

ตารางที่ 5 (ต่อ)

น้ำหนักและความยาวกุ้งปอที่ 4 (เพศผู้ ปริมาณวิตามินอี 1270 มิลลิกรัมต่ออาหาร 1 กิโลกรัม)

ตัวที่	ความยาว					น้ำหนัก				
	ครั้งที่1	ครั้งที่ 2	ครั้งที่ 3	ครั้งที่ 4	ครั้งที่ 5	ครั้งที่1	ครั้งที่ 2	ครั้งที่ 3	ครั้งที่ 4	ครั้งที่ 5
1	12.5	12.6	12	12.8	12	16.03	16.71	14.69	18.86	15.55
2	11.4	12.2	11.9	13.5	12	12.99	14.39	14.33	21.03	15.4
3	12.7	11.9	11.7	12.2	11.4	17.56	13.77	13.75	15.24	16.69
4	13.2	12.4	11.8	12.5	13.5	20.05	14.91	13.6	17	22.29
5	12.7	11.5	11.8	13.3	12.6	17.15	13.61	14.25	20.5	17.73
6	11.7	12.5	12.7	12.2	12.5	15.89	15.57	17.16	16.82	17.19
7	11.6	12.3	11.7	12.4	13.8	15.29	14.99	13.49	17.02	22.82
8	11.4	12.7	13.1	12.3	13.2	13.29	17.44	18.26	17.87	19.31
9	11.7	12.5	12.9	12.7	12.8	13.62	15.69	17.38	17.19	17.99
10	12.2	11.9	12.5	13.8	12.3	15.4	15.52	15.47	21.85	16.6
11	11.4	13	11.8	12.2	13.3	13.13	18.61	14.41	14.97	20.98
12	11.6	12	12.7	11.7	12.7	14.73	14.59	16.86	13.87	17.52
13	11.4	12.2	13.3	12.7	12.8	14.07	15.71	20.01	16.36	18.9
14	11.6	12.7	12.6	13.2	14.2	13.42	16.07	17.02	20.24	23.54
15	12.2	11.7	12.1	12.2	13.5	16.55	13.52	15.01	16.04	20.01
16	11.9	12.3	12.1	11.8	13.5	15.13	16.13	15.56	14.79	20.78
17	12.1	13.4	11.8	12.5	13.1	15.28	19.6	13.58	16.24	20.27
18	11.2	11.7	12	13	12.4	12.4	12.9	14.5	18.81	16.26
19	13.2	13.4	12.4	11.7	13.2	16.21	20.64	15.76	14.49	19.14
20	11.8	11.7	12.7	12.7	12.9	14.18	12.99	15.85	18.49	18.08
21	11.5	12.2	12.4	12.6	12.9	13.54	14.65	17.01	17.31	18.24
22	11.7	11.9	12.9	13.1	13.4	13.75	13.99	18.63	18.89	19.47
23	12	11.6	12.2	12.5	12.1	14.7	13.18	15.18	16.76	15.73

ตารางที่ 5 (ต่อ)

ตัวที่	ความยาว					น้ำหนัก				
	ครั้งที่1	ครั้งที่ 2	ครั้งที่ 3	ครั้งที่ 4	ครั้งที่ 5	ครั้งที่1	ครั้งที่ 2	ครั้งที่ 3	ครั้งที่ 4	ครั้งที่ 5
24	12.5	12.7	12.5	12.2	13.6	16.1	18	16.27	15.4	22.33
25	12.2	12.2	12.3	11.9	12.7	16.52	15.26	16.05	14.32	19.87
26	11.8	12.2	11.4	12	13.2	15.42	15.85	13.26	14.68	19.52
27	12.1	12.1	13.2	12.9		15.15	14.09	19.13	17.17	
28	13.2	11.7	12.3	13.4		20.86	13.29	16.83	20.81	
29	12.7	11.4	12.4	12.6		17.44	12.59	15.23	17.28	
30	13.4	12.4	12.5	12.6		20.05	15.34	15.68	16.74	
31	12.3	11.8	12.1			16.39	14.06	16.13		
32	12.4	12.4	13.5			15.21	16.12	20.4		
33										
34										
35										
เฉลี่ย	12.1	12.23	12.35	12.57	12.91	15.55	15.31	15.96	17.23	18.93

ตารางที่ 5 (ต่อ)

