



ใบรับรองวิทยานิพนธ์

บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

วิทยาศาสตร์มหาบัณฑิต (เพาะเลี้ยงสัตว์น้ำ)

ปริญญา

เพาะเลี้ยงสัตว์น้ำ

เพาะเลี้ยงสัตว์น้ำ

สาขา

ภาควิชา

เรื่อง บทบาทของวิตามินซีและวิตามินอีต่อการสืบพันธุ์ของปลานิล
(*Oreochromis niloticus* Linnaeus)

Role of Vitamin C and E on Reproduction of Nile Tilapia
(*Oreochromis niloticus* Linnaeus)

นามผู้วิจัย นายจักรชัย ไทยทุ่งฉิน

ได้พิจารณาเห็นชอบโดย

ประธานกรรมการ

(รองศาสตราจารย์นันทวิทย์ อารีรักษ์, Ph.D.)

กรรมการ

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์เรืองวิชญ์ ชื่นพันธ์, D.Tech.Sc.)

กรรมการ

(รองศาสตราจารย์สงศรี มหาสวัสดิ์, วท.ม.)

หัวหน้าภาควิชา

(ศาสตราจารย์อุทัยรัตน์ ณ นคร, Ph.D.)

บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์รับรองแล้ว

(รองศาสตราจารย์กัญญา วีระกุล, D.Agr.)

คณบดีบัณฑิตวิทยาลัย

วันที่ เดือน พ.ศ.

วิทยานิพนธ์

เรื่อง

บทบาทของวิตามินซีและวิตามินอีต่อการสืบพันธุ์ของปลานิล (*Oreochromis niloticus* Linnaeus)

Role of Vitamin C and E on Reproduction of Nile Tilapia (*Oreochromis niloticus* Linnaeus)

โดย

นายฉัตรชัย ไทยหุงฉิน

เสนอ

บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

เพื่อขอความสมบูรณ์แห่งปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต (เพาะเลี้ยงสัตว์น้ำ)

พ.ศ. 2552

ฉัตรชัย ไทยทุ่งฉิน 2552: บทบาทของวิตามินซีและวิตามินอีต่อการสืบพันธุ์ของปลา
นิล (*Oreochromis niloticus* Linnaeus) ปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต (เพาะเลี้ยงสัตว์
น้ำ) สาขาวิชาเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำ ภาควิชาเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำ ปรธานกรรมการที่ปรึกษา:
รองศาสตราจารย์นนทวิทย์ อารีชัย, Ph.D. 133 หน้า

อาหารพ่อแม่พันธุ์เป็นสาขาหนึ่งที่ได้รับการสนใจในการทำการศึกษาวิจัย เพื่อให้ได้ลูก
พันธุ์สัตว์น้ำที่มีคุณภาพดีขึ้น ในธุรกิจการเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำได้มีการแนะนำให้ใช้อาหารเสริม
ต่าง ๆ ในอาหารพ่อแม่พันธุ์เพื่อปรับปรุงการสืบพันธุ์ให้ดีขึ้น เช่น ไขมัน กรดไขมัน แคลโรดิ-
นอยด์ และวิตามินต้านอนุมูลอิสระ ในการศึกษาวิจัยนี้ได้ทำการศึกษบทบาทของวิตามินซี และ
วิตามินอีต่อการสืบพันธุ์ของปลานิล โดยการเสริมวิตามินซี (Sodium, calcium ascorbyl-2-
phosphate) และวิตามินอี (*dl-α*- tocopheryl acetate) ในอาหารที่ใช้เลี้ยงพ่อแม่พันธุ์ปลานิล โดย
การทดลองแบ่งออกเป็น 4 ชุด ดังนี้ ชุดควบคุม ชุดที่เสริมด้วยวิตามินซี (458.21 มก./อาหาร 1
กก.) ชุดที่เสริมด้วยวิตามินอี (630.64 มก./อาหาร 1 กก.) และชุดเสริมด้วยทั้งวิตามินซีและอี
(423.95+634.54 มก./อาหาร 1 กก.ตามลำดับ) ปลานิลเพศผู้และเพศเมียได้ถูกแยกเลี้ยงในกระชัง
เป็นระยะเวลา 2 เดือน ด้วยอาหารดังกล่าวก่อนทำการจับคู่ผสมพันธุ์ ของแต่ละชุดการทดลอง
ชุดละ 4 คู่ คู่ละ 10 คู่ คู่ละ 1 กระชัง แล้วทำการเก็บรวบรวมไข่ทุก ๆ 5 วัน เพื่อเปรียบเทียบ
กิจกรรมต่าง ๆ ของการสืบพันธุ์ เป็นระยะเวลา 45 วัน พบว่าการเสริมวิตามินอีในอาหารปลานิล
มีผลทำให้ลักษณะที่แสดงออกในการสืบพันธุ์บางประการของปลานิลดีขึ้น ได้แก่ จำนวนแม่
พันธุ์ที่วางไข่ จำนวนไข่ที่ได้ เปรอร์เซ็นต์การฟัก และอัตราการรอดของลูกปลา แต่อย่างไรก็ตามไม่มี
ความแตกต่างทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญเมื่อเปรียบเทียบกับกลุ่มควบคุม ($P > 0.05$) และพบว่ามี
การสะสมของวิตามินทั้งในตับและในอวัยวะสืบพันธุ์ โดยเฉพาะอย่างยิ่งในรังไข่ตลอดช่วง
ระยะเวลาการทดลอง ผลการทดลองครั้งนี้ได้แสดงถึงคุณประโยชน์ของวิตามินซีและอีต่อพ่อแม่
ปลานิล อย่างไรก็ตามควรมีการศึกษาถึงภายใต้สภาวะใดที่สามารถนำไปประยุกต์ใช้ต่อการ
ปรับปรุงการสืบพันธุ์ให้ดีขึ้น

Chatchai Thaitoungchin 2009: Role of Vitamin C and E on Reproduction of Nile Tilapia (*Oreochromis niloticus* Linnaeus). Master of Science (Aquaculture), Major Field: Aquaculture, Department of Aquaculture. Thesis Advisor: Associate Professor Nontawith Areechon, Ph.D. 133 pages.

Broodstock nutrition is an exciting field that should have been investigated more extensively for the production of good quality fish and shrimp larva for the current expanding aquaculture business. Many dietary supplements have been introduced in the finfish broodstock feed to improve their reproductive performances. These included lipid, fatty acid, carotenoids and antioxidant vitamins. This research reported the study on role of vitamin C and E on reproduction of Nile Tilapia (*Oreochromis niloticus* Linnaeus). Vitamin C (Sodium, calcium ascorbyl-2-phosphate) and vitamin E (*dl- α* -tocopheryl acetate) were added in the tilapia diet as follows: control, vitamin C (458.21 mg/kg feed), vitamin E (630.64 mg/kg) and vitamin C and E (423.95+634.54 mg/kg respectively). Male and female tilapia were raised separately in the cages for two months with their experimental diets before pairing. Eggs were collected at every 5 days to compare the reproductive performances for 45 days. Supplement of vitamin E in tilapia diet improved some reproductive performances including number of spawners, number of eggs, hatching rate and survival of fry; however these differences were not significant when compared with the control ($P > 0.05$). Deposition of vitamins was clearly detected in liver and gonads especially in the ovary throughout the experimental period. Result from this study indicated the benefit of vitamin C and E on tilapia broodstock. However, further study is needed to demonstrate at what circumstances that vitamin C and E can be applied to improve the reproductive performances.

Student's signature

Thesis Advisor's signature

/ /

กิตติกรรมประกาศ

ข้าพเจ้าขอขอบพระคุณ รองศาสตราจารย์ นนทวิทย์ อารีชน, Ph.D. ประธานกรรมการที่ปรึกษา ที่กรุณาให้คำปรึกษาในเรื่องการเรียนการทำวิทยานิพนธ์ และการตรวจแก้ไขข้อบกพร่องต่าง ๆ จนกระทั่งวิทยานิพนธ์สำเร็จลุล่วงไปด้วยดี ขอขอบพระคุณ ผู้ช่วยศาสตราจารย์ เรืองวิชัย ชื่นพันธ์, DTech.Sc. กรรมการสาขาวิชาเอก รองศาสตราจารย์ ส่องศรี มหาสวัสดิ์, วท.ม. กรรมการสาขาวิชารอง และ ผู้ช่วยศาสตราจารย์ กาญจนา พัฒนานุรักษ์, วท.ม. ผู้แทนบัณฑิตวิทยาลัย ที่กรุณาให้คำปรึกษาแนะนำ และแก้ไขข้อบกพร่องในวิทยานิพนธ์เล่มนี้ให้มีความถูกต้อง สมบูรณ์ยิ่งขึ้น

ขอขอบคุณบริษัท DSM Nutritional Products ที่ให้ความอนุเคราะห์วิตามินซี และวิตามินอี สำหรับใช้ในการทดลอง ขอขอบคุณ คุณสาธิต บุญน้อม ที่ได้ช่วยแนะนำการใช้โปรแกรมคอมพิวเตอร์และช่วยในการบันทึกข้อมูล ขอขอบคุณพนักงานและเจ้าหน้าที่สถานีวิจัยประมงกำแพงแสนทุกคนที่ได้ช่วยเหลือเพื่อสถานที่ทดลองและช่วยให้ทำการทดลองต่าง ๆ ด้วยเป็นอย่างดี ขอขอบคุณศูนย์สุกรแห่งชาติ วิทยาเขตกำแพงแสนที่ได้เอื้อเฟื้อเครื่องมืออาหารและส่งเจ้าหน้าที่มาคอยช่วยเหลือให้การผสมและประกอบสูตรอาหาร

ขอขอบคุณ คุณกาญจนา นาคแสงทอง ภาควิชาจัดการประมงอย่างมากที่ช่วยพิมพ์วิทยานิพนธ์ตั้งแต่เริ่มต้นจนกระทั่งสำเร็จเป็นรูปเล่ม ขอขอบคุณเจ้าหน้าที่ธุรการภาควิชาเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำทุกคนที่มีส่วนช่วยเหลือและให้กำลังใจมาโดยตลอด ขอขอบคุณน้อง ๆ ในห้องปฏิบัติการสุขภาพสัตว์น้ำทุกคนสำหรับน้ำใจ และความช่วยเหลือในการทำงาน ตลอดจนบุคคลอื่น ๆ ที่มีส่วนเกี่ยวข้องและช่วยเหลือในการทำวิทยานิพนธ์ครั้งนี้

สุดท้ายของกราบขอบพระคุณคุณพ่อ คุณแม่ และครอบครัวที่ให้กำลังใจ ชี้แนะแนวทางต่าง ๆ และสนับสนุนด้านการศึกษาเรื่อยมา จนเป็นผลให้วิทยานิพนธ์ฉบับนี้สำเร็จลุล่วงไปด้วยดี

ฉัตรชัย ไทยทุ่งฉิน

กันยายน 2552

สารบัญ

| | หน้า |
|-----------------------------|------|
| สารบัญ | (1) |
| สารบัญตาราง | (2) |
| สารบัญภาพ | (4) |
| คำนำ | 1 |
| วัตถุประสงค์ | 3 |
| การตรวจเอกสาร | 4 |
| อุปกรณ์และวิธีการ | 41 |
| อุปกรณ์ | 41 |
| วิธีการ | 43 |
| ผลและวิจารณ์ | 51 |
| ผล | 51 |
| วิจารณ์ | 79 |
| สรุปและข้อเสนอแนะ | 94 |
| สรุป | 94 |
| ข้อเสนอแนะ | 95 |
| เอกสารและสิ่งอ้างอิง | 96 |
| ภาคผนวก | 111 |
| ประวัติการศึกษา และการทำงาน | 133 |

สารบัญตาราง

| ตารางที่ | | หน้า |
|----------|--|------|
| 1 | ส่วนประกอบของอาหารทดลองทั้ง 4 สูตร | 45 |
| 2 | ผลการวิเคราะห์คุณค่าโภชนะอาหารทดลอง | 47 |
| 3 | คุณภาพน้ำที่ทำการศึกษาและวิธีวิเคราะห์ | 50 |
| 4 | น้ำหนักเฉลี่ยพ่อแม่ปลานิล (กรัม) เมื่อสิ้นสุดระยะที่ 1 ก่อนจับคู่ผสมพันธุ์ | 52 |
| 5 | น้ำหนักพ่อแม่พันธุ์ปลานิล (กรัม) หลังสิ้นสุดการจับคู่ผสมพันธุ์ | 53 |
| 6 | อัตราการเจริญเติบโตเฉลี่ยต่อวันของพ่อแม่พันธุ์ปลานิล (กรัม) ระยะที่ 1 | 55 |
| 7 | อัตราการเจริญเติบโตต่อวันของพ่อแม่พันธุ์ปลานิล (กรัม) ระยะที่ 2 | 56 |
| 8 | ปริมาณวิตามินซีที่สะสมในอวัยวะสืบพันธุ์และตับก่อนการจับคู่ผสมพันธุ์ | 58 |
| 9 | ปริมาณวิตามินอีที่สะสมในอวัยวะสืบพันธุ์และตับก่อนการจับคู่ผสมพันธุ์ | 59 |
| 10 | ปริมาณวิตามินซีที่สะสมในอวัยวะสืบพันธุ์และในตับหลังการจับคู่ผสมพันธุ์ | 60 |
| 11 | ปริมาณวิตามินอีที่สะสมในอวัยวะสืบพันธุ์และตับหลังการจับคู่ผสมพันธุ์ | 62 |
| 12 | เปอร์เซ็นต์ของจำนวนแม่ปลานิลที่ให้ไข่เฉลี่ยใน 9 รอบของการเก็บไข่ | 63 |
| 13 | จำนวนแม่ปลานิล (เปอร์เซ็นต์) ที่ให้ไข่ในระยะต่าง ๆ | 66 |
| 14 | ความดกไข่ของแม่ปลานิล | 67 |
| 15 | น้ำหนักไข่ปลานิลเฉลี่ย (กรัม) ต่อ 100 ฟอง | 69 |
| 16 | อัตราการฟักเฉลี่ยของไข่ปลานิลแต่ละชุดการทดลอง | 70 |
| 17 | เปรียบเทียบอัตราการฟัก (เปอร์เซ็นต์) ของไข่ปลานิลระยะที่ 1 และ 2-3 | 72 |
| 18 | อัตราการรอดเฉลี่ย (เปอร์เซ็นต์) ของลูกปลานิลจากแต่ละชุดการทดลอง | 73 |
| 19 | เปรียบเทียบระหว่างน้ำหนัก (กรัม) ลูกปลาแรกฟักและหลังโยลต์ยุบ / 100 ตัว | 75 |
| 20 | คุณภาพน้ำในบ่อดินที่ทำการทดลอง | 77 |
| 21 | คุณภาพน้ำในโรงเรือนเพาะฟักไข่ปลานิลที่ทำการศึกษา | 78 |

สารบัญตาราง (ต่อ)

| ตารางผนวกที่ | | หน้า |
|--------------|--|------|
| 1 | น้ำหนัก (กรัม) พ่อแม่ปลานิลเมื่อสิ้นสุดระยะที่ 1 ก่อนการจับคู่ผสมพันธุ์ | 112 |
| 2 | น้ำหนัก (กรัม) พ่อแม่ปลานิลเมื่อสิ้นสุดระยะที่ 2 หลังการจับคู่ผสมพันธุ์ | 113 |
| 3 | การเจริญเติบโตพ่อแม่ปลานิลระยะที่ 1 และระยะที่ 2 (กรัม) | 114 |
| 4 | การเจริญเติบโตพ่อแม่ปลานิลต่อวัน (กรัม) ใน 9 รอบของการเก็บไข่ | 115 |
| 5 | จำนวนแม่ปลา (ตัว) ที่ให้ไข่ ใน 9 รอบของการเก็บไข่ | 116 |
| 6 | เปอร์เซ็นต์จำนวนแม่ปลาที่ให้ไข่ ใน 9 รอบของการเก็บไข่ | 117 |
| 7 | ความคกไข่ (จำนวนไข่ฟองต่อแม่ปลา) ของแม่ปลานิลใน 9 รอบของการเก็บไข่ | 118 |
| 8 | ขนาดของไข่ปลานิล (น้ำหนักไข่ (กรัม) ต่อ 100 ฟอง) ใน 9 รอบของการเก็บไข่ | 119 |
| 9 | เปอร์เซ็นต์อัตราการฟักไข่ไข่ปลานิลระยะที่ 1-3 ใน 9 รอบของการเก็บไข่ | 120 |
| 10 | เปรียบเทียบเปอร์เซ็นต์อัตราการฟักไข่ปลานิลระยะที่ 1 และระยะที่ 2-3 ใน 9 รอบของการเก็บไข่ | 121 |
| 11 | เปรียบเทียบน้ำหนักลูกปลา (กรัม) ระหว่างที่แรกฟักและหลังโยลด์คยุบ | 122 |
| 12 | เปอร์เซ็นต์อัตราการรอดเฉลี่ยใน 9 รอบของการเก็บไข่ | 123 |
| 13 | คุณภาพน้ำประจำวันของการศึกษาระยะที่ 2 จับคู่ปลานิลผสมพันธุ์ ในบ่อดินขนาด 800 ตร.ม. | 124 |
| 14 | คุณภาพน้ำประจำวันของการศึกษาระยะที่ 2 ในโรงเรือนเพาะฟักไข่ปลานิล | 128 |

สารบัญญภาพ

| ภาพที่ | | หน้า |
|--------|---|------|
| 1 | การสังเคราะห์กรดแอสคอร์บิก | 17 |
| 2 | ขั้นตอนการสลายตัวของวิตามินซี (Ascorbic acid) | 21 |
| 3 | การสังเคราะห์ catecholamine และ cyclic AMP | 26 |
| 4 | โครงสร้างวิตามินอี (tocopherol) | 27 |
| 5 | เมตาบอลิซึมของวิตามินอี(α - tocopherol) | 30 |
| 6 | น้ำหนักพ่อแม่พันธุ์ปลานิล (กรัม) เมื่อสิ้นสุดระยะที่ 1 ก่อนจับคู่ผสมพันธุ์ | 52 |
| 7 | น้ำหนักพ่อแม่พันธุ์ปลานิล (กรัม) หลังสิ้นสุดการจับคู่ผสมพันธุ์ | 54 |
| 8 | อัตราการเจริญเติบโตเฉลี่ยต่อวันของพ่อแม่พันธุ์ปลานิล (กรัม) ระยะที่ 1 | 55 |
| 9 | อัตราการเจริญเติบโตต่อวันของพ่อแม่พันธุ์ปลานิล (กรัม) ระยะที่ 2 | 57 |
| 10 | ปริมาณวิตามินซีที่สะสมในอวัยวะสืบพันธุ์และตับก่อนการจับคู่ผสมพันธุ์ | 58 |
| 11 | ปริมาณวิตามินอีที่สะสมในอวัยวะสืบพันธุ์และตับก่อนการจับคู่ผสมพันธุ์ | 59 |
| 12 | ปริมาณวิตามินซีที่สะสมในอวัยวะสืบพันธุ์และตับหลังการจับคู่ผสมพันธุ์ | 61 |
| 13 | ปริมาณวิตามินอีที่สะสมในอวัยวะสืบพันธุ์และตับหลังการจับคู่ผสมพันธุ์ | 62 |
| 14 | จำนวนแม่ปลานิลที่ให้ไข่เฉลี่ยใน 9 รอบของการเก็บไข่ | 64 |
| 15 | จำนวนแม่ปลา (เปอร์เซ็นต์) ที่ให้ไข่ในระยะต่างๆ | 66 |
| 16 | ความดกไข่ของแม่ปลานิล | 68 |
| 17 | แสดงขนาดของไข่ปลานิลคิดเป็นน้ำหนัก (กรัม) ต่อ 100 ฟอง | 69 |
| 18 | อัตราการฟักเฉลี่ยของไข่ปลานิลแต่ละชุดการทดลอง | 71 |
| 19 | เปรียบเทียบอัตราการฟักไข่ปลานิลระยะที่ 1 และ 2-3 จำนวนแม่ปลานิลที่ให้ไข่เฉลี่ยใน 9 รอบของการเก็บไข่ | 72 |
| 20 | อัตราการรอดเฉลี่ย (เปอร์เซ็นต์) ของลูกปลานิลจากแต่ละชุดการทดลอง | 74 |
| 21 | เปรียบเทียบระหว่างน้ำหนัก (กรัม) ลูกปลาแรกฟักและหลังโยลต์คยุบ / 100 ตัว | 75 |

บทบาทของวิตามินซีและวิตามินอีต่อการสืบพันธุ์ของปลานิล
(*Oreochromis niloticus* Linnaeus)

Role of Vitamin C and E on Reproduction of Nile Tilapia
(*Oreochromis niloticus* Linnaeus)

คำนำ

ปลานิล (*Oreochromis niloticus*) เป็นปลาน้ำจืดที่นิยมเลี้ยงมากที่สุดในโลกชนิดหนึ่ง ปลานิลที่เลี้ยงมีหลากหลายสายพันธุ์ รวมทั้งลูกผสมสายพันธุ์ต่าง ๆ เช่น ปลานิลแดง มีทั้งการเลี้ยงในบ่อดินและการเลี้ยงในกระชัง ในปี พ.ศ. 2549 มีรายงานว่าผลผลิตรวมปลานิลของประเทศไทย มีทั้งสิ้น 228,526 ตัน หรือคิดเป็น 30.82 เปอร์เซ็นต์ของผลผลิตสัตว์น้ำจืดรวม มีมูลค่าเท่ากับ 7,278.79 ล้านบาท หรือคิดเป็น 25.42 เปอร์เซ็นต์ของมูลค่าสัตว์น้ำจืดรวม และมีมูลค่ามากที่สุดของผลผลิตสัตว์น้ำจืด ผลผลิตปลานิลส่วนใหญ่มาจากการเพาะเลี้ยงประมาณ 90 เปอร์เซ็นต์ เป็นที่คาดกันว่าจะมีความต้องการผลผลิตปลานิลเพิ่มขึ้น ทั้งเพื่อใช้บริโภคภายในประเทศ และเพื่อการส่งออก ด้วยเหตุผลดังกล่าวจึงทำให้มีความต้องการลูกปลานิลเพิ่มขึ้นอย่างมากทั้งในฟาร์มขนาดเล็กและขนาดใหญ่ทั่วประเทศ ทำให้ฟาร์มที่ผลิตลูกปลาที่มีคุณภาพมีอยู่จำนวนจำกัดไม่เพียงพอ และการผลิตลูกปลานิลประสบปัญหาบางประการของพ่อแม่พันธุ์ และอัตราการรอดของลูกปลา โดยน่าจะมีความสัมพันธ์อย่างยิ่งกับความเครียด เช่น อุณหภูมิที่สูงขึ้นในระหว่างฤดูร้อนซึ่งเป็นช่วงวิกฤตของการผลิตลูกปลานิลในประเทศไทย

โภชนาสำหรับพ่อแม่พันธุ์ปลาเป็นอีกปัจจัยหนึ่งที่มีความสำคัญต่อการผลิตลูกปลาที่มีคุณภาพ การพัฒนาโภชนาสำหรับพ่อแม่พันธุ์ได้มีรายงานว่าทำให้การสืบพันธุ์ของปลามีประสิทธิภาพสูงขึ้นอย่างมีนัยสำคัญในปลาหลายชนิด (Izquierdo *et al.*, 2001) ไขมันและกรดไขมันเป็นปัจจัยหลักที่แสดงบทบาทที่สำคัญในโภชนาของพ่อแม่ปลา วิตามินด้านอนุมูลอิสระ เช่น วิตามินซี และอีก็ได้มีการศึกษาใช้เสริมลงไปให้อาหารสำหรับพ่อแม่พันธุ์ โดยเฉพาะอย่างยิ่งวิตามินอีร่วมกับกรดไขมันไม่อิ่มตัวสูง (Highly Unsaturated Fatty Acid, HUFA) นอกจากนี้มีการศึกษาเป็นจำนวนมากที่สนับสนุนว่าทั้งวิตามินซีและวิตามินอีสามารถปรับปรุงระบบสืบพันธุ์ รวมทั้งความอดทนของไข่ อัตราการฟัก และคุณภาพของไข่และลูกปลาให้ดีขึ้นอย่างมีนัยสำคัญ การศึกษารุ่นนี้จึงมี

วัตถุประสงค์เพื่อศึกษาบทบาทของวิตามินซีและวิตามินอีที่มีต่อกิจกรรมต่าง ๆ ของการสืบพันธุ์ของปลานิลและคุณภาพของลูกปลา

วัตถุประสงค์

เพื่อศึกษาผลของวิตามินซี (Sodium, calcium ascorbyl-2-phosphate) และ วิตามินอี (*dl*- α -tocopheryl acetate) ที่มีต่อกิจกรรมต่าง ๆ ของการสืบพันธุ์และคุณภาพของลูกปลานิล โดยทำการศึกษาต่าง ๆ ดังนี้

1. ผลของวิตามินซีและอีที่มีต่อการเจริญเติบโตของปลานิล
2. การสะสมวิตามินซีและอีในอวัยวะสืบพันธุ์และในตับของปลานิล
3. ผลของวิตามินซีและอีต่อเปอร์เซ็นต์จำนวนแม่ปลานิลที่ให้ไข่
4. ผลของวิตามินซีและอีต่อความดกของไข่ปลานิล
5. ผลของวิตามินซีและอีต่อขนาดของไข่ปลานิล
6. ผลของวิตามินซีและอีต่อเปอร์เซ็นต์การฟักของไข่ปลานิล
7. ผลของวิตามินซีและอีต่ออัตราการรอดของลูกปลาหลังจากถุงไข่ขุบ
8. ผลของวิตามินซีและอีต่อขนาดของลูกปลา

การตรวจเอกสาร

1. ปลานิล

ประวัติและลักษณะทั่วไป

ปลานิลมีชื่อวิทยาศาสตร์ว่า *Oreochromis niloticus* (Linnaeus, 1758) มีชื่อสามัญว่า Nile tilapia อยู่ในครอบครัว Cichlidae มีถิ่นกำเนิดในทวีปแอฟริกา ตั้งแต่แม่น้ำแถบชายฝั่งของประเทศอิสราเอล แม่น้ำ Nile ทะเลสาบในประเทศ Sudan และ Chad และ ในแม่น้ำของประเทศ Niger, Benue, Volta, Gambia และ Senegal สามารถปรับตัวอยู่ในสภาวะแวดล้อมได้หลายรูปแบบทั้งในแม่น้ำ ลำคลอง และทะเลสาบ ส่วนใหญ่หากินในเวลากลางวัน อาหารหลักในธรรมชาติได้แก่แพลงก์ตอน และสาหร่ายประเภทเกาะติด ดำรงชีพอยู่ได้ทั้งในน้ำจืด น้ำกร่อย ที่ระดับความลึกหลายเมตร อุณหภูมิตั้งแต่ 8-42 องศาเซลเซียส ความยาวมากที่สุดที่เคยพบยาว 60 เซนติเมตร น้ำหนักมากที่สุด 4.3 กิโลกรัม อายุมากที่สุดที่มีรายงาน 9 ปี มีความสำคัญทั้งทางเศรษฐกิจและทางการเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำ

กองส่งเสริมการประมง (2544) ได้รายงานว่ ปลานิลถูกนำเข้ามาในประเทศไทยครั้งแรกเมื่อวันที่ 25 มีนาคม 2508 โดยสมเด็จพระจักรพรรดิอากิฮิโตะ เมื่อครั้งดำรงพระอิสริยยศ มกุฎราชกุมารแห่งประเทศญี่ปุ่น ทรงจัดส่งปลานิลจำนวน 50 ตัว ความยาวเฉลี่ยประมาณตัวละ 9 เซนติเมตร น้ำหนักประมาณ 14 กรัม มาทูลเกล้าฯ ถวายแด่พระบาทสมเด็จพระเจ้าอยู่หัว ในระยะแรกได้ทรงพระกรุณาโปรดเกล้าฯ ให้ปล่อยลงเลี้ยงในบ่อดิน บริเวณสวนจิตรดาปรากฏว่ามีลูกปลาเกิดเกิดขึ้นเป็นจำนวนมาก พระบาทสมเด็จพระเจ้าอยู่หัว ทรงมีพระราชประสงค์ที่จะให้ปลาชนิดนี้แพร่ขยายพันธุ์ อันจะเป็นประโยชน์แก่พสกนิกรของพระองค์ต่อไป ดังนั้นเมื่อวันที่ 17 มีนาคม 2509 ทรงพระกรุณาโปรดเกล้าฯ พระราชทานชื่อปลาชนิดนี้ว่า “ปลานิล” และได้พระราชทานปลานิลขนาดยาว 3-5 เซนติเมตร จำนวน 10,000 ตัว ให้กรมประมงนำไปเพาะเลี้ยงขยายพันธุ์ที่แผนกทดลองและเพาะเลี้ยงในบริเวณเกษตรกลาง บางเขน และที่สถานีประมงต่าง ๆ รวม 15 แห่ง เพื่อดำเนินการเพาะเลี้ยงขยายพันธุ์พร้อมกัน เมื่อปลานิลแพร่ขยายพันธุ์ออกไปได้มากเพียงพอแล้วจึงได้แจกจ่ายให้แก่ราษฎรนำไปเพาะเลี้ยงตามพระราชประสงค์ต่อไป

การสืบพันธุ์

1. ลักษณะเพศ

คีรี (2542) กล่าวว่าตามปกติปลานิลเพศผู้และเพศเมียหากดูจากรูปร่างภายนอกจะมีลักษณะที่คล้ายคลึงกันมาก แต่ลักษณะรูปร่างเริ่มแตกต่างกันเมื่อเข้าสู่วัยเจริญพันธุ์ปลานิลเพศผู้มักจะมียขนาดใหญ่กว่า และในฤดูผสมพันธุ์จะมีสีเข้มสดใสกว่าเพศเมีย นอกจากนี้การแยกเพศจะแน่นอนที่สุดโดยการดูที่ตั้งเพศ ตั้งเพศของปลานิลอยู่ระหว่างรูกันและครีบก้น ในการแยกเพศปลานิลต้องสังเกตจากตั้งเพศและลักษณะอื่น ๆ ประกอบดังนี้

- ปลานิลเพศผู้ ตั้งเพศของปลานิลซึ่งอยู่ระหว่างรูกัน กับครีบก้นจะมีลักษณะเรียวยาวยื่นออกมาปลายสุดของตั้งเพศมีรูเปิดอยู่ 1 รู เป็นรูเปิดรวมของท่อน้ำเชื้อและปัสสาวะ (urogenital pore) ลักษณะสีของลำตัวจะมีสีเข้มสดใส แถบขวางข้างลำตัวมองเห็นไม่ชัดเจน ครีบก้นจะมีสีชมพูออกแดง และใต้กางจะมีสีแดง

- ปลานิลเพศเมีย ตั้งเพศจะมีลักษณะค่อนข้างกลมใหญ่ บนตั้งเพศมีรูเปิดอยู่ 2 รู คือ รูปลายสุดของตั้งเพศเป็นรูเปิดของท่อปัสสาวะ (urinary pore) ถัดเข้ามาบริเวณตรงกลางตั้งเพศจะมีช่องเปิดเป็นซีกขวางเป็นทางออกของไข่ (genital pore) ลักษณะสีของลำตัวจะซีดกว่าตัวผู้มองเห็น แถบขวางข้างลำตัวได้ชัดเจน ใต้กางมักจะมีสีเหลือง และ ขนาดของตัวปลาโดยทั่วไปจะเล็กกว่าปลานิลเพศผู้

2. การผสมพันธุ์และวางไข่

ปลานิลจะเริ่มจับคู่ผสมพันธุ์เมื่อมีอายุได้ 3-4 เดือน ปลานิลสามารถผสมพันธุ์ได้ตลอดปีใช้เวลา 2-3 เดือน / ครั้ง แต่ถ้าอาหารเพียงพอและเหมาะสมในระยะเวลา 1 ปี จะผสมพันธุ์ได้ 5-6 ครั้ง การวิวัฒนาการของรังไข่ และถุงน้ำเชื้อของปลานิล พบว่าปลานิลจะมีไข่และน้ำเชื้อเมื่อมีความยาว 6.5 ซม. โดยปกติปลานิลที่ยังไม่ได้ขนาดผสมพันธุ์หรือสภาพแวดล้อมไม่เหมาะสมเพื่อการวางไข่ ปลาจะรวมกันอยู่เป็นฝูง ภายหลังที่ปลามีขนาดที่จะสืบพันธุ์ได้ ปลาตัวผู้จะแยกออกจากฝูงแล้วเริ่มสร้างรัง โดยเลือกเอาบริเวณเชิงลาดหรือก้นบ่อที่มีระดับน้ำลึกระหว่าง 0.5-1 เมตร วิธีการสร้างรังนั้นปลาจะปักหัวลง โดยที่ลำตัวของมันจะตั้งฉากกับพื้นดิน แล้วใช้ปากพร้อมกับการ

เคลื่อนไหวของลำตัว เพื่อยึดดินตะกอนออกจากรัง จะจับอมดินตะกอนและเศษวัสดุอื่น ๆ ออกทิ้งนอกรัง ทำเช่นนี้จนกว่าจะได้รังที่มีขนาดค่อนข้างกลมเส้นผ่าศูนย์กลางประมาณ 20-35 ซม. ลึกประมาณ 3-6 ซม. ความกว้าง และความลึกของรังวางไข่ขึ้นอยู่กับขนาดของปลาเพศผู้ หลังจากสร้างรังเสร็จเรียบร้อยแล้วปลาเพศผู้จะไล่ปลาตัวอื่น ๆ ให้ออกนอกรังมีของรังไข่ประมาณ 2-3 เมตร ขณะเดียวกันปลาเพศผู้ที่สร้างรังจะแผ่กรีบหาง และอ้าปากกว้าง เพื่อดึงดูดปลาเพศเมียให้เข้ามา การเกี้ยวพาราสีจะใช้เวลาหลายชั่วโมง เมื่อเลือกตัวเมียได้ถูกใจแล้วก็จะแสดงอาการจับคู่ โดยว่ายน้ำเคล้าคลอกลับไปโดยใช้หางคืดและกัดกันเบา ๆ การเคล้าคลอดังกล่าวใช้เวลาไม่นานนัก ปลาเพศผู้ก็จะใช้บริเวณหน้าผาคุนที่ได้ท้องของปลาเพศเมียเพื่อเป็นการกระตุ้นเร่งเร้าให้ตัวเมียวางไข่ ซึ่งตัวเมียจะวางไข่ครั้งละ 10-15 ฟอง ปริมาณไข่รวมกันแต่ละครั้งมีประมาณ 50-600 ฟอง ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับขนาดของแม่ปลา ในการที่ปลาเพศเมียวางไข่ในแต่ละครั้งปลาเพศผู้จะว่ายน้ำไปเหนือไข่พร้อมกับปล่อยน้ำเชื้อลงไปทำเช่นนี้จนกว่าการผสมพันธุ์จะแล้วเสร็จใช้เวลา 1-2 ชั่วโมง ปลาเพศเมียจะเก็บไข่ที่ได้รับการผสมแล้วอมไว้ในปาก และว่ายน้ำออกจากรัง ส่วนปลาเพศผู้ก็จะคอยหาโอกาสเคล้าเคลียกับปลาเพศเมียอื่นต่อไป (กองส่งเสริมการประมง, 2544)

3. การฟักไข่

ไข่ปลาที่ถูกอมไว้โดยปลาเพศเมียจะพัฒนาขึ้นตามลำดับปลาเพศเมียจะขยับปากให้น้ำไหลเข้าออกในช่องปากอยู่เสมอ เพื่อช่วยให้ไข่ที่อมไว้ได้รับน้ำสะอาดและออกซิเจน ระยะเวลาฟักไข่ที่ปลาเพศเมียใช้แตกต่างกัน ตามอุณหภูมิของน้ำ มาณพ และคณะ (2536) กล่าวว่าที่มีอุณหภูมิ 27 - 28 องศาเซลเซียส ไข่จะพัฒนาการเป็นลูกปลาวัยอ่อน ภายใน 4 วัน ลูกปลาที่เพิ่งฟักออกเป็นตัวใหม่จะใช้สารอาหารจากถุงอาหารติดมาบริเวณหน้าท้อง และถุงอาหารดังกล่าวจะยุบเมื่อลูกปลา มีอายุ 13-14 วัน นับจากวันที่แม่ปลาวางไข่ ในช่วงระยะเวลาที่ลูกปลาฟักออกเป็นตัวใหม่ ๆ ลูกปลานิลวัยอ่อนจะเกาะรวมตัวกันเป็นกลุ่ม โดยว่ายวนเวียนอยู่บริเวณหัวของแม่ปลา และหลบเข้าไปซ่อนอยู่ในปากแม่ปลาเมื่อมีภัย หรือถูกรบกวนโดยปลานิลด้วยกันเอง เมื่อถุงอาหารยุบลงลูกปลานิลจะเริ่มกินอาหารจำพวกพืชและไรน้ำขนาดเล็ก และหลังจาก 3 สัปดาห์แล้วลูกปลาก็จะกระจายแตกฝูงไปหากินเลี้ยงตัวเองได้โดยลำพัง (กองส่งเสริมการประมง, 2544)

มานพ และคณะ (2536) ได้ทำการแยกระยะไข่ปลาชนิดที่ตามวิธีการของ Little (1989) แบ่งออกเป็น 5 ระยะด้วยกันคือ

ระยะที่ 1 (Un eyed) เป็นระยะที่ไข่ไม่มีการพัฒนาใด ๆ ให้เห็น ไข่มีสีเหลืองอ่อนตลอดทั้งฟอง

ระยะที่ 2 (Eyed) เป็นระยะที่ไข่ไม่มีการพัฒนาจนสังเกตเห็นบริเวณของตาเป็นจุดดำ 2 จุดชัดเจน สีของไข่เป็นสีเหลืองเข้มขึ้น

ระยะที่ 3 (Pre – hatch) เป็นระยะที่ไข่ไม่มีการพัฒนาจนสังเกตเห็นส่วนตา และ ส่วนหางอย่างชัดเจน สีของไข่เป็นสีน้ำตาล

ระยะที่ 4 (Hatch fry หรือ Yolk sac fry) เป็นระยะที่ไข่ฟักออกเป็นตัวแล้ว แต่ yolk ยังไม่ยุบ

ระยะที่ 5 (Swim-up fry) เป็นระยะที่ yolk ของลูกปลายุบแล้ว และ ลูกปลาสามารถว่ายน้ำได้

2. การควบคุมระบบสืบพันธุ์ของปลา

อุทัยรัตน์ (2538) กล่าวว่าการทำงานร่วมกันระหว่างระบบประสาทกับระบบต่อมไร้ท่อ มีหน้าที่ควบคุมการทำงานของระบบสืบพันธุ์ของปลา และสัตว์มีกระดูกสันหลังอื่น ๆ เมื่อสิ่งแวดล้อมเปลี่ยนแปลงไปในทางที่เหมาะสมต่อการสืบพันธุ์ เช่น อุณหภูมิสูงขึ้น หรือน้ำมีคุณสมบัติทางเคมี และกายภาพเหมาะสมและอื่นๆ ระบบประสาท โดยอวัยวะรับสัมผัส (sensory organ) จะรับรู้การเปลี่ยนแปลงที่เกิดขึ้น และส่งสัญญาณไปยังสมอง สัญญาณเหล่านี้จะถูกส่งต่อไปยังสมองส่วน (hypothalamus) ซึ่งจะตอบสนองโดยสร้าง (releasing hormone) แล้วปล่อยไปกระตุ้นการทำงานของต่อมไร้ท่อ (pituitary gland หรือ hypophysis) ต่อมไร้ท่อจะสร้างฮอร์โมน gonadotropin ซึ่งจะถูกละลายตามกระแสเลือดไปออกฤทธิ์ยังรังไข่หรืออัณฑะ ฮอร์โมนนี้กระตุ้นให้รังไข่หรืออัณฑะสร้างฮอร์โมนเพศ ซึ่งนอกจากจะควบคุมการสร้างเซลล์สืบพันธุ์แล้วฮอร์โมนเพศยังมีบทบาทควบคุมการแสดงออกของลักษณะภายนอก ตลอดจนพฤติกรรมในการสืบพันธุ์อีกด้วย

Gonadotropin hormone

ต่อมใต้สมองมีหน้าที่ ในการควบคุมการทำงานของระบบสืบพันธุ์โดยตรง โดยการสร้างฮอร์โมนซึ่งออกฤทธิ์โดยตรงต่ออวัยวะสืบพันธุ์ (gonad) ฮอร์โมนนี้จึงได้ชื่อว่า gonadotropin ซึ่งเป็น glycoprotein hormone ที่ต่อมใต้สมองสร้างขึ้นและปล่อยออกสู่กระแสเลือด ไปควบคุมการทำงานของรังไข่หรืออัณฑะ มีผลกระตุ้นให้เกิดการสร้าง steroids เมื่อก่อนเข้าใจกันว่า gonadotropin ของปลาประกอบไปด้วยฮอร์โมน 2 ชนิด เหมือนสัตว์เลี้ยงลูกด้วยนม คือ ฮอร์โมนกระตุ้นการตกไข่ที่เรียกว่า Luteinizing Hormone (LH) และฮอร์โมนกระตุ้น follicle ที่เรียกว่า Follicle Stimulating Hormone (FSH) แต่จากการศึกษาในประเด็นต่าง ๆ ทั้งคุณสมบัติทางเคมี กายภาพและชีววิทยา พอสรุปได้ว่า gonadotropin ของปลาประกอบด้วยฮอร์โมน 2 ชนิด คือ maturational hormone และ vitellogenic hormone

maturational hormone มีความคล้ายคลึงกับ LH ของสัตว์เลี้ยงลูกด้วยนม เพราะมีคุณสมบัติในการกระตุ้นการสุกของไข่ และ การสร้าง steroid เช่นเดียวกัน แต่ vitellogenic hormone มีคุณสมบัติแตกต่างจาก FSH ของสัตว์เลี้ยงลูกด้วยนมอย่างชัดเจน จากการที่ gonadotropin ของสัตว์เลี้ยงลูกด้วยนมไม่สามารถกระตุ้นการสร้างและสะสมโยล์คในปลาได้จึงควรที่จะใช้ชื่อฮอร์โมนทั้งสองว่า maturational hormone และ vitellogenic hormone (อุทัยรัตน์, 2538)

การควบคุมการสร้างและสะสมโยล์คโดย gonadotropin

โดยทั่วไปเมื่อน้ำ gonadotropin แก่ปลาจะมีผลกระตุ้นการเจริญขั้นสุดท้ายและการตกไข่เท่านั้น ต่อมาได้ทำการศึกษารายละเอียด พบว่า maturational hormone ในปริมาณน้อย มีผลกระตุ้นรังไข่ให้สร้าง oestrogen ไปกระตุ้นการสร้างสาร vitellogenin ในตับ แต่ในการรับ vitellogenin เข้าสู่ oocyte นั้นพบว่าอยู่ภายใต้การควบคุมของ vitellogenic gonadotropin

การควบคุมการเจริญขั้นสุดท้ายและการตกไข่โดย gonadotropin

อุทัยรัตน์ (2538) กล่าวว่าการศึกษาของนักวิทยาศาสตร์หลายท่านพอสรุปได้ว่า การกระตุ้นการเจริญขั้นสุดท้ายของไข่ถูกควบคุมโดย maturational gonadotropin โดย gonadotropin จะกระตุ้นให้ follicle สร้าง steroid ที่ควบคุมการสุกของไข่ (maturational steroids) ซึ่งพบว่าเป็น

17 α , 20 β - dihydroxy-4-pregnen-3-one ซึ่งพิสูจน์แล้วในปลาเทราท์ ปลาไน ปลาชัลมอน และกลุ่มปลาตาเดียว ทำให้ไข่เจริญในขั้นสุดท้าย ส่วนการตกไข่จะเกิดหรือไม่ขึ้นกับระดับฮอร์โมนควบคุมการตกไข่ (ovulatory hormone) ซึ่งอาจเป็น prostaglandins โดย prostaglandins นี้อาจถูกควบคุมโดย gonadotropin ในปลาจืด (*Heteropneustes fossilis*) และปลา Yellow perch (*Perca flavescens*) การกระตุ้นของ maturational gonadotropin จะผ่านทาง interrenal ซึ่งจะเป็นเนื้อเยื่อที่กระจายอยู่ในไต โดยกระตุ้นให้ interrenal สร้าง steroids ควบคุมการสุกของไข่ให้ไข่เจริญถึงขั้นสุดท้ายในที่สุด

ความสัมพันธ์ของต่อมใต้สมอง และ hypothalamus กับการสร้าง gonadotropin

อุทัยรัตน์ (2538) กล่าวว่าระบบประสาทเป็นระบบที่รับรู้สิ่งกระตุ้นเตือนจากสิ่งแวดล้อมและส่งสัญญาณไปยังสมอง สัญญาณในช่วงนี้เป็นสัญญาณในระบบประสาทเมื่อถูกส่งมาถึง hypothalamus ซึ่งเป็นส่วนใต้สุดของสมองส่วน diencephalon และติดต่อกับต่อมใต้สมอง hypothalamus จะทำหน้าที่แปลสัญญาณจากระบบประสาทแล้วตอบสนองออกมาเป็นสัญญาณในระบบต่อมไร้ท่อซึ่งก็คือฮอร์โมนนั่นเอง ฮอร์โมนที่ควบคุมการสืบพันธุ์ที่สร้างในสมองส่วน hypothalamus มี 2 ชนิด ด้วยกันคือ

1. Gonadotropin releasing hormone (GnRH)

อุทัยรัตน์ (2538) กล่าวว่า gonadotropin releasing hormone นี้ถูกสร้างโดยเซลล์ที่เรียกว่า nucleus lateralis tuberis ที่เรียกย่อว่า NLT ซึ่งเป็นเซลล์ประสาทอยู่ในสมองส่วน hypothalamus โดยที่เซลล์ NLT นี้จะยื่นเส้นประสาท (axon) ไปสู่ต่อมใต้สมองในส่วนของ proximal pars distalis ปลายของเส้นประสาทนี้จะไปสิ้นสุดที่ gonadotrops ซึ่งเป็นเซลล์สร้างฮอร์โมน gonadotropin เมื่อ NLT ถูกกระตุ้นโดยสัญญาณประสาทจะสร้าง GnRH แล้วปล่อย GnRH นี้ที่ปลายเส้นประสาทไปกระตุ้น gonadotrops ให้สร้างโกนาโดโทรปิน จากการศึกษาของ Sherwood *et al.* (1982; 1983) พบว่า GnRH ซึ่งสกัดจากปลา Pacific salmon ประกอบด้วยกรดอะมิโน 10 ตัว เรียงต่อกัน (decapeptide) ซึ่งเป็นลักษณะที่คล้ายกับ Luteinizing Hormone Releasing Hormone (LHRH) ที่พบในสัตว์เลี้ยงลูกด้วยนม นักวิทยาศาสตร์พบว่า GnRH ของปลากระดูกแข็ง ปลากระดูกอ่อน สัตว์เลื้อยคลานและนก มีความคล้ายคลึงกันมาก ส่วนสัตว์ครึ่งบกครึ่งน้ำจะมี GnRH คล้ายคลึงกับสัตว์เลี้ยงลูกด้วยนมมากกว่า (Peter, 1983)

2. Gonadotropin releasing-inhibitory factor (GRIF)

อุทัยรัตน์ (2538) กล่าวว่านักวิทยาศาสตร์ได้สันนิษฐานว่าใน hypothalamus ของปลาทองทั้งเพศผู้และเพศเมียมีสารชนิดหนึ่งซึ่งมีฤทธิ์ยับยั้งการปล่อยฮอร์โมน gonadotropin ของต่อมใต้สมอง เรียกสารนี้ว่า gonadotropin releasing-inhibitory factor (GRIF) หากทดลองทำลาย preoptic region ใน hypothalamus ซึ่งคาดว่าสร้างสาร GRIF จะทำให้ระดับของ gonadotropin ในเลือดของปลาทองเพิ่มขึ้นอย่างรวดเร็ว ในปี ค.ศ.1983 นักวิทยาศาสตร์หลายท่านพบว่าสาร dopamin มีฤทธิ์เหมือน GRIF ที่พบในปลาทองและปลาเทราท์ (Peter, 1983) ต่อมาได้มีการทดลองฉีดสาร pimozide ซึ่งสามารถยับยั้งฤทธิ์ของ dopamin ในปลาหลายชนิด พบว่ามีผลทำให้ปลาเหล่านั้นตอบสนองต่อฮอร์โมนที่ฉีดดีขึ้นมาก ผลการทดลองเหล่านี้เป็นการสนับสนุนข้อสันนิษฐานดังกล่าว

การสร้าง steroids ของรังไข่และอวัยวะโดย gonadotropin

อุทัยรัตน์ (2538) กล่าวว่าการสร้าง steroids นี้เป็นผลมาจากการกระตุ้นของฮอร์โมน gonadotropin จากต่อมใต้สมอง การสร้าง steroids ในรังไข่ และอวัยวะแตกต่างกันทั้งในแง่ของชนิดของเซลล์ที่ทำหน้าที่สร้างฮอร์โมนและชนิดของ steroids ที่สร้างขึ้น

1. การสร้าง steroids ในรังไข่

การสร้าง steroids ภายในรังไข่เกิดขึ้นที่ชั้นของ follicle โดยการทำงานร่วมกันของ special theca cell และ granulosa steroids ที่สำคัญได้แก่ 17β - estradiol และ maturational steroid ในระยะที่ oocytes กำลังอยู่ในระยะการสะสมโกลด์ follicle ระยะนี้จะสร้าง 17β - estradiol เพื่อกระตุ้นให้ตัวสร้างสาร vitellogenin ซึ่ง oocytes จะรับสารดังกล่าวเข้าสู่เซลล์เพื่อเปลี่ยนเป็น yolk protein ต่อไป การสร้าง 17β - estradiol เริ่มเกิดที่ theca cell โดย theca จะเปลี่ยนสารตั้งต้นซึ่งก็คือ cholesterol ไปเป็น pregnenolone และ testosterone ตามลำดับ จากนั้น testosterone จะถูกส่งไปยัง granulosa แล้วถูกเปลี่ยนเป็น 17β - estradiol ในที่สุด ปฏิกริยาเหล่านี้คาดว่าจะอยู่ภายใต้การควบคุมของฮอร์โมน gonadotropin

ในระยะเวลาของการเกิดการเจริญสูงสุดท้าย (final maturation) ในระยะนี้ follicle จะสร้าง maturational steroid เพื่อกระตุ้นการเจริญสูงสุดท้ายของไข่ จากการศึกษาในปลา Amago salmon พบว่า steroid ชนิดดังกล่าวคือ $17\alpha, 20\beta$ -dihydroxy-4-pregnen-3-one ($17\alpha, 20\beta$ DHP) ซึ่งจะเริ่มสร้างที่ชั้น theca โดยมีสารตั้งต้นเป็น cholesterol เช่นเดียวกัน cholesterol จะถูกเปลี่ยนเป็น pregnenolone และ 17β -hydroxyprogesterone ตามลำดับ จากนั้น 17β -hydroxyprogesterone จะถูกส่งไปยัง granulosa แล้วถูกเปลี่ยนเป็น $17\alpha, 20\beta$ -dihydroxy-4-pregnen-3-one ซึ่งจะกระตุ้น oocytes ให้เกิดการเจริญสูงสุดท้ายต่อไป

ส่วนการตกไข่จะเกิดขึ้นหรือไม่ขึ้นอยู่กับระดับฮอร์โมนควบคุมการตกไข่ (ovulatory hormone) ซึ่งอาจเป็น โพรสตาแกลนดิน (prostaglandins) โดยการสร้างโพรสตาแกลนดินนี้ถูกควบคุมโดย gonadotropin ภายหลังการตกไข่ (ovulation) ฟอลลิเคิลที่ว่างเปล่ายังมีการสร้าง steroids ไปอีกระยะหนึ่ง โดย theca cell ชนิดพิเศษ จะสร้าง progesterone และ testosterone steroids เล็กน้อยทำให้เกิดความคิดว่า steroids เหล่านี้ อาจมีส่วนรักษาสภาพของไข่ หรืออาจมีอิทธิพลต่อการวางไข่

นอกจากฮอร์โมนเพศเมีย และฮอร์โมนกลุ่ม progesterone แล้วภายในรังไข่ปลาบางชนิด เช่น rainbow trout ยังพบการสร้าง corticosteroids นอกจากนี้แล้วก็ยังพบการสร้างฮอร์โมนเพศผู้ (androgens) ซึ่งพบว่าฮอร์โมนเพศผู้บางชนิด เช่น androstenedione และ testosterone เป็นสารเริ่มต้นของฮอร์โมนเพศเมียด้วย

2. การสร้าง steroids ในอวัยวะ

อุทซ์ธัน (2538) กล่าวว่าในอวัยวะมีเซลล์ที่มีหน้าที่สังเคราะห์ steroids ได้แก่ interstitial หรือ Leydig cell พบเซลล์ชนิดนี้กระจายอยู่เดี่ยว ๆ หรืออยู่เป็นกลุ่มแทรกอยู่ระหว่าง seminiferous tubule ภายในอวัยวะพบการสร้างฮอร์โมนหลายชนิด ได้แก่ ฮอร์โมนเพศผู้ (androgens) ในปลากระดูกแข็งส่วนใหญ่ฮอร์โมนเพศผู้ที่สร้างขึ้น คือ 11-ketotestosterone ส่วน testosterone อาจเป็นฮอร์โมนเพศผู้ที่ออกฤทธิ์ได้ในปลาบางชนิดเท่านั้นส่วนในปลาชนิดอื่น ๆ นอกจากนั้น testosterone คงจะเป็นสารเริ่มของ 11-testosterone หรืออาจทำหน้าที่ในระยะต้นของการเจริญสูงสุดท้ายของอวัยวะ ส่วนฮอร์โมนชนิดอื่น ๆ เช่น androstenedione ที่พบในอวัยวะเป็นฮอร์โมนที่อยู่ระหว่างการสร้าง 11-ketotestosterone ดังกล่าว