น้ำหนักและความยาวกุ้งบ่อที่ 5 (เพศเมีย ปริมาณวิตามินอี 158 มิลลิกรัมต่ออาหาร 1 กิโลกรัม)

ตัวที่	ความยาว					น้ำหนัก				
	ครั้งที่ 1	ครั้งที่ 2	ครั้งที่ 3	ครั้งที่ 4	ครั้งที่ 5	ครั้งที่ 1	ครั้งที่ 2	ครั้งที่ 3	ครั้งที่ 4	ครั้งที่ 5
1	13.5	14.7	12	11.9	13.2	19.91	29.83	13.79	15.05	19.87
2	12.1	12.3	12.1	12.3	12.9	15.27	15.98	14.86	16.07	18.15
3	12.7	12.6	12.5	15.3	13.7	18.41	16.32	17.28	32.82	23.05
4	12.6	12	11.2	13.1	13.6	16.19	13.77	11.64	18.25	21.46
5	11.5	12.9	12.6	11.8	12.6	13.08	18.06	15.65	12.55	18.08
6	12.1	12.1	13.2	13.6	11.8	15.69	14.97	18.37	21.24	13.56
7	13	12.4	13.1	12.9	12.7	19.28	15.86	18.35	18	17.46
8	12	11.9	11.3	12.5	12.9	14.29	13.48	11.64	17.72	18.54
9	12.6	12.2	12.8	13.3	12.7	17.97	14.29	16.27	19.8	17.8
10	12.6	11.8	12.5	12.7	13.2	16.21	14.45	15.69	16.62	20.2
11	11.9	12.9	12.9	12.2	12.9	13.99	17.97	17.33	14.97	20.1
12	12.7	11.6	12	12	12.6	17.82	14.47	14.06	13.98	17.49
13	12.2	13.2	13.4	12.6	12.2	16.44	19.66	19.24	18.2	15.4
14	11.5	11.5	13.1	13.1	13.2	14.37	12.54	18.08	22.05	19.89
15	12.5	12.5	13.1	13.4	13.9	17.02	16.19	18.28	19.61	23.66
16	11.8	12.7	13.3	11.8	12.9	14.67	16.3	20.13	13.15	17.6
17	12.1	12.4	15.2	13.6	12.2	15.24	15.65	30.87	21.03	15.62
18	12.9	13.1	11.5	12.9	13.4	21.34	18.19	11.89	18.34	22.64
19	11.5	11.3	12.4	12.4	12.2	14.56	11.19	14.8	15.14	16.75
20	12.3	11.6	11.8	12.7	13.4	17.25	12.35	14.38	18.34	21.08
21	11.6	11.6	11.4	12.3	12.9	12.58	13.34	12.35	15.6	18.13
22	12.6	12.2	12.6	12.7	13	16.66	14.42	17.38	16.03	18
23	15.1	13.2	12.4	12.7	13.2	30.8	20.86	15.65	16.88	19.75

ตารางที่ 5 (ต่อ)

ตัวที่	ความยาว					น้ำหนัก				
	ครั้งที่ 1	ครั้งที่ 2	ครั้งที่ 3	ครั้งที่ 4	ครั้งที่ 5	ครั้งที่ 1	ครั้งที่ 2	ครั้งที่ 3	ครั้งที่ 4	ครั้งที่ 5
24	11.7	12.6	12.4	13.3	13.4	14.63	17.59	15.93	20.21	20.66
25	11.2	12.5	12.1	12.6	13.7	12.83	17.59	14.86	16.94	22.17
26	11	11.2	12.6	12.6	15.8	12.33	11.31	16.35	18.28	34.54
27	10.8	11.2	12.8			10.99	11.31	16.65		
28	11	12.5	12.1			11.65	15.26	13.38		
29	10.7	12.2				11.27	14.8			
30	10.7					11.11				
31										
32										
33										
34										
35										
เฉลี่ย	12.08	12.31	12.51	12.78	13.08	15.8	15.79	16.26	17.96	19.68

ตารางที่ 5 (ต่อ)

น้ำหนักและความยาวกุ้งบ่อที่ 6 (เพศเมีย ปริมาณวิตามินอี 247 มิลลิกรัมต่ออาหาร 1 กิโลกรัม)

ตัวที่	ความยาว					น้ำหนัก				
	ครั้งที่ 1	ครั้งที่ 2	ครั้งที่ 3	ครั้งที่ 4	ครั้งที่ 5	ครั้งที่ 1	ครั้งที่ 2	ครั้งที่ 3	ครั้งที่ 4	ครั้งที่ 5
1	12.3	13.5	12.3	12.3	13.6	15.81	20.98	14.75	16.24	22.67
2	13.3	12	11.8	13.2	12.8	20.49	14.19	14.57	19.02	17.93
3	13.4	11.9	12.3	13.2	12.9	20.52	14.44	15.49	19.43	19.74
4	12.3	12.5	12.6	12.4	12.5	16.25	16.87	16.39	15.73	17.75
5	13.2	12.6	13.7	12.4	14	19.88	16.04	22.39	16.37	23.93
6	13	11.8	13.2	13.4	12.1	19.71	13.45	19.31	19.37	14.02
7	11.8	12.5	12.9	12.5	12.7	14.5	16.1	17.77	16.22	18.84
8	12.1	13.5	11.8	13.1	13.6	16.08	20.5	14.01	18.83	21.35
9	12.8	12.1	12.3	11.8	12.5	17.68	14.29	15.66	14.58	16.76
10	12.5	11.8	12.1	12.4	13	17.09	12.88	14.89	15.86	19
11	12.4	12.3	12.4	12.2	14	16.48	14.86	14.91	14.68	24.92
12	11.3	13.4	11.9	12.4	12.3	12.93	19.81	13.61	16.84	15
13	11.5	12.1	13.3	13.5	12.8	12.89	15.41	19.37	21.63	19.32
14	11.8	11.5	13	13.9	12.1	14.91	13.45	18.47	23.81	15.89
15	12.2	11.9	12.1	13.9	12.8	17.9	14.29	15.05	21.96	17.98
16	11.8	12.7	11.9	12.1	12.2	14.75	17.48	14.93	18.77	14.95
17	11.7	11.8	12.2	12.4	13.2	14.7	13.55	15.05	17.59	20.33
18	11.4	11.6	12.2	13.8	13.4	12.65	12.79	14.58	22.06	21.98
19	11.6	11.8	13.4	12.6	13.8	15.04	13.94	20.84	17.09	22.58
20	12.5	12.9	11.8	12.3	13	18.43	18.27	15.3	16.03	18.79
21	11.1	13.3	13.5	12.1	14.4	12.95	19.07	19.93	15.22	24.26
22	11.8	12.7	13.4	13.5	12.6	14.5	17.74	20.75	20.89	17.53
23	13	13.5	11.5	12.2	14.2	19.76	20.32	13.26	15.98	26.55

ตารางที่ 5 (ต่อ)

ตัวที่	ความยาว					น้ำหนัก				
	ครั้งที่ 1	ครั้งที่ 2	ครั้งที่ 3	ครั้งที่ 4	ครั้งที่ 5	ครั้งที่ 1	ครั้งที่ 2	ครั้งที่ 3	ครั้งที่ 4	ครั้งที่ 5
24	11.2	12	12.8	12.3	12.6	12.4	14.57	17.96	17.83	16.89
25	11.6	11.7	12.7	12.6	13.2	12.58	13.47	17.35	16.55	20.35
26	11.6	13	12.2	12.9	12.6	13.54	18.61	14.98	19.19	17.54
27	12	12	13.5	13.5	12.5	13.98	13.48	20.12	20.98	17.09
28	11.3	11.6	11.7	13.2	12.8	12.35	12.96	14.28	20.09	20.11
29	11.5	13	12.9	12.3	13.3	13.5	18.9	18.5	15.83	21.48
30	11	11.4	12.1	13.7	14.3	12.2	12.55	14.87	22.51	23.84
31		11.6	12	12.4			13.79	14	16.67	
32			13	12.5				19.35	15.92	
33										
34										
35										
เฉลี่ย	12.03	12.32	12.52	12.78	13.06	15.55	15.78	16.65	18.12	19.65

ตารางที่ 5 (ต่อ)

น้ำหนักและความยาวกุ้งปอที่ 7 (เพศเมีย ปริมาณวิตามินอี 412 มิลลิกรัมต่ออาหาร 1 กิโลกรัม)