ในอวัยวะมีการสร้างฮอร์โมนเพศเมียและ progestin บ้างเล็กน้อย และคาดว่าฮอร์โมนทั้งสองกลุ่มนี้คงจะมีหน้าที่อย่างใดอย่างหนึ่ง เช่นมีส่วนร่วมในการสังเคราะห์ฮอร์โมนเพศผู้ หรือกระตุ้นการเพิ่มจำนวนโดยการแบ่งตัวแบบไมโทซิสของเซลล์สืบพันธุ์ นอกจากนั้นแล้วอวัยวะยังสร้างฮอร์โมนชนิดอื่น ๆ อีก ซึ่งพบว่าฮอร์โมนเหล่านั้น บางตัวมีคุณสมบัติเป็น pheromones ซึ่งสามารถกระตุ้นการวางไข่ของปลาเพศเมีย

หน้าที่ของ steroids

1. หน้าที่ในการกำหนดเพศ (sexual differentiation) และพฤติกรรมในการสืบพันธุ์
ฮอร์โมนเพศเมียและโปรเจสติน จะเหนี่ยวนำทำให้ปลาเป็นเพศเมีย ในขณะที่ฮอร์โมนเพศผู้ทำให้ปลาเป็นเพศผู้และแสดงพฤติกรรมการสืบพันธุ์ดังนี้

ปลาเพศเมีย การพัฒนาของลักษณะภายนอกของปลาเพศเมียถูกควบคุมโดยฮอร์โมนเพศเมีย แต่ไม่ทราบแน่ชัดว่าเป็นฮอร์โมนชนิดใด ส่วนพฤติกรรมการสืบพันธุ์นั้นมีการควบคุม 2 แบบ คือ ในปลาที่ผสมพันธุ์ภายนอกโดยการวางไข่ พฤติกรรมดังกล่าวถูกควบคุมโดย prostaglandins ซึ่งไม่ใช่ steroid โดยไข่ที่หลุดจาก follicle ไปรวมกันในรังไข่หรือช่องท้องจะกระตุ้นให้มีการสร้าง prostaglandins เพิ่มขึ้น ส่วนในปลาที่มีการผสมพันธุ์ภายในพบว่า ฮอร์โมนเพศผู้มีหน้าที่กระตุ้นพฤติกรรมการสืบพันธุ์

ปลาเพศผู้ การพัฒนาของลักษณะภายนอกถูกควบคุมโดยฮอร์โมนเพศผู้ เช่น สีที่สดระหว่างฤดูสืบพันธุ์ ปุ่มสากตามกระพุ้งแก้ม การยืดยาวของครีบบางครีบ ตลอดจนการสร้างเมือกจากไตของปลาบางชนิด เช่น ปลา sticklebacks เพื่อใช้ในการสร้างรัง ส่วนการสร้างเมือกเพื่อเลี้ยงลูกในปลาปอมปาดัวร์ และการสร้างเมือกเพื่อก่อกอหวอดในปลากลุ่มปลากระดี่ พบว่าเกิดจากการกระตุ้นของฮอร์โมน prolactin นอกจากนี้พฤติกรรมในการสืบพันธุ์ของปลาเพศผู้ เช่น การป้องกันอาณาเขต การสร้างรัง การผสมพันธุ์ และการดูแลตัวอ่อน ถูกควบคุมโดยฮอร์โมนเพศผู้ ซึ่งเกิดจากฮอร์โมน gonadotropin กระตุ้นให้มีการสร้างฮอร์โมนเพศผู้ในอวัยวะจนมีปริมาณสูงถึงระดับหนึ่ง ก็จะมีผลให้ปลาแสดงพฤติกรรมดังกล่าว

2. หน้าที่ของ steroids ในการเจริญของรังไข่ ในรังไข่ปลาที่ยังไม่ถึงสภาวะการเจริญพันธุ์ (immature) พบว่าการทดลองฉีด 17β -estradiol ในปลาบางชนิดที่ยังไม่เจริญพันธุ์จะไปกระตุ้นให้เซลล์สร้าง gonadotropin พัฒนาขึ้น ในปลาบางชนิดพบว่าปริมาณ gonadotropin ในต่อมใต้สมองเพิ่มขึ้นหลังจากฉีด steroid ให้แก่ปลา

ในรังไข่ของปลาโตเต็มวัย (adult) พบว่า steroids ที่อาจมีอิทธิพลต่อการเจริญในระยะนี้คือ สอโรโมนเพศเมีย โดยในปลาบางชนิดพบว่า estradiol สามารถกระตุ้นให้ oögonia เพิ่มจำนวนขึ้น นอกจากนี้รังไข่ในระยะที่มีการสร้างและสะสมโวลล์ (vitellogenesis) นั้นพบว่าอยู่ภายใต้การควบคุมของสอโรโมนเพศโดยการสร้าง yolk vesicle ภายใน oocyte นั้น ถูกกระตุ้นโดย estradiol estrone หรือ estriol ส่วนระยะการรับ yolk granule จากภายนอกนั้น 17β -estradiol มีบทบาทในการกระตุ้นตัวให้สร้างรับไวเทลโลเจนิน ซึ่งสารนี้จะถูกปล่อยสู่กระแสเลือด และ oocyte รับไวเทลโลเจนินนี้แล้วเปลี่ยนให้เป็นโปรตีนภายในโอโอไซท์ แต่พบว่าการรับ vitellogenin จากกระแสเลือดนี้อยู่ภายใต้การควบคุมของ gonadotropin (Fostier *et al.*, 1983) เมื่อการสะสมโวลล์สิ้นสุดลงระดับของ estradiol ในเลือดจะลดลงทันที นอกจากนี้ยังพบว่าขณะที่รังไข่มีการเจริญนั้นระดับสอโรโมนเพศผู้ในเลือดของปลาเพศเมียบางชนิดขึ้นสูงสุดในระยะสุดท้ายของการสะสมโวลล์ บางชนิดก็พบสูงก่อนการตกไข่ เป็นเพราะว่าสอโรโมนเพศผู้ นั้น ๆ เป็นสารเริ่มต้นของสอโรโมนเพศเมีย

รังไข่ที่มีการเจริญสูงสุดท้ายของไข่ การเจริญสูงสุดท้ายของไข่มีการควบคุม 2 แบบแบบแรกก็คือ การควบคุมโดย gonadotropin มีผลทางตรงต่อรังไข่ โดย gonadotropin กระตุ้นให้ follicle สร้าง maturational steroid นี้จะไปออกฤทธิ์โดยตรงต่อโอโอไซท์ทำให้เกิดการเจริญสูงสุดท้าย ในปลาบางชนิด เช่นปลาจืด การควบคุมดังกล่าวเป็นไปโดย gonadotropin กระตุ้น interrenal ให้สร้าง corticosteroid และสอโรโมนนี้ไปออกฤทธิ์กระตุ้นการเจริญสูงสุดท้ายของ oocyte

รังไข่ในระยะที่มีการตกไข่ การตกไข่ไม่อยู่ใต้อิทธิพลของ steroid แต่จะถูกกระตุ้นโดย prostaglandins ซึ่งอาจสร้างจากรังไข่เช่นเดียวกัน (Goetz, 1983) จะพบว่าการฉีด 17α - 20β -DHP ซึ่งเป็น steroid กระตุ้นการเจริญสูงสุดท้ายของไข่จะทำให้เกิดการตกไข่ได้ก็ต่อเมื่อ oocyte อยู่ในระยะที่มีการเคลื่อนที่ของ นิวเคลียสไปยังขอบเซลล์แล้ว ซึ่งในขณะนั้น gonadotropin ในเลือดปลา

มีระดับสูง และหมายความว่ามีการสร้างและสะสม prostaglandins ในปริมาณที่สมควรแล้ว หาก ระดับ gonadotropin ในเลือดไม่สูงพอ 17α - 20β -DHP จะไม่สามารถกระตุ้นการตกไข่ได้เลย

3. หน้าที่ของ steroid ในอวัยวะที่ยังไม่เจริญพันธุ์ คาดว่าฮอร์โมนนี้ น่าจะมีส่วนในการกระตุ้นการสร้าง gonadotropin ซึ่งจะมีผลกระตุ้นการเจริญของอวัยวะต่อไป อวัยวะในปลาโตเต็มวัย พบว่าฮอร์โมนเพศผู้มีอิทธิพลต่อการสร้างเชื้อตัวผู้โดยอาจออกฤทธิ์โดยตรงต่ออวัยวะ หรือมีผลโดยอ้อมผ่าน gonadotropin นอกจากฮอร์โมนเพศผู้แล้วยังมี steroid อื่น ๆ ที่มีอิทธิพลต่อการเจริญของเชื้อตัวผู้ เช่น ฮอร์โมนเพศเมีย progesterin และ corticosteroid เป็นต้น

Pheromones

อุทัยรัตน์ (2538) กล่าวว่า pheromones เป็นชื่อทั่วไปที่ใช้เรียกสารเคมีที่สัตว์ปล่อยออกมาในสิ่งแวดล้อมเพื่อการสื่อสารระหว่างสัตว์ด้วยกัน โดยสารที่มีคุณสมบัติใน pheromones นั้นอาจเป็นสารที่สัตว์ที่สร้างขึ้นโดยตรง หรืออาจเป็น metabolite ของสารเหล่านั้น ในปัจจุบันพบว่ามีปลาอย่างน้อย 20 ชนิด 7 ครอบครัว ที่สร้าง pheromones เพื่อการสืบพันธุ์ ที่พบในปลาแบ่งออกเป็น 2 กลุ่มใหญ่ ๆ คือ steroid และ prostaglandins (Stacey, 1991) กลุ่มที่เป็น steroid แบ่งออกได้เป็น 3 ประเภท คือ

1. Maturational steroids มีความเกี่ยวข้องกับ 17α , 20β -DHP ซึ่งเป็น steroid กระตุ้นการสุกของไข่

2. Androgenic steroids มีความเกี่ยวข้องกับ androstenidiol หรือ testosterone

3. Estrogenic steroids มีความเกี่ยวข้องกับ 17β - estradiol

ส่วนกลุ่ม prostaglandins เชื่อว่าจะเป็นสารกลุ่มที่เกี่ยวข้องกับ prostaglandin F_{2a} (PGF) ซึ่งคาดหมายว่าจะเป็นฮอร์โมนกระตุ้นพฤติกรรมทางเพศของปลาเพศเมียหลังการตกไข่ (Sorensen and Stacey, 1990)

การออกฤทธิ์ของ pheromones เหล่านี้เป็นไปได้ 2 แบบ คือ อาจกระตุ้นให้ปลาตอบสนอง โดยเกิดการเปลี่ยนแปลงทางสรีระวิทยาอย่างช้า ๆ เรียกว่า primer effects หรืออาจทำให้เกิดการตอบสนอง โดยการเปลี่ยนพฤติกรรมในเวลาอันสั้น เรียกว่า releaser effects

ตัวอย่างเช่น pheromones ในปลาบู่ดำ (*Gobius joso*) ซึ่งพบว่าในอวัยวะของปลาเพศผู้จะมีการสร้าง etiocholanolone glucuronide (EG) ซึ่งจะดึงดูดปลาเพศเมียเข้ามาหา (Colombo *et al.*, 1982)

ในปลา *Cottocomephorus grewingki* เพศผู้สร้าง pheromones ซึ่งจะกระตุ้นทั้งการตกไข่ และพฤติกรรมในการสืบพันธุ์ของปลาเพศเมีย (Dmitrieva and Ostroumov, 1986)

ในปลาม้าลาย (*Brachydanio rerio*) พบว่ามีการสร้าง pheromones ทั้งในเพศผู้และเพศเมีย โดย pheromones ของเพศผู้จะกระตุ้นการตกไข่ (Van den Hurk *et al.*, 1987) ขณะที่ steroid glucuronids ที่สร้างจากรังไข่ก่อนการตกไข่จะดึงดูดความสนใจของปลาเพศผู้ (Van den Hurk and Lambert, 1983)

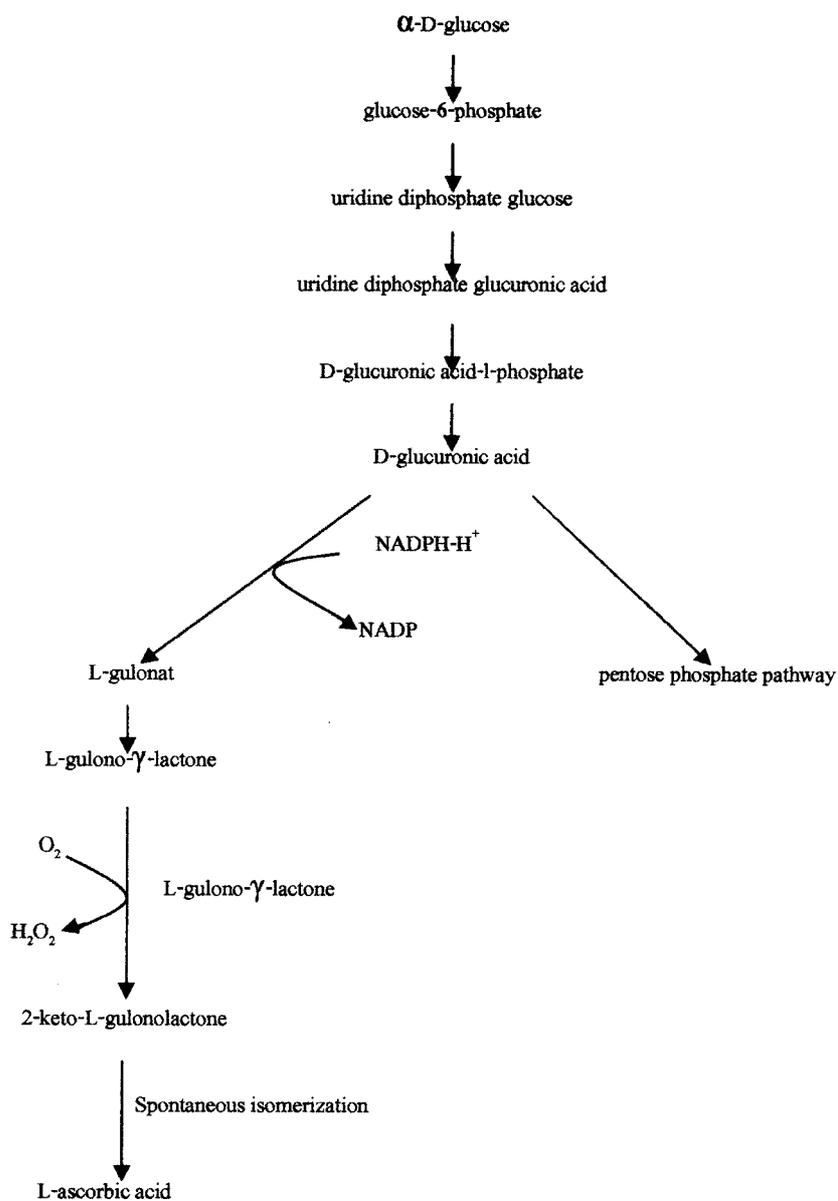
ในปลาทอง พบว่าปลาเพศเมียจะสร้าง pheromones 2 ชนิด โดยก่อนการตกไข่จะสร้างฮอร์โมนซึ่งคาดว่าเป็น $17\alpha, 20\beta$ - DHP ซึ่งเมื่อปล่อยออกมาในน้ำจะกระตุ้นให้ gonadotropin ในเลือดของปลาเพศผู้มีระดับสูงขึ้น ปลา ก็จะสร้างน้ำเชื้อเพิ่มขึ้น ส่วนภายหลังการตกไข่ prostaglandins และ metabolite ของมันจะกระตุ้นให้ปลาเพศผู้แสดงพฤติกรรมเกี่ยวพาราตี (Sorensen and Stacey, 1990)

ในปลาคุยกัยเพศผู้พบว่าการสร้าง pheromones ที่ส่วน seminal vesicle สามารถกระตุ้นการสร้างไข่ในปลาเพศเมียได้ (Resink *et al.*, 1989; Van Weerd *et al.*, 1990)

3. วิตามินซี

สิริพันธุ์ (2547) กล่าวว่าวิตามินซีเป็นวิตามินที่ป้องกันและรักษาโรคลักปิดลักเปิด (scurvy) ซึ่งเป็นที่รู้จักกันมาแต่โบราณ พืชและสัตว์ต่าง ๆ สามารถสังเคราะห์วิตามินซีได้จากกลูโคส และ โมโนแซคคาไรด์อื่น ๆ ยกเว้นสัตว์ที่มีกระดูกสันหลัง เช่น คน ลิง หนูตะเภา นก และ ปลา เนื่องจาก ขาดน้ำย่อยที่ช่วยในการสร้างวิตามินซี ดังนั้นคนและสัตว์เหล่านี้จึงต้องได้รับวิตามินซีจากอาหาร

ในปี ค.ศ. 1744 Dr. James Lind ได้ทดลองรักษาโรคลักปิดลักเปิด (scurvy) กับลูกเรือ จำนวน 6 ใน 12 คน พบว่าส้มและมะนาวรักษาโรคนี้นี้ได้ ต่อมาในปี ค.ศ. 1932 Dr. King สามารถ แยกสารชนิดหนึ่งจากน้ำมะนาว ซึ่งสามารถป้องกันและรักษาโรคลักปิดลักเปิดได้ จึงได้ตั้งชื่อสารนี้ ว่า ascorbic acid ซึ่งเป็นคำย่อมาจาก antiscorbic factor (สิริพันธุ์, 2547) ต่อมาในปี 1933 Reichstien สามารถสังเคราะห์ L-dehydroascorbic acid ได้ ขั้นตอนการสังเคราะห์ ascorbic acid ดัง ภาพที่ 1



ภาพที่ 1 การสังเคราะห์กรดแอสคอร์บิก

ที่มา: Basu and Dickerson (1996)

โครงสร้างและคุณสมบัติของวิตามินซี

วีรพงศ์ (2536) กล่าวว่าวิตามินซีมีสูตรโมเลกุล $C_6H_8O_6$ น้ำหนักโมเลกุล 176.3 ดาลตัน (Dalton) จุดหลอมเหลว 192 องศาเซลเซียส วิตามินซีเป็นผลึกสีขาว มีรสเปรี้ยว ไม่มีกลิ่น เมื่ออยู่ใน

สภาพแห้ง มีความคงทนพอสมควร ถ้าถูกแสงจะค่อย ๆ เปลี่ยนเป็นสีดำ ละลายในน้ำและ แอลกอฮอล์ได้ง่าย แต่ไม่ละลายในตัวทำละลายอื่น ๆ เช่น lipid, ether, chloroform, benzene, petroleum ether และน้ำมัน มีความคงตัวในสารละลายที่เป็นกรด แต่จะไม่คงตัวในสารละลายที่เป็นด่าง และความร้อน เนื่องจากวิตามินซีมีสูตรโครงสร้างง่าย ๆ จึงเกิดการเปลี่ยนแปลงทางเคมีได้ไม่ยากโดยจะถูกออกซิไดซ์จากสภาวะแวดล้อมหลายอย่าง เช่น อุณหภูมิ และออกซิเจน ความเป็นกรดเป็นด่าง (pH) ออออนของเหล็ก ทองแดง หรือ โลหะต่าง ๆ วิตามินซีจะถูกออกซิไดซ์ได้ง่าย แม้โดยออกซิเจนในอากาศ เมื่อถูกออกซิไดซ์แล้วจะเปลี่ยนไปเป็นกรด dehydroascorbic ซึ่งจะถูกละลาย hydrolysed ต่อไปในภาวะที่เป็นกลางหรือเป็นด่างได้กรด 2, 3-dioxo-L-gulonic ซึ่งจะหมดสภาพจากการเป็นวิตามินซี สัตว์น้ำไม่สามารถนำไปใช้ประโยชน์ได้อีกต่อไป

วิตามินซีในอาหารสัตว์น้ำ

สโรชา (2540) กล่าวว่าสัตว์น้ำไม่สามารถสังเคราะห์วิตามินซีได้เอง เนื่องจากสัตว์น้ำส่วนใหญ่ไม่มีเอนไซม์ L-gulonolactone oxidase (GLO) ที่ใช้ในการเปลี่ยน L-gulonolactone (อนุพันธ์ของน้ำตาลกลูโคสที่มีอยู่ในอาหาร) ให้เป็น 2- keto - L- gulonate ซึ่งจะถูกละลายไปเป็น L-ascorbic acid โดยขบวนการ spontaneous isomerization (Yamamoto *et al.*, 1978) ดังนั้นสัตว์น้ำจึงจำเป็นต้องได้รับวิตามินซีเสริมจากอาหารที่บริโภคเข้าไป

Halver *et al.* (1975) พบว่าวิตามินซีในรูป L- Ascorbic acid สูญเสียได้ง่ายในกระบวนการผลิตอาหาร และในการเก็บรักษาอาหารผสมวิตามินซี โดยจะสูญเสียไปในกระบวนการผลิตอาหารถึง 40 เปอร์เซ็นต์ และหลังจากเก็บไว้ที่อุณหภูมิห้อง 6 สัปดาห์ เหลือวิตามินซีในอาหารเพียง 35 เปอร์เซ็นต์ แต่ถ้าเก็บไว้ในสภาพที่ถูกออกซิไดซ์ได้ง่ายจะเหลือเพียง 10 เปอร์เซ็นต์เท่านั้น (Steffens, 1989) Gadiant and Schai (1994) รายงานว่าวิตามินซีสามารถละลายน้ำได้ดีมีผลให้ละลายออกจากอาหารสัตว์น้ำในระหว่างการให้อาหารได้มาก โดยเฉพาะอย่างยิ่งในอาหารปลาชนิดลอยที่มีความพรุนและมีพื้นที่ผิวมาก อาหารปลาที่แช่อยู่ในน้ำเป็นระยะเวลา 2 ชั่วโมงจะเหลือวิตามินซีเหลืออยู่เพียง 20 เปอร์เซ็นต์ และในชนิดจมจะเหลือ 34 เปอร์เซ็นต์

Akiyama *et al.* (1991) กล่าวว่าจากความไม่คงสภาพของวิตามินซีดังที่ได้กล่าวมาแล้ว จึงได้มีการประยุกต์ใช้วิตามินซีในรูปแบบต่าง ๆ เพื่อป้องกันการสูญเสียสภาพ เช่น วิตามินซีเคลือบ (coated vitamin C) ซึ่งจะเคลือบด้วย ethyl cellulose, silicone, gelatin, glyceride และ fat เป็นต้น

เพื่อให้ได้วิตามินซีในรูปที่คงสภาพมากขึ้นและเหมาะสมที่จะใช้ในกระบวนการผลิตอาหาร วิตามินซีเคลือบที่มีใช้ในอาหารสัตว์น้ำ ได้แก่ วิตามินซีเคลือบไขมันและวิตามินซีเคลือบซิลิโคน อย่างไรก็ตามวิตามินซีที่เคลือบก็ยังคงถูกทำลายได้ง่ายภายใต้กระบวนการอัดเม็ด และกระบวนการผลิต ที่มีความชื้น และใช้อุณหภูมิสูง โดยไขมันที่เคลือบจะเริ่มละลายที่อุณหภูมิประมาณ 65 องศาเซลเซียส ดังนั้นจึงได้มีการพัฒนารูปแบบของวิตามินซีเป็นวิตามินซีอนุพันธ์ (vitamin C derivative) โดยการนำสารหรือแร่ธาตุบางชนิดที่เหมาะสมมาทำปฏิกิริยากับคาร์บอนอะตอมที่ 2 ในโครงสร้างของวิตามินซี เพื่อให้ได้วิตามินซีในรูปที่มีความคงสภาพมากขึ้นและเหมาะสมที่จะใช้ในกระบวนการผลิตอาหารสัตว์น้ำ (Halver *et al.*, 1975; Brand *et al.*, 1985) ได้แก่

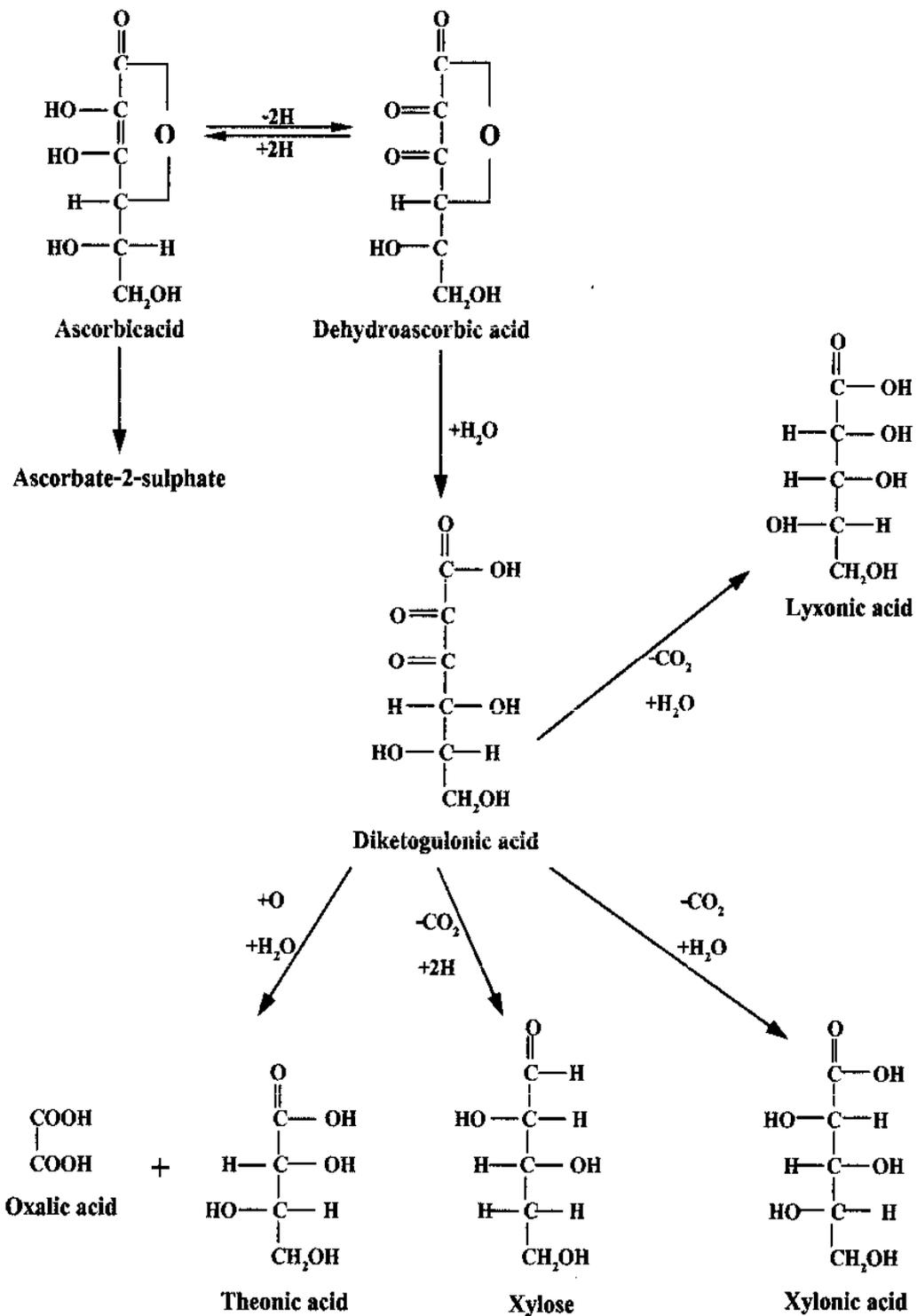
Vitamin C phosphate ซึ่งเป็นอนุพันธ์ของวิตามินซีฟอร์มหนึ่งที่ค่อนข้างเสถียรเพราะ phosphate group จะจับคาร์บอนตรงตำแหน่งที่ 2 โดยการเกิดปฏิกิริยา esterification ทำให้ไม่ถูกออกซิไดส์ได้ง่ายเช่น L-ascorbyl-2-monophosphate magnesium และ L-ascorbyl-2-polyphosphate (Mustin and Lovell, 1992)