ตัวที่	ความยาว					น้ำหนัก				
	ครั้งที่ 1	ครั้งที่ 2	ครั้งที่ 3	ครั้งที่ 4	ครั้งที่ 5	ครั้งที่ 1	ครั้งที่ 2	ครั้งที่ 3	ครั้งที่ 4	ครั้งที่ 5
1	12.7	12.7	12.4	12.3	13.3	16.96	16.47	16.26	16.4	20.33
2	12.1	13.6	13.8	11.9	12.2	14.14	20.3	24.61	14.37	16.49
3	12.3	12.8	12.3	12.9	12.6	16.22	16.1	15.03	17.46	18.19
4	12.6	14.5	11.7	12.6	14.2	17.52	24.84	13.75	16.77	26.46
5	12.5	11.8	12.2	12.9	12.8	18.69	15.02	15.28	18.88	18.22
6	12.7	13.2	13.1	12.7	13.3	15.88	21.04	19.23	18.77	21.92
7	11.9	12.8	12.5	12.5	13.8	15.49	17.13	18.03	15.83	23.86
8	13	11.8	12.1	12.4	13.2	19.53	14	15.67	16.32	21.13
9	11.8	12.1	13.3	13.3	13.9	13.85	14.57	20.05	19.97	23.23
10	13.8	12.1	14.4	14.1	13	23.29	14.44	25.41	23.8	20.33
11	12.3	11.6	13.2	14.2	14.5	16.65	13.04	18.06	26.67	28.84
12	11.4	12.7	12.4	12.6	14	12.71	16.62	15.52	16.67	25.67
13	13.3	12.8	12.5	13.7	12.7	19.42	18.73	17.5	23.43	18.49
14	12.1	12	11.4	13.5	12.9	16.02	14.5	12.78	21.46	17.83
15	11.5	12.7	12.6	14.6	13	14.69	17.99	17.19	25.66	20.12
16	12.5	12.1	13.5	12.7	14	18.31	14.64	22.77	17.38	22.13
17	12.1	11.2	11.6	12.6	12.7	15.27	11.97	13.78	18.63	17.65
18	11.3	11.6	12.3	12.9	12.3	13.57	13.03	16.13	17.77	15.75
19	11.5	12.1	12.1	12.2	13	13.16	14.58	15.32	16.52	19.06
20	11.7	11.9	12.5	12	14.5	14.47	14.57	17.61	14.72	26.03
21	11.5	12.3	12.3	12.4	13.3	15.41	16.84	15.42	17.11	21.16
22	14.5	12.4	13.7	13.2	12.5	25.64	16.53	21.68	19.92	16.82
23	11.8	11.8	12	13.5	13.1	14.35	14.23	15.58	19.85	19.04

ตารางที่ 5 (ต่อ)

ตัวที่	ความยาว					น้ำหนัก				
	ครั้งที่ 1	ครั้งที่ 2	ครั้งที่ 3	ครั้งที่ 4	ครั้งที่ 5	ครั้งที่ 1	ครั้งที่ 2	ครั้งที่ 3	ครั้งที่ 4	ครั้งที่ 5
24	12.5	13.5	13	12.6	12.9	17.46	23.76	18.36	16.84	19.13
25	12.3	12.1	12.6	13.1		16.03	15.7	17.42	20.01	
26	11.5	12.3	12.9	13.1		13.22	15.24	18.49	19.1	
27	11	12.9	12.7	13.2		12.23	18.27	17.38	18.75	
28	11.7	11.8	12.1			14.33	14.16	15		
29	11.1	12.5				12.48	16.31			
30	11.9	12.3				14.22	16.52			
31										
32										
33										
34										
35										
เฉลี่ย	12.16	12.4	12.61	12.95	13.24	16.04	16.37	17.48	18.85	20.75

ตารางที่ 5 (ต่อ)

น้ำหนักและความยาวกุ้งบ่อที่ 8 (**เพศเมีย ปริมาณวิตามินอี 1270 มิลลิกรัมต่ออาหาร 1 กิโลกรัม**)

ตัวที่	ความยาว					น้ำหนัก				
	ครั้งที่ 1	ครั้งที่ 2	ครั้งที่ 3	ครั้งที่ 4	ครั้งที่ 5	ครั้งที่ 1	ครั้งที่ 2	ครั้งที่ 3	ครั้งที่ 4	ครั้งที่ 5
1	12.4	11.7	13.3	13.1	12.4	16.62	13.3	21.24	19.32	17.13
2	12.2	12.5	12.3	13.2	13.3	14.96	16.08	16.62	20.34	21.19
3	11.9	13.7	13	14	12.8	15.06	23.91	19.38	24.08	18.05
4	12.4	12.8	12.5	12.7	12.4	17.71	18.46	16.83	16.59	16.09
5	12.2	12.7	11.9	12.7	12.7	16.56	18.12	15.36	18.2	19.12
6	12.2	12.3	12.1	13.1	13.6	17	15.66	15.8	18.88	21.54
7	12.1	12.2	11.5	13.1	13.4	16.01	14.94	13.28	19.71	22.27
8	12.2	12.6	12.8	12.9	14.6	16.43	16.74	18.74	18.79	26.27
9	11.9	12.6	11.2	12.5	13	15.06	17.22	11.88	16.9	18.88
10	12.5	12.1	11.8	12.2	14.3	17.79	14.04	14.4	15.68	29.11
11	12.7	12.5	12.9	12.6	11.8	19.43	16.15	17.98	17.51	15.04
12	11.3	11.9	11.5	13.1	12.2	12.4	14.68	14.69	19.55	16.7
13	13.1	13.2	12.2	12.5	13	19.02	19.84	15.75	17.14	17.78
14	11.5	12	12.6	11.9	13	13.95	15.13	18.24	14.72	19.39
15	13.7	12.6	12.5	13.3	13.7	24.76	16.41	16.31	20.77	24.42
16	12.7	12.9	13	13.5	12.8	17.8	18.81	18.27	23.31	19.24
17	12.3	12.9	13.5	12.2	13.4	15.43	17.67	24.79	15.96	21.61
18	12.5	11.2	12.7	12.4	13.1	16.77	11.06	17.92	17.91	20.63
19	11.7	12.5	12.4	12	13.3	13.28	15.46	16.12	16.09	20.71
20	12.3	12.4	11.8	12.9	12.5	16.43	16.12	13.28	18.62	17.5
21	12.8	11	12.4	12.8	13.6	17.16	11.68	16.22	19.5	22.56
22	11.7	12.6	11.1	11.7	13.4	13.55	16.72	12.12	13.49	20.93
23	11.5	11.9	12.6	13.3	13.2	14.22	13.99	17.42	20.7	21.65

ตารางที่ 5 (ต่อ)

ตัวที่	ความยาว					น้ำหนัก				
	ครั้งที่ 1	ครั้งที่ 2	ครั้งที่ 3	ครั้งที่ 4	ครั้งที่ 5	ครั้งที่ 1	ครั้งที่ 2	ครั้งที่ 3	ครั้งที่ 4	ครั้งที่ 5
24	11.6	12.6	12.4	12.8	12.4	13.61	16.9	16.15	18.95	17.97
25	12.8	13.2	13.7	14		18.52	19.64	22.28	26.71	
26	11.6	11.6	12.9	13.3		13.01	12.51	17.96	21.46	
27	11.5	12.1	12.8	12.3		14.65	14.58	19.04	16.67	
28	11.2	11.6	12.6			12.23	13.53	17.06		
29	11	13.2	13.3			11.34	19.2	21.28		
30	11.3	11.7				12.91	13.05			
31										
32										
33										
34										
35										
เฉลี่ย	12.09	12.36	12.46	12.82	13.08	15.79	16.05	17.12	18.8	20.24

ตารางที่ 6 เปอร์เซ็นต์ไขมันในกล้ามเนื้อกุ้ง

เพศ	ปริมาณวิตามินอี	เปอร์เซ็นต์ไขมัน
เพศผู้	158	12.56692
เพศผู้	158	13.54167
เพศผู้	158	11.99968
เพศผู้	247	24.78692
เพศผู้	247	18.94116
เพศผู้	247	21.43287
เพศผู้	412	15.64105
เพศผู้	412	16.15179
เพศผู้	412	17.45662
เพศผู้	1270	21.3978
เพศผู้	1270	21.84959
เพศผู้	1270	15.47997
เพศเมีย	158	11.72935
เพศเมีย	158	15.50856
เพศเมีย	158	16.48551
เพศเมีย	247	21.51972
เพศเมีย	247	16.24499
เพศเมีย	247	16.85296
เพศเมีย	412	18.22221
เพศเมีย	412	17.28872
เพศเมีย	412	16.03673
เพศเมีย	1270	16.86385
เพศเมีย	1270	13.69477
เพศเมีย	1270	16.75743