Vitamin C sulfate โดยหมู่ซัลเฟตจะแทนที่หมู่ hydroxyl ที่มีคาร์บอนอะตอมตำแหน่งที่ 2 โดยกระบวนการ esterification เช่นเดียวกัน เช่น disodium-L-ascorbyl-2-sulfate dehydrate และ ascorbyl dipotassium-2-sulfate dihydrate ซึ่งปลา rainbow trout สามารถ hydrolyze ได้ด้วยเอนไซม์ L-ascrobic acid-2-sulfate sulfohydrolase (Benitez and Halver, 1982)

พรศักดิ์ (2543) รายงานว่าจากการศึกษาในด้านความคงสภาพของวิตามินซีในระหว่างกระบวนการผลิตอาหารสัตว์น้ำและความคงทนต่อการละลายน้ำ พบว่า L-ascorbic acid มีความคงสภาพต่ำที่สุด และวิตามินซีอนุพันธ์มีความคงทนต่อการสูญเสียสภาพมากกว่าวิตามินซีชนิดเคลือบ โดย ascorbyl-2-sulfate มีความคงทนสูงที่สุด ขณะที่ ascorbyl-2-polyphosphate และ ascorbyl-2-monophosphate มีความคงทนรองลงมาตามลำดับ (Gadient and Schai, 1994) ส่วนในกลุ่มของวิตามินซีเคลือบ พบว่า วิตามินซีเคลือบกลีเซอไรด์ และวิตามินซีเคลือบเซลลูโลสมีความคงทนในระหว่างกระบวนการผลิตที่มีความร้อนสูง ได้ดีกว่าวิตามินซีเคลือบไขมันหรือน้ำมัน แต่จากการศึกษาความคงสภาพในระหว่างการแช่น้ำพบว่า วิตามินซีเคลือบกลีเซอไรด์ และวิตามินซีเคลือบไขมันและน้ำมันจะมีความคงสภาพกว่าวิตามินซีเคลือบเซลลูโลส (Soliman *et al.*, 1978)

เมตาบอลิซึมของวิตามินซี

สมทรง (2543) กล่าวว่า การดูดซึมวิตามินซี เป็นไปได้ตั้งแต่ในปากตรงบริเวณเยื่อข้าง
 แก้ม กระเพาะอาหาร และบริเวณลำไส้ การดูดซึมภายในปากจะเป็นไปได้อย่างรวดเร็ว และมี
 ประสิทธิภาพ สิริพันธุ์ (2547) กล่าวว่า วิตามินซีเมื่อถูกดูดซึมแล้วจะถูกนำไปยังเนื้อเยื่อและน้ำใน
 ส่วนต่าง ๆ ของร่างกายทางกระแสเลือด จากการศึกษาพบว่าประมาณ 80-90 เปอร์เซ็นต์ของวิตามิน
 ที่อยู่ในอาหารจะถูกดูดซึม อาหารที่มี pectin มากจะขัดขวางการดูดซึมของวิตามินซีในร่างกาย
 วิตามินซีส่วนใหญ่ในร่างกายจะอยู่ในสภาพ ascorbic acid เนื้อเยื่อที่มีเมตาบอลิซึมสูงจะมีวิตามินซี
 มาก เช่น ต่อมหมวกไต ตา สมอง และเม็ดเลือดขาว เนื้อเยื่อที่มีวิตามินซีน้อย คือเนื้อเยื่อไขมัน
 ผิวหนัง เนื้อเยื่อเกี่ยวพันและกล้ามเนื้อ ไตทำหน้าที่ควบคุมระดับของวิตามินซีในเลือดถ้าร่างกาย
 ได้รับวิตามินซีมากจะทำให้เนื้อเยื่อต่าง ๆ มีวิตามินซีอิ่มตัว การสลายตัวของวิตามินซีในร่างกาย
 เกิดขึ้นเมื่อ ascorbic acid เปลี่ยนไปเป็น diketogulonic acid โดยขบวนการ hydrolysis และ
 oxidation ได้สารใหม่เป็น oxalic acid และ threonic acid (ภาพที่ 2) metabolites เหล่านี้จะถูกขับ
 ออกจากปัสสาวะร่วมกับ ascorbic acid ที่มากเกินไปที่ไม่มีการเปลี่ยนแปลง



ภาพที่ 2 ขั้นตอนการสลายตัวของวิตามินซี (Ascorbic acid)

ที่มา : Baus and Schorah (1982)

ความสำคัญของวิตามินซี

สมทรง (2543) กล่าวว่าวิตามินซี เป็นสารที่มีพลังรีดิวซ์สูง และมีฤทธิ์เป็น antioxidant ที่มีผลต่อ redox potential ของร่างกาย โมเลกุลของวิตามินซีเองสามารถให้อิเลคตรอนได้ 1 หรือ 2 อิเลคตรอน จึงทำให้วิตามินซีมีหน้าที่สำคัญหลายประการ คือ

1. การสังเคราะห์คอลลาเจน

สมทรง (2543) กล่าวว่า การสังเคราะห์คอลลาเจนต้องอาศัยเอนไซม์ prolyl และ lysyl hydroxylases ที่มีวิตามินซี และ Cu^{+2} เป็นโคแฟกเตอร์ เพื่อเปลี่ยน proline และ lysine ไปเป็น hydroxyproline และ hydroxylysine ตามลำดับ เพื่อให้ได้สารที่จำเป็นในการที่จะรวมกันเป็น triple-helix ที่ fibroblast ก่อนที่จะนำไปสังเคราะห์เป็น topocollagen ที่ใช้ในการสังเคราะห์คอลลาเจนต่อไป การเปลี่ยนเป็น hydroxyproline และ hydroxylysine นั้นเกิดขึ้นใน fibroblast เมื่อได้ triple-helix แล้ว fibroblast ก็จะปล่อยออกมาจากเซลล์เพื่อจะนำไปสังเคราะห์เป็นคอลลาเจนปกติต่อไป แต่ถ้าขาดวิตามินซี ก็จะไม่มีการเกิด hydroxylation ของ proline และ lysine เกิดขึ้น และไม่มีการ form triple-helix ดังนั้น fibroblast ก็จะสังเคราะห์สารที่จะใช้เป็นสารตั้งต้นสำหรับสังเคราะห์คอลลาเจนที่ผิดปกติไป กล่าวคือ มี half life สั้นกว่าปกติ ดังนั้นก็จะมีผลทำให้ basement membrane ของผิวหนัง เนื้อเยื่อเกี่ยวพัน เส้นเลือดฝอย ตลอดจนสารพื้นที่เกี่ยวข้องกับการสร้างกระดูก (bone matrix) ซึ่งประกอบด้วยคอลลาเจนเป็นส่วนใหญ่จะมีความผิดปกติไปหมด

2. การทำหน้าที่เป็น Mixed function oxygenase (MFO)

สมทรง (2543) กล่าวว่าในบรรดาสารแปลกปลอมและยารักษาโรคต่าง ๆ ประเภทละลายในไขมัน เมื่อเข้าสู่ร่างกายแล้วจะต้องเปลี่ยนแปลงไปเป็นสารที่ร่างกายต้องขับออกโดยอาศัยเอนไซม์ MFO ในการทำหน้าที่ของเอนไซม์ MFO นั้น ส่วนใหญ่พบในเซลล์ตับ และเซลล์ของอวัยวะอื่น ๆ บ้าง ปัจจัยต่าง ๆ ที่เกี่ยวข้องกับเอนไซม์ในการทำหน้าที่ hydroxylation ได้แก่ flavoprotein, cytochrom P450 (hemoprotein), molecular oxygen และวิตามินซี ดังนั้นถ้าร่างกายขาดวิตามินซีก็จะทำให้เอนไซม์ MFO ทำหน้าที่ได้ไม่ดี

นอกจากนี้การเปลี่ยนสาร phenylalanine ไปเป็น tyrosine ภายในร่างกายที่ต้องใช้เอ็นไซม์ phenylalanine hydroxylase หรือการสลาย cholesterol โดยเอ็นไซม์ cholestrol-7 α -hydroxylase ซึ่งเป็นระบบที่ต้องใช้ MFO ด้วย ในเมตาบอลิซึมของ tryptophan เปลี่ยนไปเป็น 5-hydroxytryptamine (serotonin) ยังต้องใช้วิตามินซีในการทำหน้าที่ของเอ็นไซม์ด้วย ซึ่ง serotonin เป็นสารประกอบประเภทฮอร์โมนมีหน้าที่ทำให้เกิดการหดตัวของกล้ามเนื้อเรียบเพิ่มความดันโลหิต

3. บทบาทในการดูดซึมและเมตาบอลิซึมของเหล็ก

สมทรง (2543) กล่าวว่าอาหารที่มีเหล็กเป็นส่วนประกอบที่ร่างกายได้รับในแต่ละวันมากกว่า 90 เปอร์เซ็นต์ นั้นได้มาจากพืช ซึ่งเป็น non-heme iron ที่ร่างกายดูดซึมไปใช้ได้น้อยกว่าเหล็กที่ได้จากอาหารที่มาจากสัตว์ ซึ่งเป็น heme-iron วิตามินซีเป็นสารที่ช่วยเพิ่มการดูดซึมเหล็กที่เป็น non-heme iron หรือเหล็กที่เติมลงไปในการอาหารได้อย่างมีประสิทธิภาพดียิ่งขึ้น ถือเป็น enhancer ในกระบวนการดูดซึมเหล็ก บรรดา non-heme iron ในอาหารตามปกติจะอยู่ในสภาพ Fe⁺³ (ferric) แต่การดูดซึมที่ลำไส้จะเป็นไปได้ดีเหล็กจะต้องอยู่ในสภาพ Fe⁺² (ferrous) วิตามินซีนอกจากมีบทบาทเป็น reducing agent แล้วยังมีคุณสมบัติเป็น chelating ที่จะจับกับธาตุเหล็กช่วยเพิ่มการดูดซึมให้ดีขึ้นด้วย เหล็กที่อยู่ในกระแสเลือดจะจับอยู่กับ transferrin ในสภาพของ Fe⁺³ (oxidized form) ส่วนเหล็กที่เก็บสะสมไว้ในตับจะจับกับ ferritin ในสภาพของ Fe⁺² (reduce form) วิตามินซีมีส่วนเกี่ยวข้องในการขนส่งเหล็กที่เก็บสะสมอยู่ในตับและตามอวัยวะต่าง ๆ ออกสู่กระแสเลือด ถ้าร่างกายขาดวิตามินซีจะพบว่ามีการสะสมเหล็กตามเนื้อเยื่ออวัยวะต่าง ๆ เพิ่มมากขึ้น

4. ทำหน้าที่เป็น free-radical scavenger

สมทรง (2543) กล่าวว่าเมื่อวิตามินซี ถูกออกซิไดซ์ไปเป็น dehydroascorbate และเป็น ascorbate free radical ที่เรียกว่า monodehydroascorbic acid สารตัวนี้แม้เป็น free radical แต่ไม่เป็นอันตรายต่อเซลล์เพราะจะไปทำหน้าที่ antioxidant ให้แก่ร่างกายเพื่อไปคอยทำลาย free radical ต่าง ๆ ที่เกิดจากออกซิเจนซึ่งเป็นอันตรายต่อผนังเซลล์ ปฏิกิริยาเหล่านี้จะเกิดได้ดีต่อเมื่อต้องมี reducing agent ชนิดอื่นอยู่ด้วย เช่น glutathion (GSH) และ NADH ที่จะมาคอยช่วยเปลี่ยน monodehydroascorbic acid กลับไปเป็นวิตามินซีได้ใหม่

ในบรรดาอนุมูลอิสระหรืออนุมูลออกซิเจนที่เกิดขึ้นในร่างกายจะเป็นตัวกลางให้เกิดปฏิกิริยาออกซิเดชันขึ้น ในส่วนของผนังเซลล์ตลอดจนเนื้อเยื่อของสิ่งมีชีวิต ซึ่งจะเป็นการเชื่อมโยงให้เกิดพยาธิสภาพต่าง ๆ ขึ้นในร่างกาย หรือการเกิดมะเร็ง รวมทั้งความชรา (aging) ที่ไม่สามารถหลีกเลี่ยงได้ วิตามินซีจะไปทำหน้าที่เป็น antioxidant โดยการไปหยุดยั้งบรรดาอนุมูลเสรีหรืออนุมูลออกซิเจน ที่มีความไวต่อการทำให้เกิดปฏิกิริยาออกซิเดชันขึ้นในสารอาหาร และบรรดาชีวะโมเลกุลทั้งหลายได้ วิตามินซีจะไปทำลายหรือจำกัดพวกอนุมูลอิสระต่าง ๆ ให้เบาบางลง หรือหมดไปได้ นอกจากนี้ สิริพันธ์ (2547) กล่าวว่าวิตามินซียังเป็นสารต้านออกซิเดชัน (antioxidant) ช่วยป้องกันสารอื่นไม่ให้ถูกออกซิไดซ์ เช่น วิตามิน B₁ วิตามิน B₂ กรดโฟลิก กรดแพนโททินิก วิตามินเอ และวิตามินอี

5. บทบาทในระบบภูมิคุ้มกัน

สิริพันธ์ (2547) กล่าวว่าวิตามินซี ช่วยด้านการติดเชื้อแบคทีเรีย และลดการแพ้สารต่าง ๆ ของร่างกาย ช่วยรักษาผิวของเม็ดเลือดขาวไม่ให้ถูกทำลาย จึงทำให้การเคลื่อนที่ของเม็ดเลือดขาวไปยังเชื้อโรคต่าง ๆ ได้รวดเร็ว นอกจากนี้วิตามินซียังช่วยเหลือการทำงานของน้ำย่อยขณะทำลายเชื้อโรคเหล่านั้นด้วย วิตามินซีช่วยลดการแพ้ต่าง ๆ รวมทั้ง โรคภูมิแพ้โดยยับยั้งสารที่เรียกว่า histamine ซึ่งเป็นสารที่ร่างกายสร้างขึ้นถ้าถูกสร้างขึ้นมามากเกินไปจะทำให้เลือดซึมผ่านผนังเส้นเลือดฝอยออกมามาก ทำให้ผิวหนังบวมแดงมีอาการระคายเคืองตามระบบหายใจทำให้จามมีน้ำมูกไหล

สมทรง (2543) กล่าวว่าในปัจจุบันนี้พบว่าวิตามินซีมีส่วนเกี่ยวข้องกับการทำหน้าที่เกี่ยวกับภูมิคุ้มกันในร่างกายได้หลายทาง เช่น ไปกระตุ้นให้ร่างกายสร้าง interferons ซึ่งเป็นโปรตีนที่จะไปต่อต้านเชื้อไวรัสที่ทำให้เกิดโรคในระบบทางเดินหายใจ กลไกของการตอบสนองภูมิคุ้มกันในร่างกายเป็นไปได้ 2 ทาง คือ ทาง humoral antibodies (immunoglobulins) และทาง cell mediated response การสร้าง humoral antibodies เกิดจาก B - lymphocytes ที่ได้มาจากไขกระดูก ส่วน cell - mediated immune responses เกิดจาก T - lymphocytes ที่มาจาก thymus วิตามินซีจะเกี่ยวข้องใน immunological processes โดยเข้าไปร่วมกับการทำหน้าที่ของ lymphocytes และ phagocytic activity ของ neutrophil ในการกำจัดเชื้อโรคร่างกายในร่างกาย นอกจากนี้วิตามินซียังช่วยกระตุ้นให้ร่างกายทำการสังเคราะห์ antibodies ชนิด IgG และ IgM เพื่อมาทำหน้าที่ป้องกันเกี่ยวกับการติดเชื้อให้แก่ร่างกายอีกด้วย

6. บทบาทเกี่ยวกับ Activation of folic acid

สิริพันธ์ (2547) กล่าวว่าวิตามินซีช่วยเปลี่ยนกรดโฟลิกให้เป็นกรดโฟลินิก ซึ่งช่วยป้องกันโรคโลหิตจางชนิดเม็ดเลือดแดงมีขนาดใหญ่ (megaloblastic anemia) และมีบทบาทเมตาบอลิซึมของแคลเซียม สมทรง (2543) กล่าวว่าวิตามินซีมีบทบาทช่วยในการทำหน้าที่ของเอนไซม์ folate reductase และรักษาสภาพของกรดโฟลิก ให้อยู่ในรูป active form ได้อย่างมีประสิทธิภาพ กล่าวคือ กรดโฟลิกที่ร่างกายรับเข้าไปจะถูกเปลี่ยนเป็น active form ในรูป dihydro และ tetrahydrofolate โดยเอนไซม์ folate reductase ที่มี NADPH เป็นโคแฟกเตอร์ ดังนั้นถ้าขาดวิตามินซีก็จะทำให้เอนไซม์ folate reductase ทำหน้าที่ไม่สมบูรณ์ active form ของกรดโฟลิกก็จะลดน้อยลง กรดโฟลิกก็จะเสียบทบาท และหน้าที่ในการทำงานไป

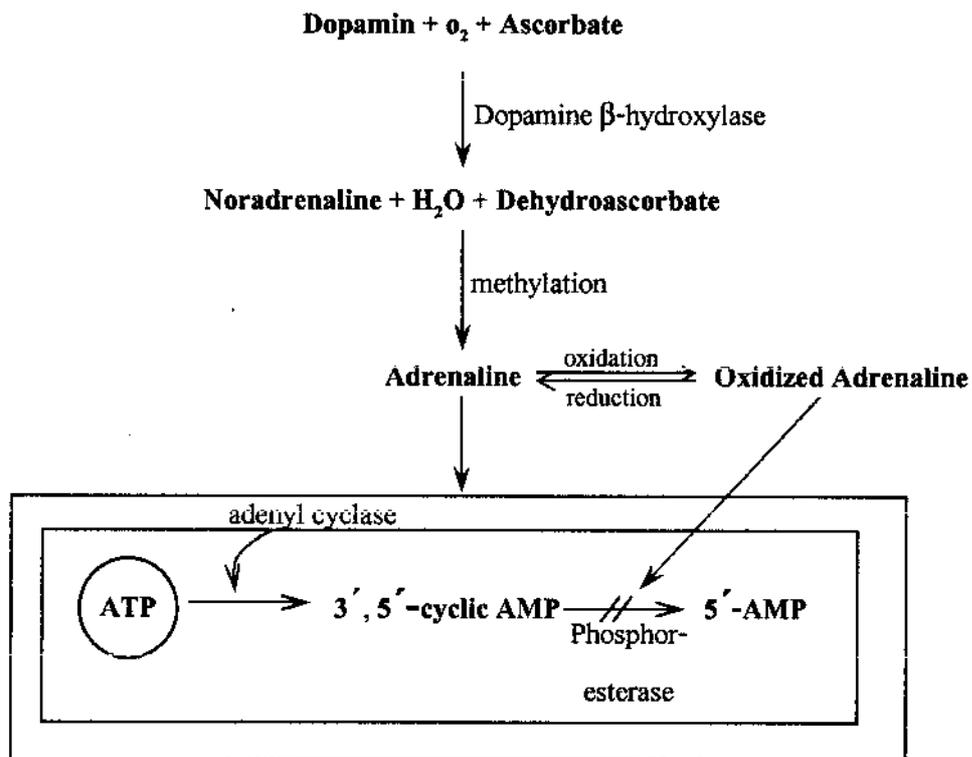
7. บทบาทเกี่ยวกับ Nitrite scavenger

สมทรง (2543) กล่าวว่าอาหารที่มีไนเตรทภายหลังจากการดูดซึมเข้าสู่ลำไส้แล้ว ส่วนหนึ่งที่ผ่านมาลงไปถึงลำไส้ใหญ่จะถูกจุลินทรีย์ที่มีอยู่ในลำไส้ใหญ่นั้น สลายไปเป็น nitrite และเมื่อ nitrite ถูกดูดซึมเข้าสู่กระแสเลือดมาถึงกระเพาะอาหารก็จะทำปฏิกิริยากับ amines หรือ amides ในกระเพาะแล้วเปลี่ยนไปเป็น nitroso compounds ซึ่งนอกจากมีการสังเคราะห์ในร่างกายแล้วยังพบได้ในอาหารหลายชนิด nitroso compounds เป็นสารที่เป็นพิษต่อตับ และเป็นสารก่อมะเร็ง วิตามินซีจะมีบทบาทเป็น nitrite scavenger และไปขัดขวางการเกิด nitrosamines ได้อย่างมีประสิทธิภาพ ทั้งนี้เพราะวิตามินซี มีความสามารถที่จับกับ nitrite เป็น vitamin C-nitrite ได้รวดเร็วกว่าปฏิกิริยา amine-nitrite มาก จากนั้น vitamin reduced nitrite จะถูกออกซิไดซ์ไปเป็น dehydroascorbic acid และจะมีผลไปยับยั้งการรวมตัวของ nitrite กับ amine

8. บทบาทเกี่ยวกับ Cyclic nucleotide

สมทรง (2543) กล่าวว่าจากการศึกษาของ Levine (1986) พบว่าวิตามินซีมีความจำเป็นในการสังเคราะห์ noradrenaline และ cyclic AMP (cAMP) จาก ATP ซึ่ง adrenaline และ noradrenaline ทำหน้าที่ควบคุมการเต้นของหัวใจ และความดันโลหิต ตามปกติ adrenaline ที่สังเคราะห์ขึ้นมาแล้วจะถูกออกซิเจนเปลี่ยนไป Oxidized adrenaline แต่กรดแอสคอร์บิกจะไปยับยั้งปฏิกิริยาดังกล่าวนี้ให้ adrenaline อยู่ในสภาพรีดิวส์ และจะไปกระตุ้นให้เอนไซม์ adrenyl cyclase

เปลี่ยน ATP ไปเป็น cAMP แล้วช่วยป้องกันไม่ให้ cAMP สลายไปเป็น 5'-AMP โดยเอ็นไซม์ phospho diesterase อีกด้วย ดังนั้นด้วยฤทธิ์วิเศษของวิตามินซี จึงช่วยเพิ่มปริมาณของ cAMP และป้องกันการสลาย cAMP ในเนื้อเยื่อได้เป็นอย่างดี (ภาพที่ 3)



ภาพที่ 3 การสังเคราะห์ catecholamine และ cyclic AMP

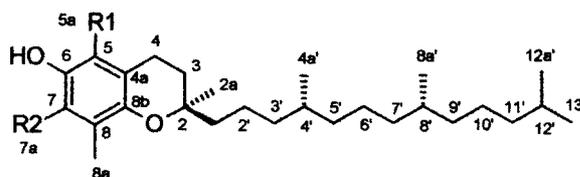
ที่มา: Basu and Dickerson (1996)

9. บทบาทช่วยในการเปลี่ยนคอเลสเตอรอลไปเป็นกรดน้ำดี

สิริพันธุ์ (2547) กล่าวว่าวิตามินซีมีบทบาทช่วยในการเปลี่ยน cholesterol ไปเป็นกรดน้ำดีโดยทำหน้าที่เป็นสารเร่งปฏิกิริยาของน้ำย่อย cholesterol-7-monooxygenase ซึ่งเป็นน้ำย่อยที่ใช้เปลี่ยน cholesterol เป็นน้ำดี ทำให้ปริมาณ cholesterol ในเลือดลดน้อยลง จึงเท่ากับเป็นการลดการเสี่ยงต่อการเป็นโรคไขมันอุดตันในหลอดเลือดได้

4. วิตามินอี

สูตรเคมี และคุณสมบัติ



tocopherols

α : R1=R2=CH₃
 β : R1=CH₃, R2=H
 γ : R1=H, R2=CH₃
 δ : R1=R2=H

ภาพที่ 4 โครงสร้างวิตามินอี (tocopherol)

ที่มา: Pope *et al.* (2001)

สมทรง (2543) กล่าวว่าวิตามินอีเป็นพวกแอลกอฮอล์ชนิดไม่อิ่มตัว แบ่งเป็นสองพวกใหญ่ ๆ คือ tocopherol และ tocotrienol ในโมเลกุลประกอบด้วย hydroxylated ring system (chromanol ring) และ isoprenoid side chain (ภาพที่ 4) สายข้างที่เป็น isoprenoid ของ tocopherols จะเป็นพวกสารประกอบไม่อิ่มตัว ส่วนของ trienols เป็นสารไม่อิ่มตัว แต่ละพวกมีคุณสมบัติเป็นวิตามินได้ 4 ชนิด คือ α , β , γ และ δ ซึ่งแต่ละชนิดจะแตกต่างกันในด้านจำนวน และตำแหน่งของ CH₃ ที่ต่อกับวงแหวนเบนซีน α -tocopherol เป็นชนิดที่มีฤทธิ์ของวิตามินอีสูงที่สุด ส่วนของ isoprenoid และ aromatic ring ทำหน้าที่เป็น antioxidant ให้กับวิตามิน ส่วนที่เป็นวงแหวนเบนซีน (benzene ring) จะเป็นตัวคอยจับกับ free radical และมีส่วนช่วยในการป้องกัน peroxidation ของกรดไขมันไม่อิ่มตัวที่ผนังเซลล์ นอกจากนี้ยังพบว่าสายข้างที่เป็น isoprenoid ยังมีส่วนช่วยให้ผนังเซลล์มีสภาพคงทนต่อปฏิกิริยาของ fatty acyl chains ของ polyunsaturated phospholipids อีกด้วย

tocopherol เป็นน้ำมันสีเหลือง คงทนต่อความร้อนได้สูงมากถึง 200 องศาเซลเซียส และทนต่อกรด แต่ถูกทำลายได้ง่ายเมื่อถูกกับด่าง แสงอุลตราไวโอเลต ออกซิเดชัน และการสัมผัสต่อ

ไขมันเห้มน้ห้น คุณสมบัตพิเศษค้ือ เป็นสารป้องกั้นออกซิเดชั่น (antioxidant) ของสารอื่น เช่น วิตามินเอ และแคโรทีน

แหล่งก้าเนิด

สิริพันธุ์ (2547) กล้าว่าวิตามินอีพบในพืชมากกว่าในสัตว์ น้้ำมันที่ได้จากพืชจึงเป็นแหล่ง วิตามินอีที่ดี เช่น น้้ำมันจมูกข้าวสาลี(wheat germ) น้้ำมันดอกค้าฝอย น้้ำมันรำ น้้ำมันเมล็ดฝ้าย น้้ำมันข้าวโพด และน้้ำมันถั่วเหลือง ส่วนน้้ำมันมะกอกและน้้ำมันมะพร้าวมีเพียงเล็กน้อยเท่านั้น ปริมาณของอัลฟาโทโคฟีรอลที่มีอยู่ในน้้ำมันพืชแต่ละชนิดแตกต่างกันมาก เช่น น้้ำมันข้าวโพด มีอัลฟาโทโคฟีรอลเพียงร้อยละ 10 ของโทโคฟีรอลรวม น้้ำมันเมล็ดฝ้ายมีร้อยละ 60 และน้้ำมันดอก ค้าฝอยมีร้อยละ 90 พืชที่มีใบสีเขียวเกือบทุกชนิดมีวิตามินอีแต่ไม่มากนัก น้้ำมันตับปลาและน้ นมวัวมีวิตามินอีเพียงเล็กน้อย ในน้้ำมันคนมีมากกว่าน้มนมวัว 2-4 เท่า ในโคลอสตรัมมีมากกว่าน้ นมวัวถึง 20 เท่า นอกจากนี้ยังพบวิตามินอีในเนื้อ เนย ไข่ และตับ ปริมาณวิตามินอีในเนื้อเยื่อสัตว์ โดยเฉพาะในตับเปลี่ยนแปลงได้มากทั้งนี้ ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับอาหาร ไขมันที่ใช้เลี้ยงสัตว์

การดูดซึมและการขนส่ง

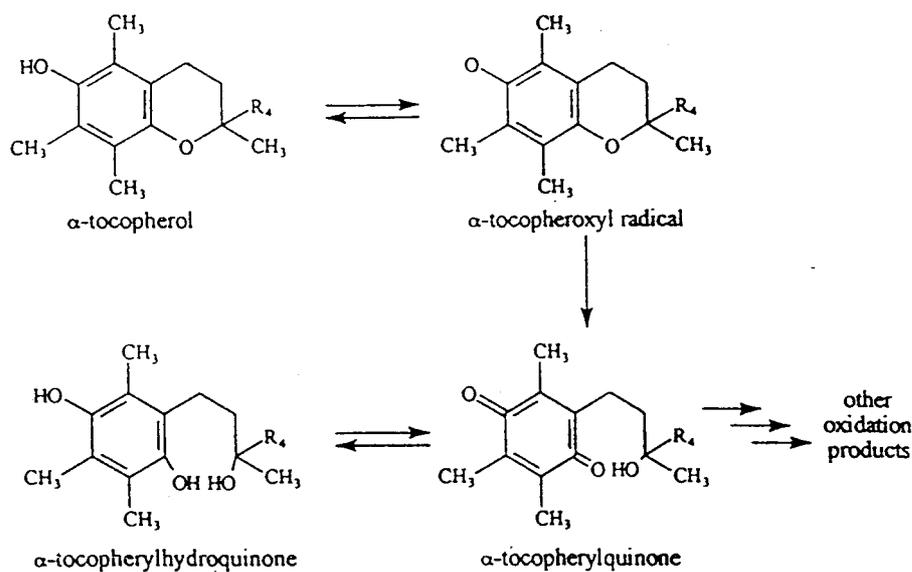
สมทรง (2543) กล้าว่า วิตามินอีถูกดูดซึมที่ลำไส้เล็กโดย non-saturation passive diffusion การดูดซึมนี้ต้องอาศัยน้ำดี และเอนไซม์จากตับอ่อน tocopheryl ester จะถูก hydrolysed ด้วยเอนไซม์ esterase จากตับอ่อน α -tocopherol และ acetate ester จะถูกดูดซึมได้ 21- 86% ภายใน 2 ชั่วโมง การดูดซึมวิตามินชนิดนี้เหมือนกับการดูดซึมสาร hydrophobic ทั่ว ๆ ไป กล่าวคือ α และ γ -tocopherolจะมีการดูดซึมคล้ายคลึงกัน โดยถูกดูดซึมสู่น้าเหลืองในสภาพที่รวมกับ chylomicron แต่ γ -tocopherol จะถูกขับออกทางน้ำดีได้ง่ายกว่า จึงพบสารประกอบชนิดนี้มีน้อยใน พลาสมาแม้ว่าจะพบปริมาณค่อนข้างมากในอาหาร ส่วน β และ δ tocopherol จะถูกดูดซึมได้น้อย มาก

Chylomicron ที่อยู่ในกระแสเลือดจะถูก lipoprotein lipase สลายให้ส่วนของ remnant ส่งไปยังตับ จากนั้น α -tocopherol จะถูกปล่อยออกมากับ very low density lipoprotein (VLDL) เมื่อ VLDL สลายจะปล่อยให้ α -tocopherol จับกับ LDL และ HDL จากนั้นส่งต่อไปให้กับเนื้อเยื่อที่ ต้องการโดยไม่ต้องอาศัย receptor α -tocopherol ส่วนใหญ่จะเก็บสะสมไว้ที่ adipose tissue ตับ

และกล้ามเนื้อ α - tocopherol จะเคลื่อนย้ายจาก adipose tissue ได้ช้ามากแม้ร่างกายจะขาดวิตามินอี ก็ตามการขนส่งวิตามินอี ภายในเซลล์ของอวัยวะต่าง ๆ ต้องอาศัย specific tocopherol-binding protein (TBPs) ของอวัยวะนั้น ๆ เช่น พลาสมาเมมเบรนของเม็ดเลือดแดง ตับ หัวใจ สมอง และเยื่อ ผนังลำไส้ เป็นต้น วิตามินอีใน non-adipose cells จะอยู่บนเมมเบรน และมีแหล่งรวมวิตามินอี 2 แหล่งคือ “labile” และ “fixed” pools ซึ่งทั้ง 2 แหล่งนี้จะมี rate of turn over แตกต่างกันไป labile pool ส่วนใหญ่อยู่ในพลาสมาและตับ ซึ่งสามารถเคลื่อนย้ายวิตามินอีออกได้รวดเร็ว ส่วนวิตามินที่อยู่ใน adipose tissue จะเป็น fixed pool ซึ่งจะเคลื่อนย้ายได้ยากเมื่อร่างกายต้องการ ดังนั้นปริมาณของวิตามินอี ในอวัยวะต่าง ๆ จึงแตกต่างกันมาก

เมตาบอลิซึม

สมทรง (2543) กล่าวว่าวิตามินอี ที่ถูกดูดซึมเข้าไป และลำเลียงไปสู่เนื้อเยื่อต่าง ๆ โดยไม่มีการเปลี่ยนแปลง เมื่อโมเลกุลของวิตามินอี ถูกออกซิไดซ์ไปเป็น α -tocopherylquinone จะทำหน้าที่เป็น antioxidant ให้กับโมเลกุลของวิตามินอี (ภาพที่ 5) จะเห็นได้ว่าการเปลี่ยนแปลงจาก α - tocopherol ไปเป็นอนุมูล α -tocopheroxyl เป็นปฏิกิริยาที่กลับไป-มาได้ (reversible) แต่ขั้นตอนที่เปลี่ยนแปลงเป็น α -tocopherylquinone นั้น ปฏิกิริยาเป็นไปได้ทางเดียว (irreversible) สารประกอบ quinone ไม่มีฤทธิ์ของวิตามินอีอยู่เลย จาก α -tocopherylquinone สามารถเปลี่ยนไปเป็น α -tocopherylhydroquinone และเป็นปฏิกิริยาที่เปลี่ยนกลับไป-มาได้ (reversible) เมื่อสารนี้จับกับ glucuronic acid แล้วจะถูกขับออกทางน้ำดีและอุจจาระ ซึ่งเป็นทางที่ร่างกายใช้ขับถ่ายวิตามินอี ร่างกายมีการขับถ่ายวิตามินอีออกทางปัสสาวะได้น้อยกว่า 1% ของวิตามินอีที่ร่างกายได้รับเข้าไป ส่วนใหญ่ถูกขับถ่ายออกมาในสภาพของ α -tocopheronic acid และ α -tocopheronolactone ซึ่งเป็นผลที่ได้จากการออกซิไดซ์ที่ side chain ของ α -tocopherol และ conjugate กับ glucuronic acid วิตามินอีบางส่วนจะถูกขับถ่ายออกมาทางผิวหนังได้ด้วยแต่ไม่มาก การที่เมตาบอลิซึมของ α -tocopherol มีปฏิกิริยา reversible ได้นี้ α -tocopheroxyl radical ซึ่งเป็นสารที่สามารถกลับมาใช้ได้ใหม่ได้โดยกลไก 2 ทางด้วยกันคือ ประการแรกอาศัยวิตามินซีไปรีดิวส์ให้กลับไปเป็นวิตามินอี วิธีที่สองใช้ glutathione (GSH) และ tocopheroxyl reductase ที่ endoplasmic reticulum และใน mitochondria ไปรีดิวส์ α -tocopheroxyl radical ได้อีกวิธีหนึ่ง



ภาพที่ 5 เมตาบอลิซึมของวิตามินอี(α -tocopherol)

ที่มา: Combs (1992)

ความสำคัญของวิตามินอี

1. วิตามินอีในร่างกายมีบทบาทเป็น biological antioxidant ช่วยยับยั้งและป้องกันการเกิดปฏิกิริยาออกซิเดชัน ซึ่งทำให้เกิดการสลายของเนื้อเยื่อเซลล์และทำลายเนื้อเยื่อต่าง ๆ ภายในร่างกายโดยอนุมูลอิสระ โดยการที่ไปขัดขวางการออกซิเดชันของสารอื่นในร่างกาย โดยอาศัยคุณสมบัติของตัวมันเอง ที่เป็นสารที่ไวต่อการถูกออกซิไดซ์มาก จึงใช้ประโยชน์ในการป้องกันสารอื่นที่ไวน้อยกว่าไม่ให้ถูกออกซิไดซ์ได้ เช่น ป้องกันไขมันที่ไม่อิ่มตัว ที่เรากินเข้าไปจากอาหารรวมตัวกับออกซิเจนเกิดเป็นสารประกอบเปอร์ออกไซด์ (peroxide) ซึ่งจะสลายตัวต่อไปเป็นสารที่เรียกว่าอนุมูลอิสระ ซึ่งเป็นสารที่ว่องไวมากหากเกิดขึ้นในร่างกายมนุษย์จะเป็นอันตรายต่อเนื้อเยื่อและอวัยวะต่าง ๆ โดยเฉพาะอย่างยิ่งตับ (สิริพันธุ์, 2547)

2. วิตามินอี เป็นสารต่อต้านไม่ให้หลอดเลือดแข็งตัวป้องกันไม่ให้เกล็ดเลือดมาเกาะตัวผิดปกติที่หลอดเลือด จึงช่วยลดการอุดตันของหลอดเลือดทั้งที่เกิดจาก cholesterol และเกล็ดเลือด (สิริพันธุ์, 2547)

3. วิตามินอีช่วยป้องกันอันตรายจากโอโซนในบรรยากาศ ล้วนจากท่อไอเสียรถยนต์ และ โรงงานอุตสาหกรรมต่าง ๆ ซึ่งจะมีก๊าซที่เป็นพิษต่อร่างกาย เช่น โอโซน ในโตรเจนออกไซด์ เป็นต้น เมื่อร่างกายเราหายใจเอาก๊าซเหล่านี้เข้าไป ก๊าซเหล่านี้จะทำลายเซลล์ของเนื้อเยื่อปอด โดยจะทำปฏิกิริยากับส่วนประกอบของไขมันในผนังเซลล์ วิตามินอีที่อยู่ในไขมันของผนังเซลล์จะช่วยป้องกันอันตราย โดยทำปฏิกิริยากับก๊าซเหล่านี้ ให้เปลี่ยนไปเป็นสารที่ไม่เป็นพิษ แล้วกำจัดออกนอกร่างกาย (สิริพันธุ์, 2547)

4. วิตามินอี ช่วยทำลายฤทธิ์สารก่อมะเร็ง อาหารที่มนุษย์บริโภคอาจมีสารเคมีบางชนิด ซึ่งเมื่อรับประทานเข้าไปแล้วจะเกิดปฏิกิริยาเปลี่ยนเป็นสารในโตรซามีน ซึ่งเป็นสารที่ก่อให้เกิดมะเร็งในทางเดินอาหาร และถ้าใส่ใหญ่ ได้พบว่าวิตามินอีมีผลทำให้สารในโตรซามีนลดลงอย่างเห็นได้ชัด แต่มีข้อสังเกตว่าการที่วิตามินอีจะช่วยทำลายฤทธิ์ของสารก่อมะเร็งนี้ จะต้องมิวิตามินเอ และวิตามินซี และ เบต้าแคโรทีน พอเพียงด้วย อีกทั้งยังต้องพิจารณาควบคู่กันไปกับปริมาณของกรดไขมันอิ่มตัวที่บริโภคเข้าไปด้วย (สิริพันธุ์, 2547)

5. ทำหน้าที่ร่วมกับซีลีเนียม และวิตามินซีในการควบคุมการสืบพันธุ์ให้เป็นปกติไม่ให้เป็นหมัน และป้องกันไม่ให้กล้ามเนื้อพัฒนาผิดปกติ และลีบ (muscular dystrophy) ในปลาวิตามินอีช่วยในอัตราการฟักไข่ปลาดีขึ้น (วีรพงศ์, 2536) สิริพันธุ์ (2547) กล่าวว่าในสัตว์วิตามินอีช่วยป้องกันการแท้งลูก และความผิดปกติทางประจำเดือน ช่วยในการหลังน้ำนม สำหรับการสืบพันธุ์ในคนยังไม่แน่ชัดว่าวิตามินอีจะช่วยรักษาอาการเป็นหมันได้ พันทิพา (2535) พบว่าในไก่ที่ขาดวิตามินอีจะทำให้เปอร์เซ็นต์การฟักไข่ออก (hatchability) ต่ำลง

6. วิตามินอีทำหน้าที่ในการควบคุมให้สารซึมผ่านผนังเส้นเลือดฝอยไปยังเซลล์ (permeability) และช่วยให้กล้ามเนื้อหัวใจทำงานปกติ (วีรพงศ์, 2536)

5. งานวิจัยของวิตามินซีและวิตามินอีที่เกี่ยวข้องกับการปรับปรุงระบบสืบพันธุ์ของสัตว์น้ำ

Sandnes *et al.* (1984) ได้ทำการเปรียบเทียบอาหารที่ไม่เสริมวิตามินซี เสริมวิตามินซี และอาหารสำเร็จรูป มีผลต่อการสืบพันธุ์ปลาเรนโบว์เทราท์ พบว่าอาหารที่เสริมด้วยวิตามินซีที่ในอัตรา 115 มก./กก. ทำให้อัตรการฟักไข่เพิ่มสูงขึ้นอย่างมีนัยสำคัญเมื่อเปรียบเทียบกับปลาที่ไม่ได้เสริมวิตามินซี ส่วนปลาที่เลี้ยงด้วยอาหารสำเร็จรูปให้ไข่ที่มีคุณภาพคล้ายคลึงกับอาหารที่เสริมด้วยวิตามินซี ผลการทดลองชี้ว่าวิตามินซีมีความสำคัญสำหรับการสืบพันธุ์ของปลาเรนโบว์เทราท์ อาหารสำหรับพ่อแม่พันธุ์ปลาเทราท์ที่ขาดวิตามินซีมีผลต่อการตายของไข่ (egg mortality) โดยเฉพาะอย่างยิ่งในระยะก่อนการเกิดตา (before the eyed stage) และแนะนำว่าอาหารสำหรับพ่อแม่พันธุ์ปลาแซลมอนควรมีวิตามินซีไม่น้อยกว่า 100 มิลลิกรัม/กิโลกรัมอาหาร ซึ่งความเข้มข้นระดับนี้น่าจะเพียงพอทำให้ไข่ปลาเจริญจนกระทั่งสุก (mature eggs) และทำให้มีความเข้มข้นของวิตามินซีในไข่ปลาในระยะนี้มากกว่า 20 ไมโครกรัม/กรัม (โดยน้ำหนักเปียก)

Hoar (1969) พบว่าในปลาเรนโบว์เทราท์จะมีการสร้างรังไข่ให้มีรูปร่างเป็นถุงคล้ายโพรง (hollow sac) ซึ่งผนังประกอบด้วยเนื้อเยื่อเกี่ยวพัน (connective tissue) เป็นส่วนสำคัญ ภายในรังไข่ ขณะที่มีการเจริญของเซลล์ฟอลลิเคิลจะได้รับการค้ำจุนโดยท่อของเนื้อเยื่อเกี่ยวพันที่แข็งแรงเป็นจำนวนมาก ซึ่งเนื้อเยื่อนี้มี collagen เป็นส่วนประกอบที่สำคัญ

Lutwak-Mann (1958) กล่าวว่าจากการทบทวนเกี่ยวกับหน้าที่ของวิตามินและโคเอนไซม์อื่น ๆ ที่มีบทบาทต่อการสืบพันธุ์ โดยพิจารณาไปที่ความเข้มข้นของวิตามินซีในรังไข่ของสัตว์เลี้ยงลูกด้วยนมกับวงจรของการสืบพันธุ์ ได้ชี้ว่าวิตามินซีมีอิทธิพลเกี่ยวกับชีววิทยาในการสืบพันธุ์ โดยพบว่าความเข้มข้นของวิตามินซีจะเพิ่มสูงขึ้นในรังไข่ที่อยู่ระหว่างการเจริญ ซึ่ง Sandnes and Braekkan (1981) ได้รายงานการพบในปลา cod และ Seymour (1981a) พบในปลาคาร์พ Sandnes and Braekkan (1981) ได้รายงานว่าความเข้มข้นของวิตามินซีที่พบในรังไข่ปลา cod อยู่ระหว่าง 80-530 ไมโครกรัม/กรัมโดยน้ำหนักเปียก โดยปกติแล้วจะพบว่าความเข้มข้นของวิตามินซีในอวัยวะปลาจะต่ำกว่าในรังไข่ (Hilton *et al.*, 1979; Agrawal and Mahajan, 1980; Seymour, 1981a)

Barnes (1975) พบว่าวิตามินซีเป็นปัจจัยร่วม (cofactor) ของเอนไซม์ hydroxylase ซึ่งจำเป็นในการสร้าง hydroxylase proline และ lysine ในโมเลกุลของ collagen Sato *et al.* (1982) กล่าวว่าในปลาวัยอ่อน (young fish) การขาดวิตามินซีแสดงความผิดปกติอย่างชัดเจน คือกระดูก

สันหลังคดงเนื่องมาจากมีการสร้าง hydroxylated collagen ที่ไม่สมบูรณ์ ในลูกปลาเทราท์วัยอ่อน (trout fry) ที่เลี้ยงด้วยอาหารขาดวิตามินซีซึ่งแสดงอาการขาดวิตามินหลังจากเลี้ยงไปได้นาน 8 สัปดาห์

Halver *et al.* (1975) รายงานว่าในช่วงระยะเวลาระหว่างขบวนการสร้างสะสมไข่ลึค (vitellogenesis) รังไข่จะมีการเจริญอย่างรวดเร็วที่ประกอบไปด้วยกล้ามเนื้อที่เจริญเป็นจำนวนมาก เพื่อรักษารูปร่างและความแข็งแรงของอวัยวะและการพัฒนา oocytes ซึ่งจำเป็นต้องมีการสังเคราะห์คอลลาเจน โดยวิธี proline hydroxylation

Bäckström (1956) พบว่าปริมาณวิตามินซีรวมในไข่หอยเม่น (sea urchin) จะมีความสัมพันธ์กับระยะการพัฒนาไข่โดยจะมีระดับต่ำจากระยะปฏิสนธิจนถึงสิ้นสุดระยะ gastrulation หลังจากนั้นจะเพิ่มขึ้นอย่างรวดเร็ว Mizoguchi and Yasumasu (1982) ศึกษาการพัฒนาอัณฑะ (embryogenesis) ของหอยเม่นพบว่าในระยะเริ่มการสร้างสมอง (archenteron formation) ถูกเหนี่ยวนำโดย ascorbate และ α -ketoglutarate Golob *et al.* (1974) รายงานว่า ในหอยเม่นเกิดขบวนการ collagen hydroxylation เพิ่มขึ้นอย่างรวดเร็วแสดงให้เห็นโดยอัตราส่วนของ OH-proline – proline ratio จะมีค่าสูงสุดในระหว่างระยะ gastrulation ถึงระยะ pluteus

Whitehead *et al.* (1978) รายงานว่า ในปลากระดูกแข็งซึ่งออกลูกเป็นไข่ โยลึคโปรตีนของไข่จะถูกสังเคราะห์ขึ้นภายในตับซึ่งอยู่ภายใต้การควบคุมของฮอร์โมนเอสโตรเจน (estrogenic hormone) Tolbert (1979) ได้รายงานที่วิตามินซีมีบทบาทในการควบคุมการสร้างสเตอรอยด์ (Steroidogenesis) ในต่อมหมวกไต (adrenal) และในอวัยวะสืบพันธุ์ (gonad) Wedemeyer (1969) สังเกตพบความสัมพันธ์ระหว่างวิตามินซี และ corticosteroids ในไตส่วนหน้า (head kidney) ของปลา แต่ยังไม่ทราบกลไกการทำงานของวิตามินเหล่านี้อย่างชัดเจน Hilton *et al.* (1979) ได้อธิบายว่าปริมาณวิตามินซีในระดับสูงในรังไข่ปลาอาจบ่งชี้ว่าเป็นผลของวิตามินในขบวนการสร้างสเตอรอยด์ (Steroidogenesis) Seymour (1981a) รายงานว่าพบระดับวิตามินซี สูงขึ้นใน oocytes ที่กำลังเจริญของปลาคาร์พ (carp) และพบในรังไข่ของปลาคอดจากธรรมชาติ (wild cod) ในระยะเริ่มต้นของขบวนการสร้างสะสมไข่ลึค (early vitellogenesis) (Sandnes and Braekkan, 1981) ซึ่งมีลักษณะคล้ายคลึงกับที่พบในรังไข่ของปลาเทราท์จากธรรมชาติในช่วงฤดูร้อนก่อนที่มีการอพยพไปวางไข่ในแม่น้ำ (Sandnes, 1984) ถ้าวิตามินซีมีผลต่อการสังเคราะห์ sex steroid อย่างแท้จริงแล้วในกลุ่มปลาที่ได้รับวิตามินซีอย่างเพียงพอและกลุ่มปลาที่ไม่ได้รับน่าจะมีความแตกต่างกันอย่าง

น้อยหนึ่งปัจจัยเกี่ยวกับของความคืบ (fecundity) ขนาดของไข่ (egg size) และระยะเวลาในการตกไข่ แต่จากศึกษาของ Sandnes *et al.* (1984) พบว่าไม่มีความแตกต่างของค่าพารามิเตอร์เหล่านี้ในปลาที่อาหารเสริมด้วยวิตามินซีและไม่ได้รับการเสริม แม้ว่าจำนวนไข่ ขนาดของไข่ จำนวนไข่ต่อความยาวของปลาเพศเมีย ของปลาที่ไม่ได้รับการเสริมวิตามินซีจะมีค่าต่ำกว่าก็ตาม ในทำนองเดียวกันกับช่วงระยะเวลาในการตกไข่ (ovulation timing) ก็ไม่มีความแตกต่างกัน

Waagbø *et al.* (1989) ทำการศึกษาอิทธิพลของวิตามินซีที่เสริมในอาหารต่อการสร้างและสะสมโวลล์ (vitellogenesis) ในปลาเรนโบว์เทราท์ (*Salmo gairdneri*) พบว่าปลาที่เจริญพันธุ์ (adult rainbow trout) ที่เลี้ยงด้วยอาหารที่ขาดวิตามินซีเป็นเวลา 21 เดือน ไม่แสดงลักษณะอาการขาดวิตามินซีที่มองเห็นด้วยตาเปล่าในระยะการพัฒนาวัยวะสืบพันธุ์ (stage of gonadal development) รวมทั้งไม่ทำให้อัตราการตายสูงขึ้น เมื่อเทียบกับกลุ่มปลาที่เสริมอาหารด้วยวิตามินซี 2,000 มก./1 กก. อาหารแห้ง ปลาที่เลี้ยงด้วยอาหารที่ไม่ได้รับการเสริมด้วยวิตามินซีมีไขมันสะสมที่ตับมากกว่า แต่ไขมันในรังไข่จะน้อยกว่า เมื่อเทียบกับกลุ่มที่เสริมด้วยวิตามินซี ในปลาวัยเจริญพันธุ์ (maturing fish) ที่ได้รับวิตามินซีที่ระดับต่ำเกินไปหรือขาดวิตามินซีจะส่งผลกระทบต่ออัตราเมตาโบลิซึมของไขมันอย่างชัดเจน เมื่อสิ้นสุดการทดลองปลาที่ได้รับอาหารที่ไม่ได้รับการเสริมวิตามินซีจะเกิดภาวะโลหิตจาง (anaemic) ซึ่งชี้วัด โดยระดับของ hemoglobin และ haematocrit ที่ลดลง นอกจากนี้ระดับของฮอร์โมน 17β -oestradiol และ vitellogenin ก็ต่ำกว่ากลุ่มที่ได้รับการเสริมวิตามินซีด้วยเหมือนกัน

Levine and Morita (1985) พบว่าในปลาวัยเจริญพันธุ์ (maturing fish) ระดับของฮอร์โมน 17β -oestradiol และ vitellogenin เป็นผลของวิตามินซีร่วมกับการทำงานของต่อมไร้ท่อ (endocrine functions) การที่ประชากรปลาแต่ละตัวมีระดับฮอร์โมนเหล่านี้แตกต่างกันอย่างมากในธรรมชาติจึงทำให้ปลาวางไข่ (maturation) ไม่พร้อมกัน ซึ่งชี้ว่าวิตามินซีอาจมีอิทธิพลต่อการสังเคราะห์และการหลั่ง steroid และมีความสัมพันธ์อย่างใกล้ชิดกับระดับความเข้มข้นของ steroids ในระบบต่อมไร้ท่อ โดยแสดงบทบาทเป็นตัวทำให้เกิดความเสถียร (stabilizer) ตัวป้องกัน (protector) ตัวเสริม (enhancer) หรือ ตัวยับยั้ง (inhibitor)

มีรายงานว่าพบวิตามินซีในระดับสูงในรังไข่ของปลาหลายชนิด (Halver *et al.*, 1975; Hilton *et al.*, 1978, 1979; Agrawal and Mahajan, 1980; Sandnes and Brackkan, 1981; Seymour, 1981a) ในรังไข่ของปลาวัยเจริญพันธุ์ประกอบไปด้วย oocytes ที่กำลังเจริญ และ follicle cells ซึ่ง