ตารางที่ 7 เปอร์เซ็นต์สารอินทรีย์จากกล้ามเนื้อกุ้ง

เพศ	ปริมาณวิตามินอี	เปอร์เซ็นต์สารอินทรีย์	เพศ	ปริมาณวิตามินอี	เปอร์เซ็นต์สารอินทรีย์
เพศผู้	158	93.546117	เพศเมีย	158	94.563951
เพศผู้	158	94.249832	เพศเมีย	158	94.372121
เพศผู้	158	94.168237	เพศเมีย	158	94.089625
เพศผู้	158	94.16893	เพศเมีย	158	94.360902
เพศผู้	158	93.909374	เพศเมีย	158	94.840613
เพศผู้	158	93.813974	เพศเมีย	158	94.369171
เพศผู้	247	93.233288	เพศเมีย	247	94.209851
เพศผู้	247	94.28798	เพศเมีย	247	94.55302
เพศผู้	247	94.036164	เพศเมีย	247	94.033712
เพศผู้	247	95.461406	เพศเมีย	247	93.456709
เพศผู้	247	95.135155	เพศเมีย	247	94.491819
เพศผู้	247	94.6356	เพศเมีย	247	94.737724
เพศผู้	412	94.314972	เพศเมีย	412	94.232232
เพศผู้	412	94.284146	เพศเมีย	412	94.287061
เพศผู้	412	94.569067	เพศเมีย	412	93.848032
เพศผู้	412	94.405913	เพศเมีย	412	94.353361
เพศผู้	412	94.471866	เพศเมีย	412	93.83789
เพศผู้	412	93.947514	เพศเมีย	412	94.139906
เพศผู้	1270	94.335079	เพศเมีย	1270	94.979034
เพศผู้	1270	94.341623	เพศเมีย	1270	94.015895
เพศผู้	1270	94.689457	เพศเมีย	1270	94.396612
เพศผู้	1270	93.799847	เพศเมีย	1270	94.529493
เพศผู้	1270	94.089474	เพศเมีย	1270	93.761792
เพศผู้	1270	94.439909	เพศเมีย	1270	94.534398

ตารางที่ 8 ความถี่ในการลอกคราบของกุ้งทุก 2 สัปดาห์

เพศ	ปริมาณวิตามินอี	สัปดาห์ที่	จำนวนเริ่มต้น(ตัว)	จำนวนตัวที่ลอกคราบ
เพศผู้	158	1	30	21
เพศผู้	158	3	30	13
เพศผู้	158	5	30	22
เพศผู้	158	7	27	10
เพศผู้	247	1	30	21
เพศผู้	247	3	30	19
เพศผู้	247	5	29	5
เพศผู้	247	7	29	13
เพศผู้	412	1	30	29
เพศผู้	412	3	30	12
เพศผู้	412	5	28	23
เพศผู้	412	7	28	17
เพศผู้	1270	1	30	15
เพศผู้	1270	3	30	11
เพศผู้	1270	5	30	9
เพศผู้	1270	7	30	11
เพศเมีย	158	1	30	13
เพศเมีย	158	3	30	10
เพศเมีย	158	5	30	14
เพศเมีย	158	7	29	13
เพศเมีย	247	1	30	17
เพศเมีย	247	3	30	13
เพศเมีย	247	5	30	13
เพศเมีย	247	7	30	13
เพศเมีย	412	1	30	14

ตารางที่ 8 (ต่อ)

เพศ	ปริมาณวิตามินอี	สัปดาห์ที่	จำนวนเริ่มต้น(ตัว)	จำนวนตัวที่ลอกคราบ
เพศเมีย	412	3	30	12
เพศเมีย	412	5	29	15
เพศเมีย	412	7	28	9
เพศเมีย	1270	1	30	20
เพศเมีย	1270	3	30	17
เพศเมีย	1270	5	29	18
เพศเมีย	1270	7	28	16

ประวัติผู้เขียน

นายไชยพร ลู่สวัสดิกุล เกิดเมื่อวันที่ 5 พฤษภาคม พ.ศ.2516 ที่อำเภอรัษฎา จังหวัดตรัง สำเร็จการศึกษาระดับปริญญาตรีวิทยาศาสตร์บัณฑิต สาขาวาริชศาสตร์ จากภาควิชาวาริชศาสตร์ คณะทรัพยากรธรรมชาติ มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ วิทยาเขตหาดใหญ่ ในปีการศึกษา 2538 เข้าศึกษาต่อในหลักสูตรวิทยาศาสตร์มหาบัณฑิต ภาควิชาวิทยาศาสตร์ทางทะเล คณะวิทยาศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย เมื่อปีการศึกษา 2540