เกิดจากการทำงานร่วมกันของต่อมไร้ท่อและเซลล์เนื้อเยื่อเกี่ยวพัน สิ่งที่น่าทึ่งมากที่สุดเกี่ยวกับหน้าที่ของวิตามินซีคือการทำหน้าที่เป็นโคแฟกเตอร์ในเอ็นไซม์ prolyl และ lysyl hydroxylase ซึ่งเป็นตัวเร่งปฏิกิริยา (catalyse) ของขบวนการ hydroxylation ของ proline และ lysine ในโมเลกุลของ procollagen (Barnes and Kodicek, 1972) จากการศึกษาของ Sandnes *et al.* (1984) และ Soliman *et al.* (1986) ได้แสดงให้เห็นว่าพ่อแม่พันธุ์ที่ได้รับวิตามินซีจะถูกนำไปสะสมไว้ที่ไข่ เพื่อใช้ระหว่างการเจริญและการพัฒนาของปลาวัยอ่อน จนกระทั่งลูกปลาได้รับอาหารมื้อแรก ระดับความเข้มข้นวิตามินซีที่สูงที่สุดจะพบได้ในเนื้อเยื่อของต่อมไร้ท่อของร่างกายสัตว์ Levine and Morita (1985) กล่าวว่ากรณีที่พบวิตามินซีในรังไข่ในระดับสูงได้ถูกพิจารณาว่าเป็นผลสะท้อนเนื่องมาจากการทำงานของต่อมไร้ท่อในอวัยวะส่วนนี้ วิตามินซีอาจแสดงบทบาทในฐานะเป็นโคแฟกเตอร์หรือเป็นตัวควบคุมขบวนการสังเคราะห์ทางชีววิทยาของฮอร์โมนเอสโตรเจนใน follicle cell Seymour (1981b) ได้รายงานว่าระดับของวิตามินซีในรังไข่ของปลา crucian carp วิจัยเจริญพันธุ์จะลดลงซึ่งเป็นผลเนื่องมาจากการกระตุ้นด้วยสารสกัดจากต่อมใต้สมอง (pituitary extracts) เพื่อให้เกิดการสร้างฮอร์โมน steroid ซึ่งผลที่เกิดขึ้นในทำนองเดียวกันจากการสังเกตได้พบว่า ในไตส่วนหน้า (head kidney) ของปลา salmon เมื่อเกิดความเครียดจะเหนี่ยวนำให้มีการหลั่งสาร cortisol พร้อมกันกับการที่ระดับความเข้มข้นของวิตามินซีลดลง

วิตามินซีเป็นส่วนประกอบที่จำเป็นในอาหารของปลาแทบทุกชนิด (Halver, 1985) Sandnes *et al.* (1984) รายงานว่าอัตราการฟักไข่ของปลาเรนโบว์เทราท์ ที่ได้จากพ่อแม่พันธุ์ที่ไม่ได้รับวิตามินซีเป็นระยะเวลา 4 เดือนก่อนการตกไข่ (ovulation) จะลดลงอย่างมีนัยสำคัญเมื่อเปรียบเทียบกับกลุ่มที่ได้รับวิตามินซี Soliman *et al.* (1986) พบว่าในปลานิล (*Oreochromis mossambicus*) พ่อแม่พันธุ์ที่อาหารได้เสริมด้วยวิตามินซีในอัตรา 1,250 มก./กก. จะมีอัตราการฟักไข่เพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญ

จากการศึกษาของ Halver *et al.* (1975) และ Tucker (1983) พบว่า วิตามินซีสามารถเปลี่ยนแปลงและสะสมไว้ในร่างกายปลาในรูปของอนุพันธ์ ascorbate-2-sulphate ที่มีความเสถียรมากขึ้น นอกจากนี้ Benitez and Halver (1982) รายงานว่าวิตามินซีสามารถเคลื่อนย้ายจากแหล่งสะสมเหล่านี้โดยการทำงานของเอ็นไซม์ ascorbate-2-sulphidrolase เพื่อใช้เป็นแหล่งของวิตามินซี

Tucker (1983) กล่าวว่า การสะสมวิตามินซีในอวัยวะต่าง ๆ ที่ระดับความเข้มข้นสูงอยู่ในรูปธรรมชาติ (native form) เป็นหลัก และเป็นที่ยังมีอัตราการหมุนเวียนวิตามินซีได้อย่างรวดเร็ว

เช่น ในไตส่วนหน้า (head kidney) ในภาวะที่เกิดความเครียด ในม้ามซึ่งเป็นแหล่งสร้างเม็ดเลือด และภูมิคุ้มกัน และในสมอง (cerebrum) อย่างไรก็ตามปริมาณวิตามินซีในอาหารมีอิทธิพลต่ออวัยวะต่าง ๆ ในอัตราส่วนที่แตกต่างกันไป ดังนั้นอวัยวะต่าง ๆ ดูเหมือนว่าจะมีการควบคุมเมตาบอลิซึมของวิตามินซีที่เป็นอิสระจากกัน และมีการคัดแปลงการหมุนเวียนที่แตกต่างกันซึ่งขึ้นกับอาหารที่ได้รับ และระยะของการพัฒนา

De Vlaming *et al.* (1980) พบว่าการเปลี่ยนแปลงของรังไข่ภายในรอบปีมีผลกระทบอย่างมากต่อ metabolic pathway ส่วนใหญ่ของปลา ในปลากระดูกแข็งที่ออกลูกเป็นไข่ระหว่างการพัฒนาระบบสืบพันธุ์ vitellogenin เป็นสารที่ถูกสังเคราะห์เกิดขึ้นมาก่อนภายในตับแล้วจึงเปลี่ยนไปเป็น egg yolk proteins ภายใต้การควบคุมของฮอร์โมน estrogen

Seymour (1981b) ศึกษาการกระตุ้นรังไข่ปลาด้วยฮอร์โมน gonadotropin เพื่อให้เกิดการสังเคราะห์ steroids พบว่าความเข้มข้นของวิตามินซีจะลดลง ซึ่งคล้ายคลึงกับผลของการกระตุ้นอวัยวะสืบพันธุ์ (gonads) และต่อมหมวกไต (adrenals) ด้วย pituitary hormones ในสัตว์อื่น ๆ ที่เป็นแหล่งที่มีความสามารถในการสังเคราะห์ steroids ได้เช่นเดียวกัน (Levine and Morita, 1985)

Halver *et al.* (1975) พบว่าในปลาเรนโบว์เทราท์วิตามินซีได้ถูกตรึงไว้รอบ ๆ ไข่ ซึ่งได้ถูกอธิบายว่าเป็นชั้นของ collagen ในผนังเซลล์ไข่ นอกจากนี้ Sandnes *et al.* (1984) พบว่าระดับความเข้มข้นของวิตามินซีในเนื้อเยื่อรังไข่ (ovarian tissue) จะสูงกว่าในไข่ที่เพิ่งหลุดออกไปใหม่ ๆ ที่ยังไม่ได้รับการผสม และยังไม่สัมผัสกับน้ำ

วิตามินซีมีผลในทางบวกต่อการฟักไข่ของปลา (Sandnes *et al.*, 1984; Soliman., 1986) Antila (1984) อธิบายว่าในระหว่างการพัฒนาของ oocytes วิตามินซีมีความสำคัญต่อขบวนการ hydroxylation ของ protein-bound proline และ lysine เพื่อทำให้ collagen มีความแข็งแรงมากที่สุดจนผ่านพ้นระยะตัวอ่อน (embryonic stages) จึงเป็นเหตุผลสำคัญที่ต้องมีการเสริมวิตามินซีให้กับพ่อแม่พันธุ์ปลาเพื่อต้องการปรับปรุงอัตราการฟักไข่ปลาและอัตราการรอดตายของลูกปลาวัยอ่อนให้ดีขึ้น

ในปลาเรนโบว์เทราท์วัยเจริญพันธุ์ (maturing) การแสดงออกของความผิดปกติเกี่ยวกับการขาดวิตามินซีดูเหมือนว่าจะมีผลต่อ metabolism ของไขมัน โดยไขมันในตับจะมีความเข้มข้น

สูงขึ้น และระดับไขมันในรังไข่จะลดลง ซึ่งอาจอธิบายได้ด้วยระดับความแตกต่างของการหมุนเวียนแพร่กระจายของฮอร์โมน 17β -oestradiol ซึ่งฮอร์โมนชนิดนี้ควบคุมปริมาณการสลายตัวของไขมันของทั้งสองอวัยวะอย่างเป็นอิสระจากกัน (Follett and Redshaw, 1968; Petersen *et al.*, 1983; Haux, 1985) นอกจากนี้วิตามินซีทำงานร่วมกันกับวิตามินอี ทำให้เนื้อเยื่อเกิดการเกิด peroxidation (Hung and Slinger, 1980) โดยภาพรวมแล้ว metabolism ของไขมันในระหว่างขบวนการสร้างและสะสมโวลล์ (vitellogenesis) ยังไม่เป็นที่ทราบกัน (Wiegand, 1982; Haux, 1985) ในมนุษย์เราผลของการขาดวิตามินซีแบบเรื้อรังได้นำไปสู่การลดกิจกรรมของระบบ cholesterol- α -hydroxylating ซึ่งเป็นการจำกัดอัตราการเกิดปฏิกิริยาของการเปลี่ยนแปลง cholesterol ไปเป็นกรดน้ำดี (Ginter *et al.*, 1979) ในปลาเรนโบว์เทราท์ที่ยังไม่ถึงวัยเจริญพันธุ์ถ้าได้รับวิตามินซีไม่เพียงพอจะมีระดับการหมุนเวียน cholesterol เพิ่มขึ้น (John *et al.*, 1979)

Videbaek (1978) กล่าวว่าในสัตว์ที่ได้รับวิตามินซีไม่เพียงพอโดยปกติจะเป็นโรคโลหิตจาง ซึ่งเป็นผลเนื่องมาจากการดูดซึม และการจัดสรรปันส่วน (redistribution) ของธาตุเหล็กและการสังเคราะห์เม็ดเลือดแดงลดลง Hilton *et al.* (1978) พบว่าการดูดซึมธาตุเหล็กในลำไส้และการหมุนเวียนแพร่กระจายธาตุเหล็กในส่วนต่าง ๆ ของร่างกายในตัวปลาจะมีประสิทธิภาพดีขึ้น ถ้ามีวิตามินซี Lane. (1979) รายงานว่าในช่วงฤดูสืบพันธุ์ของปลาเรนโบว์เทราท์ระดับของ haemoglobin และ haematocrit จะค่อย ๆ ลดลง ซึ่งได้พบแนวโน้มคล้ายคลึงกันในการศึกษาของ Waagbø *et al.* (1989) ทั้งในกลุ่มปลาที่ได้รับและไม่ได้รับการเสริมวิตามินซี อย่างไรก็ตามเมื่อสิ้นสุดการทดลอง พบว่าในกลุ่มปลาที่ไม่ได้รับการเสริมวิตามินซีค่าเหล่านี้จะลดลงอย่างมีนัยสำคัญ ซึ่งอาจชี้ได้ว่า haemoglobin ในปลาเพศเมียที่ขาดวิตามินซีมีความต้องการธาตุเหล็กเพื่อใช้สำหรับการพัฒนา oocytes

Blom and Dabrowski (1995) พบว่าวิตามินซีในอาหารสำหรับพ่อแม่พันธุ์ปลามีผลต่ออัตราการรอดของตัวอ่อน (embryo) วิตามินซีจำเป็นสำหรับการสังเคราะห์ collagen ในระหว่างการพัฒนาตัวอ่อน ในพ่อแม่พันธุ์ปลาเรนโบว์เทราท์มีความต้องการวิตามินซีเพิ่มขึ้นมากกว่าปลาวัยรุ่นถึง 8 เท่า

สารอาหารอื่น ๆ ที่มีความสำคัญต่อการปฏิสนธิ (fertilization) ได้แก่วิตามินอี (Fernandez-Palacios, 1997; Fernandez-Palacios *et al.*, 1998) คาร์โรทีนอยด์ และวิตามินซี (carotenoids)

(Harris , 1984; Craik, 1985) Sandnes (1991) รายงานว่าวิตามินซีมีบทบาทสำคัญในการสร้างสเตอรอยด์ (steroidogenesis) และการสร้างไข่แดง (vitellogenesis) Ciereszco and Dabrowski (1995) กล่าวว่าหน้าที่ในการเป็นตัวต้านอนุมูลอิสระ (antioxidant) ของวิตามินซี และอี สามารถมีอิทธิพลที่สำคัญในการป้องกันเซลล์ของสเปิร์มในระหว่างขบวนการสร้างสเปิร์ม (spermatogenesis) จนกระทั่งถึงขบวนการผสมพันธุ์ (fertilization) โดยไปลดความเสี่ยงของการเกิด lipid peroxidation ซึ่งจะเป็อันตรายต่อการเคลื่อนที่ของสเปิร์ม ความเข้มข้นของวิตามินซีใน seminal fluid เป็นผลเนื่องมาจากความเข้มข้นของวิตามินซีในอาหารที่ใช้เลี้ยงพ่อแม่พันธุ์ การขาดวิตามินซีจะไปมีผลลดความเข้มข้นของสเปิร์ม และการเคลื่อนที่ของสเปิร์มในระหว่างช่วงเวลาของการผสมพันธุ์

Fernandez-Palacios *et al.* (1998) กล่าวว่า α -tocopherol และกรดไขมันที่จำเป็น (essential fatty acid) เป็น โภชนะที่มีผลอย่างมากต่อการพัฒนาระบบสืบพันธุ์ และความคดของไข่ ในปลา gilthead seabream ซึ่งเป็นปลาที่วางไข่หลายครั้งในรอบปี (non-synchronous ovarian fish) พบว่าองค์ประกอบทางชีวเคมีของอวัยวะเพศเมีย และคุณภาพของเซลล์สืบพันธุ์ เป็นผลเนื่องมาจาก โภชนะการที่ได้รับ จากการทดลองเสริมอาหารพ่อแม่พันธุ์ด้วย α -tocopherol 4 ระดับ (อยู่ในช่วง 20 ถึง 2000 มก./กก.) ร่วมกับกรดไขมันที่จำเป็น ($n-3$ HUFA) 2 ระดับ (1.6 และ 2.5 ก./100 ก.) พบว่าสามารถปรับปรุงการมีชีวิตรอดของไข่ (eggs viability) และเปอร์เซ็นต์ของไข่ที่ผิดปกติให้ดีขึ้น นอกจากนี้การเพิ่มระดับ α -tocopherol ในอาหารจาก 125 ไปเป็น 190 มก/กก. เป็นการเพิ่ม โภชนะที่เกี่ยวข้องกับการต้านอนุมูลอิสระ สามารถป้องกันปรากฏการณ์ถุงโยลค์ที่โตผิดปกติ (yolk sac hypertrophy) และป้องกันการตายของลูกปลาวัยอ่อนได้ ปริมาณ α -tocopherol ที่พบในไข่ปลาจะสูงขึ้นตามสัดส่วนที่เติมลงในอาหาร

Izquierdo *et al.* (2001) กล่าวว่าอนุมูลอิสระสามารถทำให้ผนังเซลล์ไข่และความสมบูรณ์ของผนังเซลล์เสื่อมสภาพลงได้ วิตามินซี วิตามินอี และ carotinoids เช่น astaxanthin เป็นตัวกำจัดอนุมูลออกซิเจน (active oxygen species) ที่ดีและแสดงบทบาทในการต้านทานการเข้าทำลายของอนุมูลอิสระ (free radical) Watanabe (1990) กล่าวว่าแม้ว่าในสัตว์ที่มีกระดูกสันหลังชั้นสูงการขาดแคลนวิตามินอีจะแสดงผลในทางลบ ต่อกิจกรรมของระบบสืบพันธุ์ซึ่งได้พิสูจน์มาแล้วตั้งแต่ตอนเริ่มต้นปี 1920 จนกระทั่งในปี 1990 มีวิตามินอีเป็นสารอาหารเพียงอย่างเดียวที่เพิ่งทราบถึงความสำคัญทางโภชนะต่อการสืบพันธุ์ของปลา ในปลาคาร์ฟ และปลา ayu ถ้าขาดวิตามินอีจะทำให้อวัยวะสืบพันธุ์เจริญไม่สมบูรณ์ (immature gonads) และ ในปลา ayu ทำให้อัตราการฟักเป็นตัว

และอัตราการรอดของลูกปลาจะลดลง Watanabe *et al.* (1991) กล่าวว่า การเพิ่มระดับวิตามินอี (จนถึง 2,000 มก./กก.) ในอาหารปลา red seabream สามารถปรับปรุงทำให้เปอร์เซ็นต์การฟักและเปอร์เซ็นต์ของลูกปลาที่เป็นปกติ (normal larvae) ดีขึ้น Fernández-Palacios *et al.* (1997) พบว่าการเพิ่มระดับวิตามินอีลงในอาหารจาก 22 เป็น 125 มก./กก. ทำให้เปอร์เซ็นต์ไข่ปลา gilthead seabream ที่ผิดปกติจะลดลงอย่างมีนัยสำคัญ และมีผลในการปรับปรุงเปอร์เซ็นต์ของไข่ที่ปกติให้ดีขึ้นด้วยเหมือนกัน เป็นที่ทราบกันว่าวิตามินอีทำหน้าที่เป็นตัวต้านอนุมูลอิสระทั้งภายในเซลล์และระหว่างเซลล์เพื่อรักษาสมดุลของการเปลี่ยนแปลง metabolites ภายในเซลล์และใน tissue plasma ในปลา gilthead seabream การเสริมวิตามินอีในระดับ 250 มก.ของ α -tocopherol /อาหาร 1 กก. เป็นการเพียงพอต่อความต้องการสำหรับการทำให้การสืบพันธุ์ประสบความสำเร็จ อย่างไรก็ตาม Hemre *et al.* (1994) ได้แนะนำว่าความเข้มข้นระดับนี้ยังไม่เพียงพอ (suboptimal) สำหรับพ่อแม่พันธุ์ปลา turbot

Cavalli *et al.* (2003) ศึกษาผลของการเสริมวิตามินซี (AA) และวิตามินอี ที่มีต่อสมรรถภาพ (performance) ของกุ้งก้ามกราม (*Macrobrachium rosenbergii*) เพศเมีย และคุณภาพของลูกพันธุ์ ทดลองในกุ้งเพศเมียโดยใช้อาหาร 4 สูตรที่มีระดับของ 2-ascorbyl-L-polyphosphate (ApP) และ α -tocopherol (α -TA) แตกต่างกันเป็นระยะเวลา 155 วัน อาหารสามสูตรแรกประกอบด้วยระดับของวิตามินซีที่ 59, 121 และ 918 ไมโครกรัม/กรัมอาหารแห้ง ร่วมกับวิตามินอีที่ระดับประมาณ 300 ไมโครกรัม/กรัมอาหารแห้ง ส่วนสูตรที่ 4 ประกอบด้วยวิตามินอี ในความเข้มข้นสูงกว่าคือที่ระดับ 899 ไมโครกรัม/กรัมอาหารแห้งร่วมกับวิตามินซีที่ระดับ 957 ไมโครกรัม/กรัมอาหารแห้ง พบว่าอัตราการลอกคราบ (moulting) การเจริญเติบโต และการตายในสูตรอาหารที่ 4 ที่มีทั้งวิตามินซีและวิตามินอีที่ระดับความเข้มข้นที่สูงไม่มีความแตกต่างจากที่เลี้ยงโดยใช้อาหารสูตรอื่น ๆ นอกจากนี้ความถี่ของการให้ไข่ (breeding frequency) และความคอกของไข่ก็ไม่มีความสัมพันธ์กับสูตรอาหารที่ใช้ในการทดลองด้วยเหมือนกัน อย่างไรก็ตามองค์ประกอบของทั้งวิตามินซีและวิตามินอีที่พบในทางเดินอาหาร (midgut gland) รังไข่ ไข่ และในลูกกุ้งที่เพิ่งฟักออกเป็นตัว (newly hatched larvae) มีระดับความเข้มข้นของวิตามินทั้ง 2 ชนิด สูงขึ้นตามสูตรอาหารที่ให้ จากเหตุผลดังกล่าว จึงมีการแนะนำว่าอาหารที่ใช้เลี้ยงพ่อแม่พันธุ์กุ้งก้ามกรามควรมีระดับวิตามินซีอยู่ที่ประมาณ 60 ไมโครกรัม/กรัมอาหารแห้ง และวิตามินอีในระดับ 300 ไมโครกรัม/กรัมอาหารแห้ง เพื่อให้เพียงพอกับการสืบพันธุ์และการรอดตายของลูกกุ้ง (offspring viability)

Lee and Dabrowski (2004) ได้ทำการศึกษาผลระยะยาวของการทำงานร่วมกับของวิตามินซี และ อี ที่มีต่อการเจริญเติบโต และสมรรถภาพการสืบพันธุ์ของปลา yellow perch (*Perca flavescens*) โดย แบ่งการทดลองออกเป็น 4 ทรีตเมนต์ ทรีตเมนต์ละ 3 ซ้ำ เป็นเวลา 8 เดือน แต่ละทรีตเมนต์ให้อาหารสูตรใดสูตรหนึ่งที่ประกอบด้วย วิตามินอีในระดับสูง (160 มก/กก) หรือไม่มีวิตามินอี ร่วมกับการเสริมวิตามินซี (250 มก/กก) หรือไม่เสริม สูตรอาหารได้รับการออกแบบตามลำดับ ดังนี้ -C-E, -C+E, +C-E, หรือ +C+E พบว่าอัตราการเจริญเติบโตและอัตราการรอดของปลาที่เลี้ยงด้วยอาหาร +C-E และ +C+E สูงกว่าปลาที่เลี้ยงด้วยอาหารที่ไม่ได้รับการเสริมทั้งวิตามินซี และวิตามินอี อย่างมีนัยสำคัญ ผลรวมและความเข้มข้นของ dehydro-ascorbate ในตับและอัณฑะ (testis) เพิ่มขึ้นตอบสนองตามระดับวิตามินซีที่เสริมลงไป ในอาหารอย่างมีนัยสำคัญ ดัชนีความสมบูรณ์เพศผู้ (gonadosomatic index) ในปลาที่ไม่ได้รับการเสริมทั้งวิตามินซี และวิตามินอี จะมีค่าต่ำกว่าปลาในกลุ่มอื่น ๆ อัตราการฟักของตัวอ่อนที่เป็นผลเนื่องมาจากการใช้สเปิร์มจากปลาหลาย ๆ ตัวในแต่ละกลุ่ม (testing sperm viability) พบว่ามีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ พบว่าในปลาที่ได้รับวิตามินซีอย่างเพียงพอมีอัตราการฟักเป็น $82 \pm 7\%$ ส่วนในกลุ่มปลาที่ไม่ได้รับทั้งวิตามินซี และอี มีอัตราการฟักเท่ากับ $59 \pm 7\%$ นอกจากนี้ยังพบว่าทั้งวิตามินซีและอีทำให้ปลาที่ทดลองมีอัตราการเจริญเติบโตสูงขึ้น และคุณภาพของน้ำเชื้อสามารถปรับปรุงให้ดีขึ้นด้วยการเสริมวิตามินซีในหนึ่งรอบของการสืบพันธุ์ (one maturation cycle) และวิตามินซีอาจทดแทน (spare) วิตามินอีในสเปิร์มซึ่งขึ้นอยู่กับการสะสมวิตามินอีในเนื้อเยื่อ

อุปกรณ์และวิธีการ

อุปกรณ์

1. กระจกมุ้งไนลอนสีฟ้า ขนาดตาเบอร์ 18 ขนาด 4.0x6.0x1.5 ม³ จำนวน 8 กระจก
2. กระจกมุ้งไนลอนสีฟ้า ขนาดตาเบอร์ 18 ขนาด 3.0x4.0x1.5 ม³ จำนวน 16 กระจก
3. วิตามินซี (Sodium, calcium ascorbyl-2-phosphate) เป็นสารประกอบผงสีเทาอ่อน (beige) มีความบริสุทธิ์ (purity) ไม่น้อยกว่า 95 เปอร์เซ็นต์ มีปริมาณวิตามินซีที่ออกฤทธิ์รวม (total phosphorylated ascorbic acid activity) ไม่น้อยกว่า 35 เปอร์เซ็นต์
4. วิตามินอี (*dl*- α -tocopheryl acetate) เป็นสารประกอบผงสีขาวถึงขาวนวล (white to off white) ประกอบด้วย *dl*- α -tocopheryl acetate ปริมาณ ไม่น้อยกว่า 50 เปอร์เซ็นต์ มีปริมาณวิตามินอี (*dl*- α -tocopheryl acetate content) 500 หน่วยสากลต่อกรัม (IU vitamin E per gram)
5. เครื่องชั่งน้ำหนักและวัดความยาว
6. เครื่องผสมอาหารของศูนย์วิจัยสุกรแห่งชาติ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตกำแพงแสน
7. เครื่องอัดเม็ดอาหาร ยี่ห้อ Hobart ของภาควิชาเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำ คณะประมง มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์
8. ชุดเครื่องมือช่วยจับปลาเพื่อทำการเคาะไข่จากแม่ปลานิล ได้แก่ สวิง ถูมือ กระจกปักแม่ปลา และอื่น ๆ
9. กะละมังพลาสติกสำหรับคัดแยกกระเพาะปลาจำนวน 144 ใบ
10. อาหารปลานิลผงที่ใช้ทำการทดลองประกอบเป็นสูตรอาหารชนิดโปรตีน 35 %
11. เครื่องมือตรวจวัดคุณภาพน้ำของภาควิชาเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำ และของสถานีวิจัยประมง

กำแพงแสน

12. ถังเก็บตัวอย่างเนื้อเยื่อพร้อมไนโตรเจนเหลว และน้ำแข็งแห้ง
13. ชุดฟลักซ์ไปลาเนล จำนวน 32 ชุด พร้อมอุปกรณ์ให้อากาศและปั๊มสำหรับหมุนเวียนน้ำ
14. กล้องถ่ายภาพ
15. บ่อดินขนาด 2 ไร่ และขนาด 0.5 ไร่ ขนาดละ 1 บ่อ
16. อุปกรณ์ในการเก็บตัวอย่างเนื้อเยื่อ ได้แก่ กรรไกร petri-dish และปากคีบ (forcep)
17. เครื่องพ่นกึ่งพลาสติกสำหรับพ่นกึ่งอาหารแต่ละสูตรหลังทำการผสมและอัดเม็ดตามสูตรอาหารทดลอง

วิธีการ

1. อาหารทดลอง

อาหารที่ใช้ในการทดลองมี 4 สูตร เตรียมจากวัตถุดิบที่มีส่วนประกอบโภชนะพื้นฐานเหมือนกัน ที่มีระดับโปรตีน 35 % (ตารางที่ 1) และเสริมด้วยวิตามินซีและอี ตามสูตรดังนี้

สูตรที่ 1 อาหารสูตรควบคุมที่ไม่มีการเสริมด้วยวิตามิน

สูตรที่ 2 เสริมด้วยวิตามินซี (Sodium, calcium ascorbyl-2-phosphate)

ในอัตรา 1,000 มิลลิกรัม/กิโลกรัม อาหารแห้ง

สูตรที่ 3 เสริมด้วยวิตามินอี (*dl*- α -tocopheryl acetate)

ในอัตรา 600 มิลลิกรัม/กิโลกรัม อาหารแห้ง

สูตรที่ 4 เสริมด้วยทั้งวิตามินซี ในอัตรา 1,000 มิลลิกรัม/กิโลกรัมอาหารแห้ง และ

วิตามินอี ในอัตรา 600 มิลลิกรัม/กิโลกรัม อาหารแห้ง

อาหารทั้งหมด 4 สูตร ได้รับการผสมประกอบสูตรอาหารด้วยเครื่องผสมของศูนย์วิจัยสุกร ภาควิชาสัตวบาล คณะเกษตร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตกำแพงแสน แล้วนำมาทำการอัดเม็ดด้วยเครื่องอัดเม็ดอาหารจรมของภาควิชาเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำ คณะประมง มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ ที่สถานีวิจัยประมงกำแพงแสน และทำการตากแดดพร้อมทั้งเกลี่ยพลิกกลับอาหารให้แห้งภายใน 1 วัน ทุกสูตรมีขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางของเม็ดอาหาร 3 มิลลิเมตร ความยาวประมาณ 1 เซนติเมตร นำมาตั้งไว้ในร่มรอนจนอุณหภูมิลดลงเท่ากับอุณหภูมิห้อง แล้วทำการบรรจุในถุงพลาสติกถุงละ 1 กิโลกรัม ทำการปิดผนึกปากถุงเขียนชื่อสูตรอาหารเก็บรักษาในภาชนะปิดฝามิดชิดที่อุณหภูมิห้องไว้ใช้ในการทดลองต่อไป

อาหารที่ใช้ในการทดลอง ทั้ง 4 สูตร หลังจากผสมและทำการอัดเม็ดแล้ว ทำการสุ่มเก็บอาหารทดลองสูตรละ 1 กิโลกรัม เพื่อนำไปวิเคราะห์หาปริมาณสารอาหารที่ห้องปฏิบัติการอาหาร สัตว์น้ำ ภาควิชาเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำ คณะประมง มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ ผลการวิเคราะห์รายงานไว้ในตารางที่ 2 สารอาหารและวิธีที่ทำการวิเคราะห์ได้แก่

1. โปรตีน โดยวิธี เจลด์าห์ล (Kjeldahl method) ตาม AOAC (2000)
2. ไขมัน โดยวิธี ether extract ตาม AOAC (2000)
3. ความชื้น โดยการหาน้ำหนักที่หายไปหลังจากการอบแห้ง ตาม AOAC (2000)
4. เถ้า โดยหาน้ำหนักที่เหลืออยู่หลังจากเผาที่อุณหภูมิสูงตามวิธี AOAC (2000)
5. เยื่อใย โดยวิธีการหาปริมาณวัตถุที่เหลือจากการย่อยด้วยกรดและด่าง (acid alkaline) แล้วนำไปเผาที่อุณหภูมิสูง ตาม AOAC (2000)

และส่งตัวอย่างอาหารไปวิเคราะห์ปริมาณวิตามินซีโดยวิธี High Performance Liquid Chromatography ตาม AOAC (1988) และวิตามินอีโดยวิธี High Performance Liquid Chromatography (HPLC) ตาม AOAC (1977) โดยใช้บริการการวิเคราะห์ของภาคเอกชน

ตารางที่ 1 ส่วนประกอบของอาหารทดลองทั้ง 4 สูตร

| ส่วนประกอบ (กรัม/กก. อาหาร) | สูตรอาหาร | | | |
|--------------------------------|-----------|--------------|--------------|-------------------|
| | ชุดควบคุม | ชุดวิตามินซี | ชุดวิตามินอี | ชุดวิตามินซีและอี |
| Fish meal | 422 | 422 | 422 | 422 |
| Soybean meal | 161 | 161 | 161 | 161 |
| Corn gluten meal | 61 | 61 | 61 | 61 |
| Broken rice | 151.8 | 151.8 | 151.8 | 151.8 |
| Rice bran | 80 | 80 | 80 | 80 |
| Fish oil | 2 | 2 | 2 | 2 |
| Alfa starch | 100 | 100 | 100 | 100 |
| Mineral mix | 4 | 4 | 4 | 4 |
| Monocalcium phosphate | 4 | 4 | 4 | 4 |
| Salt | 4 | 4 | 4 | 4 |
| Ethoxyquin | 0.2 | 0.2 | 0.2 | 0.2 |
| Vitamin premix | 10 | 10 | 10 | 10 |
| Weight for pellet (KG) | | | | |
| Feed mash | 117.84 | 117.84 | 117.84 | 117.84 |
| Vitamin premix | 1.2 | 1.2 | 1.2 | 1.2 |
| Choline choride | 0.96 | 0.96 | 0.96 | 0.96 |
| Total | 120 kg | 120 kg | 102 kg | 102 kg |

ตารางที่ 1 (ต่อ)

| *Vitamin premix (mg / kg) | สูตรอาหาร | | | |
|---|-----------|--------------|--------------|-------------------|
| | ชุดควบคุม | ชุดวิตามินซี | ชุดวิตามินอี | ชุดวิตามินซีและอี |
| Thamine (B ₁) | 10 | 10 | 10 | 10 |
| Riboflavin (B ₂) | 20 | 20 | 20 | 20 |
| Pyridoxine (B ₆) | 10 | 10 | 10 | 10 |
| Cyanocobalamin (B ₁₂) | 0.05 | 0.05 | 0.05 | 0.05 |
| Retinal (A) | 7000 IU | 7000 IU | 7000 IU | 7000 IU |
| Cholecalciferol (D ₃) | 4000 IU | 4000 IU | 4000 IU | 4000 IU |
| Menadione Nicotinamid (K ₃) | 80 | 80 | 80 | 80 |
| Folic acid | 5 | 5 | 5 | 5 |
| Calcium pantothenate | 40 | 40 | 40 | 40 |
| Inositol | 400 | 400 | 400 | 400 |
| Niacin | 150 | 150 | 150 | 150 |
| Choline choride | 2000 | 2000 | 2000 | 2000 |
| Tocopherol (Vitamin E) | 0 | 0 | 0 | 0 |
| Ascorbic acid (Vitamin C) | 0 | 0 | 0 | 0 |
| Biotin | 3 | 3 | 3 | 3 |

ตารางที่ 2 ผลการวิเคราะห์คุณค่าโภชนาอาหารทดลอง

| ชุดการทดลอง | เปอร์เซ็นต์คุณค่าโภชนาอาหารทดลอง | | | | | วิตามินซี | วิตามินอี |
|-------------------|----------------------------------|-------|----------|-------|---------|-----------|-----------|
| | โปรตีน | ไขมัน | ความชื้น | เถ้า | เยื่อใย | (มก./กก.) | (มก./กก.) |
| ชุดควบคุม | 32.83 | 8.71 | 2.83 | 11.25 | 4.13 | 25.23 | 52.87 |
| ชุดวิตามินซี | 32.94 | 8.51 | 2.22 | 11.32 | 4.17 | 458.21 | 58.59 |
| ชุดวิตามินอี | 33.05 | 8.33 | 2.24 | 11.42 | 3.17 | 21.66 | 630.64 |
| ชุดวิตามินซีและอี | 33.03 | 7.99 | 2.33 | 11.49 | 3.45 | 423.95 | 634.54 |

2. ปลาที่ใช้ในการทดลอง

พ่อแม่พันธุ์ปลานิลที่ใช้ในการทดลอง ใช้ปลานิลจากสถานีวิจัยประมงกำแพงแสน คณะประมง มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตกำแพงแสน จังหวัดนครปฐม เพศผู้น้ำหนักเริ่มต้น 74.56 ± 8.28 กรัม เพศเมียน้ำหนักเริ่มต้น 66.94 ± 11.60 กรัม เป็นเพศผู้และเพศเมียอย่างละ 400 ตัว

3. การดำเนินการทดลอง

การทดลองแบ่งออกเป็น 2 ระยะ ดังนี้

การทดลองระยะที่ 1 เป็นการเลี้ยงปลานิลที่จะใช้เป็นพ่อแม่พันธุ์ แบบแยกเพศผู้และเพศเมีย เพศละ 4 กระชัง กระชังละ 100 ตัว กระชังที่ใช้มีขนาด $4.0 \times 6.0 \times 1.5$ ลูกบาศก์เมตร ระดับน้ำลึก 1.2 เมตร ทุกกระชังทำการเลี้ยงในบ่อดินขนาด 2 ไร่ วางแผนการทดลองแบบสุ่มตลอด (CRD) เพศผู้และเพศเมียแต่ละกระชังให้อาหารตามสูตรใดสูตรหนึ่ง ครบทั้ง 4 สูตรทั้งเพศผู้และเพศเมียในอัตรา 3 % ของน้ำหนักตัว วันละ 2 ครั้ง ๆ ละ 1.5 เปอร์เซ็นต์ของน้ำหนักตัว เป็นเวลา 66 วัน เพื่อให้ปลาได้รับวิตามินและมีการสะสมไว้ในอวัยวะต่าง ๆ ที่ทำการศึกษา

เมื่อสิ้นสุดการทดลองระยะที่ 1 ทำการสุ่มเก็บตัวอย่างตับ รั้งไข่และอวัยวะตามวิธีเก็บรักษาตัวอย่าง ตัวอย่างละไม่ต่ำกว่า 3.0 กรัม ตามสูตรอาหารที่ใช้ทั้ง 4 สูตร ๆ ละ 3 ตัวอย่างของแต่ละเพศ เพื่อส่งตัวอย่างไปทำการวิเคราะห์หาปริมาณวิตามินซีและอีโดยวิธี HPLC ต่อไป

การทดลองระยะที่ 2 หลังจากการเลี้ยงตามสูตรอาหารในระยะที่ 1 แล้วทำการสุ่มเพศผู้ และเพศเมียที่ใช้อาหารสูตรเดียวกันมาเพศละ 10 ตัว/ซ้ำ เพื่อทำการเพาะพันธุ์โดยให้จับคู่ผสมพันธุ์ กันแบบธรรมชาติสูตรละ 4 ซ้ำ ในกระชัง ๆ ละ 10 คู่ กระชังมีขนาด 3.0 x 4.0 x 1.5 ลูกบาศก์เมตร ระดับน้ำลึก 1.2 เมตร ที่เตรียมไว้ในบ่อดินขนาด 0.5 ไร่ ทั้งสิ้นจำนวน 16 กระชัง วางแผนการ ทดลองแบบสุ่มตลอด (CRD) ให้อาหารตามสูตรเดิมที่ปลาเคยได้รับในอัตรา 3 % ของน้ำหนักตัว วันละ 2 ครั้ง ๆ ละ 1.5 เปอร์เซ็นต์ของน้ำหนักตัว

ทำการรวบรวมไข่ปลานิล โดยการเคาะไข่จากปากแม่ปลาทีละตัวทุก ๆ 5 วัน จำนวนทั้งสิ้น 9 รอบ เป็นเวลา 45 วัน ทำการบันทึกข้อมูลในแต่ละรอบดังนี้

1. จำนวนแม่ปลาที่วางไข่ของแต่ละกระชัง
2. น้ำหนักของแม่ปลาแต่ละตัวที่ให้ไข่
3. จำนวนไข่ปลาที่แม่ปลาแต่ละตัวให้
4. ระยะของไข่ที่แม่ปลาแต่ละตัวให้
5. ขนาดของไข่ (น้ำหนัก (กรัม)/ไข่ 100 ฟอง) คัดจากไข่ปลานิลระยะที่ 1-3 โดยชั่ง น้ำหนักไข่ปลานิลครั้งละ 100 ฟอง จำนวน 3 ครั้ง แล้วหาค่าเฉลี่ย จากแม่ปลาแต่ละตัวที่เก็บไข่ได้ ของแต่ละซ้ำ และของแต่ละชุดการทดลอง
6. อัตราการฟักไข่ กำหนดเป็นเปอร์เซ็นต์ของไข่ปลานิลระยะที่ 1-3 ที่ฟักออกเป็นตัว ไข่ปลานิลระยะที่ 4 เป็นไข่ที่ฟักออกเป็นตัวแล้วจึงไม่นำมาคิดคำนวณ
7. อัตรารอดของลูกปลา กำหนดเป็นเปอร์เซ็นต์จากระยะไข่ปลานิลฟักออกเป็นตัว และพัฒนาไปจนถึงระยะถุงโยลล์คยุบ ดังนี้

$$\text{อัตราการรอด} = \frac{\text{จำนวนลูกปลาระยะ โยลล์คยุบ}}{\text{จำนวนลูกปลาที่ฟักออกเป็นตัว}} \times 100$$

8. ขนาดของลูกปลา ทำการศึกษาโดยการชั่งน้ำหนักลูกปลาจำนวน 100 ตัวมีหน่วยเป็นกรัม สูตรละ 3 ซ้ำในแต่ละรอบ จากลูกปลา 2 ระยะด้วยกันคือ ขนาดลูกปลาระยะแรกฟักที่ฟักเป็นตัวใหม่ ๆ ยังมีถุงไข่อยู่ และขนาดลูกปลาระยะถุงไข่ยุบ

หลังสิ้นสุดการทดลองรวบรวมไข่ปลาครั้งสุดท้าย ทำการสุ่มเก็บตัวอย่างตัว รั้งไข่ และอัมชะ เพื่อทำการวิเคราะห์หาปริมาณวิตามินซี และอี เช่นเดียวกันกับระยะที่ 1

4. การวิเคราะห์ข้อมูล

การวิเคราะห์ข้อมูล ใช้แผนการทดลองแบบสุ่มตลอด (Completely Randomized Design) วิเคราะห์ค่าความแตกต่างทางสถิติของข้อมูล โดยใช้วิธี Analysis of Variance และ Duncan's New Multiple Range Test ที่ระดับความเชื่อมั่น 95 % (อนันต์ชัย, 2542)

5. การวิเคราะห์คุณภาพน้ำระหว่างทำการทดลอง

ทำการวิเคราะห์คุณภาพน้ำที่จำเป็นสำหรับการดำรงชีพของสัตว์น้ำ ในระหว่างการทดลอง ดังนี้

ตารางที่ 3 คุณภาพน้ำที่ทำการศึกษาและวิธีวิเคราะห์

| พารามิเตอร์ | หน่วย | วิธีวิเคราะห์ | ความถี่ในการวิเคราะห์ |
|---------------------------|--------------------------------------|---|-----------------------|
| ปริมาณออกซิเจนที่ละลายน้ำ | mg/l | Dissolved Oxygen Meter (YSI Model 95) | ทุกวัน |
| ความเป็นกรดเป็นด่าง | - | pH Meter (YSI Model 63) | ทุกวัน |
| อุณหภูมิอากาศ | °C | Thermometer | ทุกวัน |
| อุณหภูมิน้ำ | °C | Thermometer | ทุกวัน |
| ความกระด้าง | mg/l as CaCO ₃ | 2340 EDTA Titration Method by APHA (1998) | ทุกสัปดาห์ |
| ความเป็นด่าง | mg/l as CaCO ₃ | 2320 Titration Method by APHA (1998) | ทุกสัปดาห์ |
| แอมโมเนีย | mg NH ₃ -N/l | 4500-NH ₃ Nitrogen (Ammonia) by APHA (1998) | ทุกสัปดาห์ |
| ไนไตรท์ | mg NO ₂ ⁻ -N/l | 4500-NO ₂ ⁻ Nitrogen(Nitrite) by APHA (1998) | ทุกสัปดาห์ |

ผลและวิจารณ์

ผลการทดลอง

การเจริญเติบโต

น้ำหนักปลานิลทดลอง

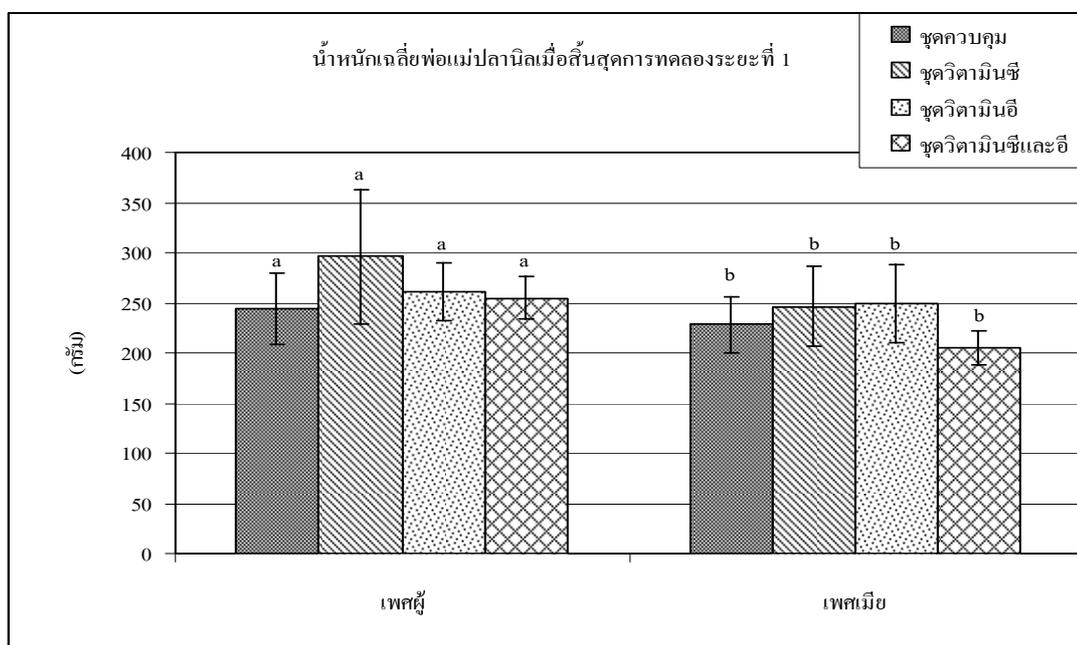
การทดลองแบ่งออกเป็น 2 ระยะด้วยกันดังนี้

ระยะที่ 1 นำปลานิลที่ใช้เป็นพ่อแม่พันธุ์มาเลี้ยงแบบแยกเพศผู้และเพศเมีย ในกระชังที่มีขนาด $4.0 \times 6.0 \times 1.5$ ลูกบาศก์เมตรที่แขวนในบ่อดินขนาด 2.0 ไร่ เพศละ 4 กระชัง กระชังละ 100 ตัว ในแต่ละกระชังของเพศผู้และเพศเมียให้อาหารสูตรใดสูตรหนึ่งครบทั้ง 4 สูตร ในอัตรา 3 เปอร์เซ็นต์ของน้ำหนักตัวต่อวัน วันละ 2 ครั้ง เป็นเวลา 66 วัน แบ่งชุดการทดลองตามสูตรอาหารเป็น 4 ชุด คือ ชุดควบคุม ชุดวิตามินซี ชุดวิตามินอี และ ชุดวิตามินซีและอี เริ่มต้นการทดลองปลานิลเพศผู้มีน้ำหนักเฉลี่ยเท่ากับ 74.56 ± 8.28 กรัม เมื่อสิ้นสุดการทดลองระยะที่ 1 พบว่า การเจริญเติบโตของปลานิลเพศผู้ระหว่างชุดการทดลองไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P > 0.05$) โดยชุดวิตามินซีมีน้ำหนักเฉลี่ยมากที่สุดเท่ากับ 296.00 ± 66.72 กรัมและมีน้ำหนักเพิ่มขึ้นเท่ากับ 221.44 ± 66.72 กรัม และชุดควบคุมมีน้ำหนักเฉลี่ยน้อยที่สุดเท่ากับ 224.00 ± 34.96 กรัมและมีน้ำหนักเพิ่มขึ้นเท่ากับ 169.44 ± 34.95 กรัม เพศเมียเริ่มต้นการทดลองมีน้ำหนักเฉลี่ยเท่ากับ 66.94 ± 11.60 กรัม เมื่อสิ้นสุดการทดลองระยะที่ 1 พบว่า การเจริญเติบโตของปลานิลเพศเมียระหว่างชุดการทดลองไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P > 0.05$) โดยชุดวิตามินอีมีน้ำหนักเฉลี่ยมากที่สุดเท่ากับ 249.25 ± 39.18 กรัมและมีน้ำหนักเพิ่มขึ้นเท่ากับ 182.31 ± 39.18 กรัม และ ชุดวิตามินซีและอีมีน้ำหนักเฉลี่ยน้อยที่สุดเท่ากับ 205.00 ± 17.03 กรัมและมีน้ำหนักเพิ่มขึ้นเท่ากับ 138.06 ± 17.03 กรัม (ตารางที่ 4 และภาพที่ 6)

ตารางที่ 4 น้ำหนักเฉลี่ยพ่อแม่พันธุ์ปลานิล (กรัม) เมื่อสิ้นสุดระยะที่ 1 ก่อนจับคู่ผสมพันธุ์

| การทดลองระยะที่ 1 | | | | | |
|-------------------|-----------------|---------------------------|---------------------------|---------------------------|---------------------------|
| เพศ | พารามิเตอร์ | ชุดควบคุม | ชุดวิตามินซี | ชุดวิตามินอี | ชุดวิตามินซี+อี |
| | น้ำหนักเริ่มต้น | 74.56±8.28 | 74.56±8.28 | 74.56±8.28 | 74.56±8.28 |
| เพศผู้ | น้ำหนักสิ้นสุด | 244.00±34.96 ^a | 296.00±66.72 ^a | 261.50±28.52 ^a | 254.75±21.48 ^a |
| | น้ำหนักเพิ่ม | 169.44±34.96 | 221.44±66.72 | 186.94±28.52 | 180.19±21.48 |
| | น้ำหนักเริ่มต้น | 66.94±11.60 | 66.94±11.60 | 66.94±11.60 | 66.94±11.60 |
| เพศเมีย | น้ำหนักสิ้นสุด | 228.25±28.30 ^b | 246.50±40.42 ^b | 249.25±39.18 ^b | 205.00±17.03 ^b |
| | น้ำหนักเพิ่ม | 161.31±28.30 | 179.56±40.42 | 182.31±39.18 | 138.06±17.03 |

หมายเหตุ ค่าเฉลี่ยที่มีอักษรกำกับต่างกันแถวเดียวกันแสดงว่ามีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P < 0.05$)



ภาพที่ 6 น้ำหนักพ่อแม่พันธุ์ปลานิล (กรัม) เมื่อสิ้นสุดระยะที่ 1 ก่อนทำการจับคู่ผสมพันธุ์

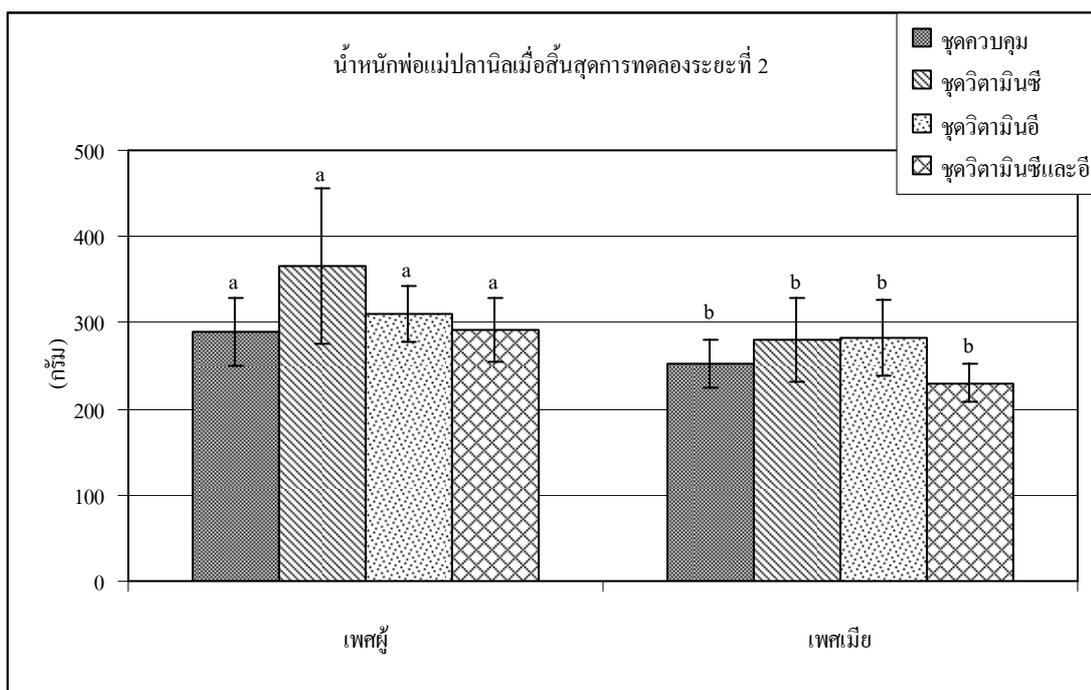
หมายเหตุ ค่าเฉลี่ยที่มีอักษรกำกับต่างกันเพศเดียวกันแสดงว่ามีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P < 0.05$)

เมื่อสิ้นสุดการทดลองระยะที่ 2 หลังจากนำเพศผู้และเพศเมียของแต่ละชุดสุตรอาหารจาก ระยะที่ 1 มาทำการผสมพันธุ์กันในกระชังขนาด 3 x 4 x 1.5 เมตร กระชังละ 10 คู่ ชุดละ 4 ซ้ำ ทำ การรวบรวมไข่ปลานิลจากปลาแม่ปลาทุก ๆ 5 วัน รวม 9 รอบของการสืบพันธุ์ติดต่อกัน เป็น ระยะเวลา 45 วัน พบว่าการเจริญเติบโตในระยะที่ 2 ของปลานิลเพศผู้ระหว่างชุดการทดลองไม่มื ความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P > 0.05$) โดยพบว่าชุดวิตามินซียังคงมีค่าน้ำหนักเฉลี่ย มากที่สุดเท่ากับ 364.95 ± 90.08 กรัมและมีน้ำหนักเพิ่มขึ้นเท่ากับ 68.95 ± 25.83 กรัม และชุดควบคุมมี น้ำหนักเฉลี่ยน้อยที่สุดเท่ากับ 290.00 ± 39.15 กรัมมีน้ำหนักเพิ่มขึ้นเท่ากับ 46.00 ± 5.35 กรัม การ เจริญเติบโตของปลานิลเพศเมียพบว่าในระหว่างชุดการทดลองไม่มีความแตกต่างกันอย่างมี นัยสำคัญทางสถิติ ($P > 0.05$) โดยพบว่าชุดวิตามินอีมีน้ำหนักเฉลี่ยมากที่สุดเท่ากับ 282.50 ± 43.49 กรัมและมีน้ำหนักเพิ่มขึ้นเท่ากับ 33.25 ± 5.31 กรัม และชุดวิตามินซีและอีมีน้ำหนักเฉลี่ยน้อยที่สุด เท่ากับ 230.00 ± 21.60 กรัมและมีน้ำหนักเพิ่มขึ้นเท่ากับ 25.00 ± 4.83 กรัม (ตารางที่ 5 และภาพที่ 7)

ตารางที่ 5 น้ำหนักพ่อแม่พันธุ์ปลานิล (กรัม) หลังสิ้นสุดการจับคู่ผสมพันธุ์

| การทดลองระยะที่ 2 | | | | | |
|-------------------|-----------------|----------------------|----------------------|----------------------|----------------------|
| เพศ | พารามิเตอร์ | ชุดควบคุม | ชุดวิตามินซี | ชุดวิตามินอี | ชุดวิตามินซีและอี |
| | น้ำหนักเริ่มต้น | 244.00 ± 34.96 | 296.00 ± 66.72 | 261.50 ± 28.52 | 254.75 ± 21.48 |
| เพศผู้ | น้ำหนักสิ้นสุด | 290.00 ± 39.15^a | 364.95 ± 90.08^a | 309.16 ± 32.36^a | 292.14 ± 36.67^a |
| | น้ำหนักเพิ่ม | 46.00 ± 5.35 | 68.95 ± 25.83 | 47.67 ± 6.13 | 37.39 ± 17.00 |
| | น้ำหนักเริ่มต้น | 228.25 ± 28.30 | 246.50 ± 40.42 | 249.25 ± 39.18 | 205.00 ± 17.03 |
| เพศเมีย | น้ำหนักสิ้นสุด | 252.50 ± 28.72^b | 280.09 ± 48.89^b | 282.50 ± 43.49^b | 230.00 ± 21.60^b |
| | น้ำหนักเพิ่ม | 24.25 ± 2.75 | 33.59 ± 8.55 | 33.25 ± 5.31 | 25.00 ± 4.83 |

หมายเหตุ ค่าเฉลี่ยที่มีอักษรกำกับต่างกันในแถวเดียวกันแสดงว่ามีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญ ทางสถิติ ($P < 0.05$)



ภาพที่ 7 น้ำหนักพ่อแม่พันธุ์ปลานิล (กรัม) หลังสิ้นสุดการจับคู่ผสมพันธุ์

หมายเหตุ ค่าเฉลี่ยที่มีอักษรกำกับต่างกันในเพศเดียวกันแสดงว่ามีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P < 0.05$)

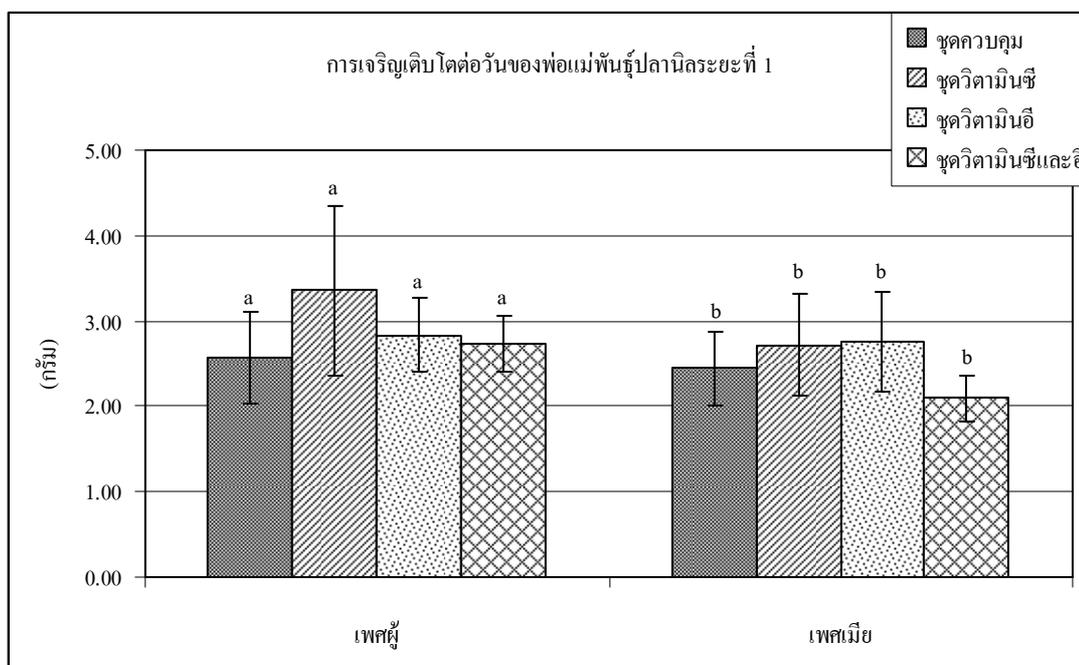
อัตราการเจริญเติบโตเฉลี่ยต่อวัน

ในระยะที่ 1 ได้ทำการเลี้ยงปลานิลเป็นเวลา 66 วัน เพื่อใช้เป็นพ่อแม่พันธุ์ในการจับคู่ผสมพันธุ์ต่อไปนั้น พบว่าอัตราการเจริญเติบโตเฉลี่ยต่อวันระหว่างชุดการทดลองของแต่ละเพศไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญ ($P > 0.05$) โดยพบว่าในเพศผู้การทดลองชุดวิตามินซีมีอัตราการเจริญเติบโตเฉลี่ยต่อวันมากที่สุดเท่ากับ 3.36 ± 1.10 กรัมและชุดควบคุมน้อยที่สุดเท่ากับ 2.57 ± 0.53 กรัม และในเพศเมียการทดลองชุดวิตามินอีมีอัตราการเจริญเติบโตเฉลี่ยต่อวันมากที่สุดเท่ากับ 2.76 ± 0.59 กรัม และชุดวิตามินซีและอีน้อยที่สุดเท่ากับ 2.09 ± 0.26 กรัม เมื่อเปรียบเทียบระหว่างเพศผู้และเพศเมียพบว่าโดยภาพรวมแล้วเพศผู้มีอัตราการเจริญเติบโตต่อวันมากกว่าเพศเมียเล็กน้อย (ตารางที่ 6 และภาพที่ 8)

ตารางที่ 6 อัตราการเจริญเติบโตเฉลี่ยต่อวันของพ่อแม่พันธุ์ปลานิล (กรัม) ระยะที่ 1

| อัตราการเจริญเติบโตต่อวันของพ่อแม่พันธุ์ปลานิล (กรัม) ระยะที่ 1 | | | | |
|---|------------------------|------------------------|------------------------|------------------------|
| เพศ | ชุดควบคุม | ชุดวิตามินซี | ชุดวิตามินอี | ชุดวิตามินซีและอี |
| เพศผู้ | 2.57±0.53 ^a | 3.36±1.0 ^a | 2.83±0.43 ^a | 2.73±0.32 ^a |
| เพศเมีย | 2.44±0.43 ^b | 2.72±0.60 ^b | 2.76±0.59 ^b | 2.09±0.26 ^b |

หมายเหตุ ค่าเฉลี่ยที่มีอักษรกำกับต่างกันแถวเดียวกันแสดงว่ามีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P < 0.05$)



ภาพที่ 8 อัตราการเจริญเติบโตเฉลี่ยต่อวันของพ่อแม่พันธุ์ปลานิล (กรัม) ระยะที่ 1

หมายเหตุ ค่าเฉลี่ยที่มีอักษรกำกับต่างกันเพศเดียวกันแสดงว่ามีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P < 0.05$)

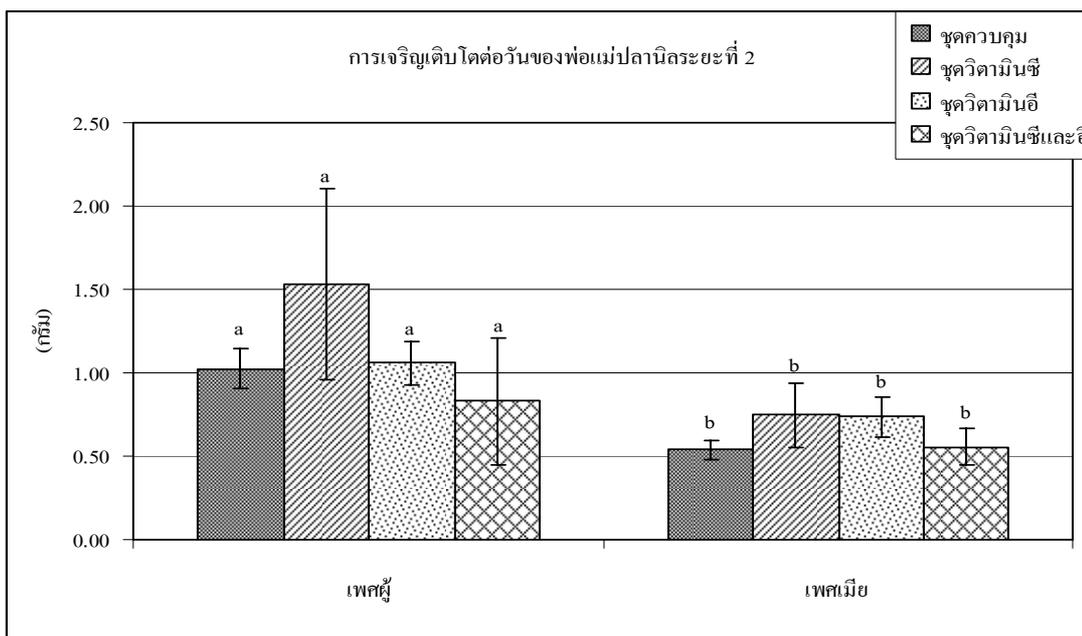
ระยะที่ 2 เป็นการจับคู่ผสมพันธุ์ของพ่อแม่พันธุ์ปลานิลแต่ละชุดการทดลองทำการศึกษากการผสมพันธุ์ 9 รอบ แต่ละรอบห่างกัน 5 วัน เมื่อสิ้นสุดการทดลองเป็นเวลา 45 วัน พบว่าอัตราการเจริญเติบโตเฉลี่ยต่อวันระหว่างชุดการทดลองของเพศเดียวกันไม่มีความแตกต่างกันอย่างมี

นัยสำคัญทางสถิติ ($P > 0.05$) เช่นเดียวกันกับในระยะเวลาที่ 1 โดยพบว่าในเพศผู้การทดลองชุดวิตามินซียังคงมีอัตราการเจริญเติบโตเฉลี่ยต่อวันมากที่สุดเท่ากับ 1.53 ± 0.57 กรัมและชุดวิตามินซีและอี น้อยที่สุดเท่ากับ 0.83 ± 0.38 กรัม ในเพศเมียการทดลองชุดวิตามินซีมีอัตราการเจริญเติบโตต่อวันมากที่สุดเท่ากับ 0.75 ± 0.19 กรัมและชุดควบคุมน้อยที่สุดเท่ากับ 0.54 ± 0.06 กรัม เมื่อสิ้นสุดการทดลองในระยะเวลาที่ 2 เปรียบเทียบระหว่างเพศผู้และเพศเมียพบว่าโดยภาพรวมแล้วเพศผู้มีอัตราการเจริญเติบโตต่อวันสูงกว่าเพศเมียอย่างเห็นได้ชัด (ตารางที่ 7 และภาพที่ 9)

ตารางที่ 7 อัตราการเจริญเติบโตต่อวันของพ่อแม่พันธุ์ปลานิล (กรัม) ระยะเวลาที่ 2

| อัตราการเจริญเติบโตต่อวันของพ่อแม่พันธุ์ปลานิล (กรัม) ระยะเวลาที่ 2 | | | | |
|---|-------------------|-------------------|-------------------|-------------------|
| เพศ | ชุดควบคุม | ชุดวิตามินซี | ชุดวิตามินอี | ชุดวิตามินซีและอี |
| เพศผู้ | 1.02 ± 0.12^a | 1.53 ± 0.57^a | 1.06 ± 0.13^a | 0.83 ± 0.38^a |
| เพศเมีย | 0.54 ± 0.06^b | 0.75 ± 0.19^b | 0.74 ± 0.12^b | 0.56 ± 0.11^b |

หมายเหตุ ค่าเฉลี่ยที่มีอักษรกำกับต่างกันในแถวเดียวกันแสดงว่ามีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P < 0.05$)



ภาพที่ 9 อัตราการเจริญเติบโตต่อวันของพ่อแม่พันธุ์ปลานิล (กรัม) ระยะที่ 2

หมายเหตุ ค่าเฉลี่ยที่มีอักษรกำกับต่างกันแสดงว่ามีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ

($P < 0.05$)

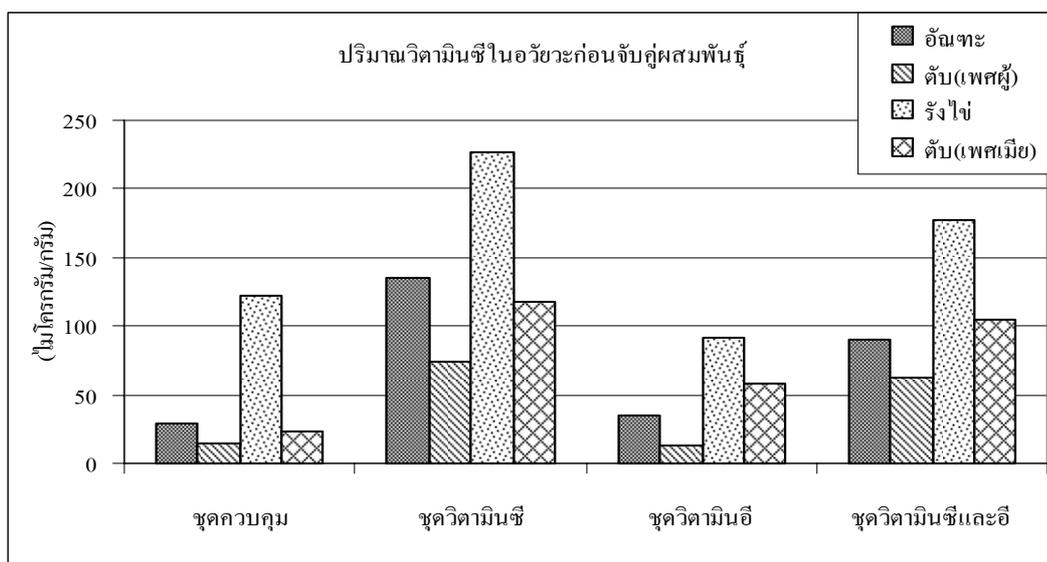
ปริมาณวิตามินซีและวิตามินอีที่พบในอวัยวะตับพันธุ์และในตับ

ปริมาณวิตามินซีก่อนการจับคู่ผสมพันธุ์

เมื่อสิ้นสุดการทดลองระยะที่ 1 หลังจากเลี้ยงปลานิลในกระชังแบบแยกเพศผู้และเพศเมีย เป็นระยะเวลา 66 วัน ได้ทำการเก็บตัวอย่างเนื้อเยื่อของอวัยวะ อันตะ รังไข่ และตับ ของทั้ง 4 ชุด การทดลองทั้งเพศผู้และเพศเมีย เพื่อทำการวิเคราะห์ปริมาณวิตามินซีและวิตามินอีที่สะสมใน เนื้อเยื่อดังกล่าว โดยพบว่าในชุดการทดลองที่เลี้ยงด้วยอาหารที่เสริมวิตามินซีจะมีปริมาณวิตามินซี ที่สะสมในทุกอวัยวะสูงกว่าชุดที่ไม่ได้รับการเสริมวิตามินซี ปริมาณวิตามินซีที่สะสมในอวัยวะ สืบพันธุ์ (อันตะและรังไข่) สูงกว่าในตับของปลาแต่ละเพศที่เลี้ยงด้วยอาหารทดลองสูตรเดียวกัน ในชุดการทดลองที่ใช้อาหารสูตรเดียวกันพบว่าปริมาณวิตามินซีที่สะสมในรังไข่จะสูงกว่าใน อันตะ และในชุดการทดลองที่ใช้อาหารสูตรเดียวกันพบว่าปริมาณวิตามินซีที่สะสมในตับของปลา นิลเพศเมียจะสูงกว่าในตับของปลานิลเพศผู้ของอาหารทั้ง 4 สูตร (ตารางที่ 8 และภาพที่ 10)

ตารางที่ 8 ปริมาณวิตามินซีที่สะสมในอวัยวะสืบพันธุ์และตับก่อนการจับคู่ผสมพันธุ์

| ชุดการทดลอง | ปริมาณวิตามินซีก่อนการจับคู่ผสมพันธุ์ (ไมโครกรัม/กรัม) | | | |
|-------------------|--|--------------|--------------|---------------|
| | อันทะ | ตับ (เพศผู้) | รังไข่ | ตับ (เพศเมีย) |
| ชุดควบคุม | 29.67±8.29 | 13.99±1.85 | 121.52±39.56 | 23.19±17.10 |
| ชุดวิตามินซี | 135.4±36.26 | 74.01±26.97 | 226.42±24.50 | 118.12±18.49 |
| ชุดวิตามินอี | 34.23±5.03 | 13.50±4.06 | 91.28±8.30 | 57.47±37.15 |
| ชุดวิตามินซีและอี | 89.43±24.35 | 61.88±5.68 | 177.56±90.04 | 105.31±3.00 |



ภาพที่ 10 ปริมาณวิตามินซีที่สะสมในอวัยวะสืบพันธุ์และตับก่อนการจับคู่ผสมพันธุ์

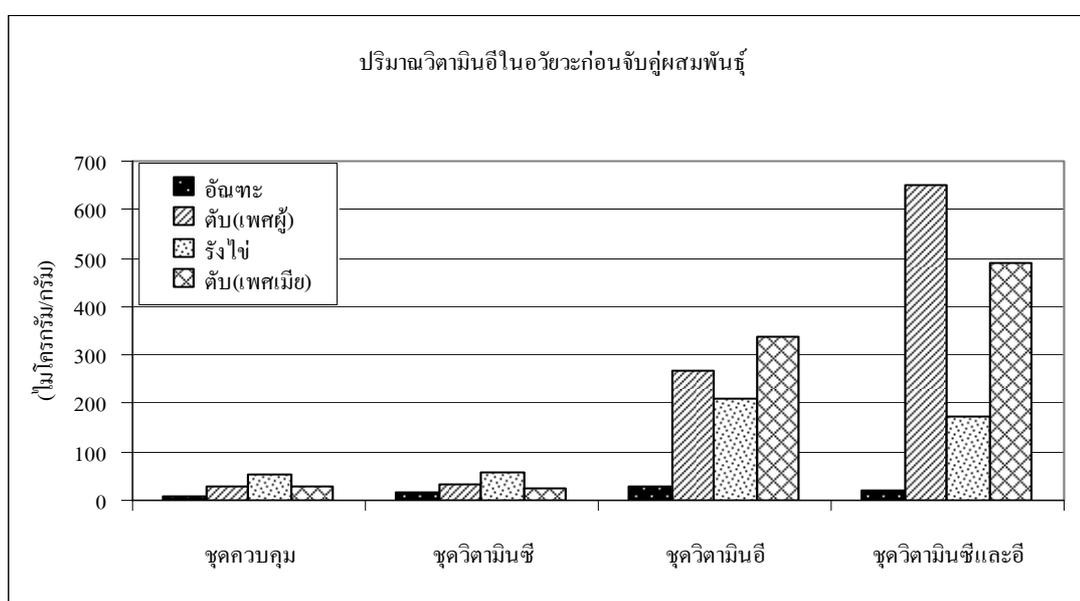
ปริมาณวิตามินอีก่อนการจับคู่ผสมพันธุ์

เมื่อสิ้นสุดการทดลองระยะที่ 1 โดยพบว่าในชุดการทดลองที่เลี้ยงด้วยอาหารที่เสริมวิตามินอีจะมีปริมาณวิตามินอีที่สะสมในทุกอวัยวะสูงกว่าชุดที่ไม่ได้รับการเสริมวิตามินอี ปริมาณวิตามินอีที่สะสมในตับของปลาแต่ละเพศจะสูงกว่าในอวัยวะสืบพันธุ์ (อันทะและรังไข่) ที่เลี้ยงด้วยอาหารทดลองสูตรเดียวกัน ในปลานิลเพศเมียของชุดการทดลองที่ไม่มีการเสริมวิตามินอีซึ่งได้แก่ชุดควบคุมและชุดวิตามินซีพบว่าปริมาณวิตามินอีในรังไข่จะสูงกว่าในตับ ในปลานิลเพศเมีย

ของการทดลองชุดที่มีการเสริมวิตามินอีได้แก่ชุดวิตามินอี และชุดวิตามินซีและอีพบว่าปริมาณวิตามินอีในตับสูงกว่าในรังไข่ และเมื่อเปรียบเทียบปริมาณวิตามินอีที่สะสมระหว่างในรังไข่และในอวัยวะของชุดการทดลองที่ใช้อาหารสูตรเดียวกันพบว่าปริมาณวิตามินอีที่สะสมในรังไข่จะสูงกว่าในอวัยวะของอาหารทั้ง 4 สูตร (ตารางที่ 9 และภาพที่ 11)

ตารางที่ 9 ปริมาณวิตามินอีที่สะสมในอวัยวะสืบพันธุ์และตับก่อนการจับคู่ผสมพันธุ์

| ชุดการทดลอง | ปริมาณวิตามินอีก่อนการจับคู่ผสมพันธุ์ (ไมโครกรัม/กรัม) | | | |
|-------------------|--|---------------|--------------|---------------|
| | อวัยวะ | ตับ (เพศผู้) | รังไข่ | ตับ (เพศเมีย) |
| ชุดควบคุม | 9.43±4.99 | 29.16±5.38 | 53.23±19.34 | 27.31±14.89 |
| ชุดวิตามินซี | 15.03±0.97 | 34.47±3.37 | 58.45±14.84 | 23.91±4.45 |
| ชุดวิตามินอี | 29.00±8.83 | 265.81±28.56 | 210.75±19.94 | 336.76±240.87 |
| ชุดวิตามินซีและอี | 18.82±1.44 | 649.17±406.08 | 172.52±39.83 | 489.14±119.31 |



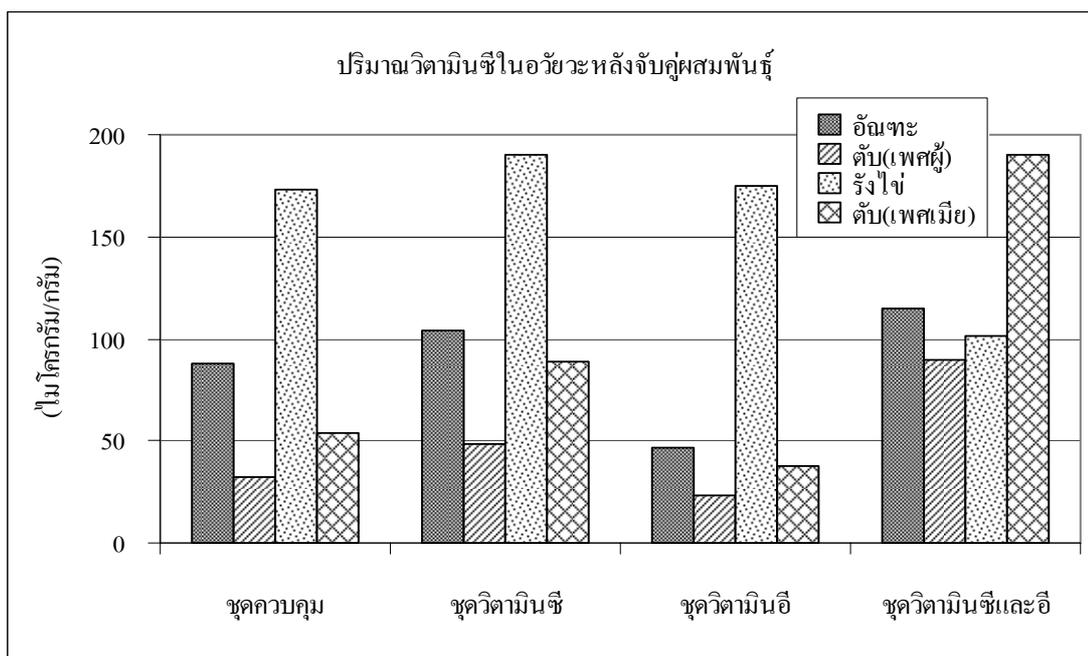
ภาพที่ 11 ปริมาณวิตามินอีที่สะสมในอวัยวะสืบพันธุ์และตับก่อนการจับคู่ผสมพันธุ์

ปริมาณวิตามินซีหลังการจับคู่ผสมพันธุ์

หลังจากนำพ่อแม่ปลานิลจากการทดลองระยะที่ 1 มาจับคู่ผสมพันธุ์กันแต่ละชุดการทดลอง ชุดละ 4 ซ้ำ ซ้ำละ 10 คู่ แต่ละซ้ำทำการทดลองในกระชังขนาด 3.0 x 4.0 x 1.5 ลูกบาศก์เมตร และทำการรวบรวมไข่ทุกๆ 5 วันเป็นเวลา 9 รอบติดต่อกันเป็นเวลา 45 วัน เมื่อสิ้นสุดการทดลองเก็บตัวอย่างเนื้อเยื่อของอวัยวะ รังไข่ และตับของทั้งเพศผู้และเพศเมียของแต่ละซ้ำมาวิเคราะห์ปริมาณวิตามินซีและวิตามินอีในเนื้อเยื่อดังกล่าวพบว่าโดยภาพรวมปริมาณวิตามินซีที่สะสมในอวัยวะสืบพันธุ์ (อวัยวะและรังไข่) ของแต่ละเพศยังคงสูงกว่าในระดับของการทดลองที่เลี้ยงด้วยอาหารสูตรเดียวกัน และโดยภาพรวมปริมาณวิตามินซีที่สะสมในรังไข่ยังคงมีแนวโน้มสูงกว่าในอวัยวะที่เลี้ยงด้วยอาหารทดลองชุดเดียวกันเช่นเดียวกันกับก่อนการจับคู่ผสมพันธุ์ ยกเว้นเพียงการทดลองชุดวิตามินซีและอีที่ปริมาณวิตามินซีในอวัยวะมากกว่าในรังไข่เล็กน้อยซึ่งอาจเนื่องมาจากแม่ปลานิลที่นำมาเก็บตัวอย่างรังไข่เพิ่งเสร็จจากการวางไข่ก็ได้จึงทำให้ปริมาณวิตามินซีในรังไข่ลดลง (ตารางที่ 10 และภาพที่ 12)

ตารางที่ 10 ปริมาณวิตามินซีที่สะสมในอวัยวะสืบพันธุ์และในระดับหลังการจับคู่ผสมพันธุ์

| ชุดการทดลอง | ปริมาณวิตามินซีหลังการจับคู่ผสมพันธุ์ (ไมโครกรัม/กรัม) | | | |
|-------------------|--|-------------|---------------|--------------|
| | อวัยวะ | ตับ(เพศผู้) | รังไข่ | ตับ(เพศเมีย) |
| ชุดควบคุม | 87.46±41.94 | 32.37±7.91 | 173.37±37.76 | 53.83±25.18 |
| ชุดวิตามินซี | 104.23±59.74 | 48.05±15.85 | 189.72±93.25 | 89.16±69.58 |
| ชุดวิตามินอี | 46.87±24.12 | 23.16±16.18 | 175.08±29.63 | 38.09±15.60 |
| ชุดวิตามินซีและอี | 114.62±53.72 | 89.40±64.19 | 101.12±100.31 | 190.14±85.89 |



ภาพที่ 12 ปริมาณวิตามินซีที่สะสมในอวัยวะสืบพันธุ์และตับหลังการจับกลุ่มสมพันธุ์

ปริมาณวิตามินอีหลังการจับกลุ่มสมพันธุ์

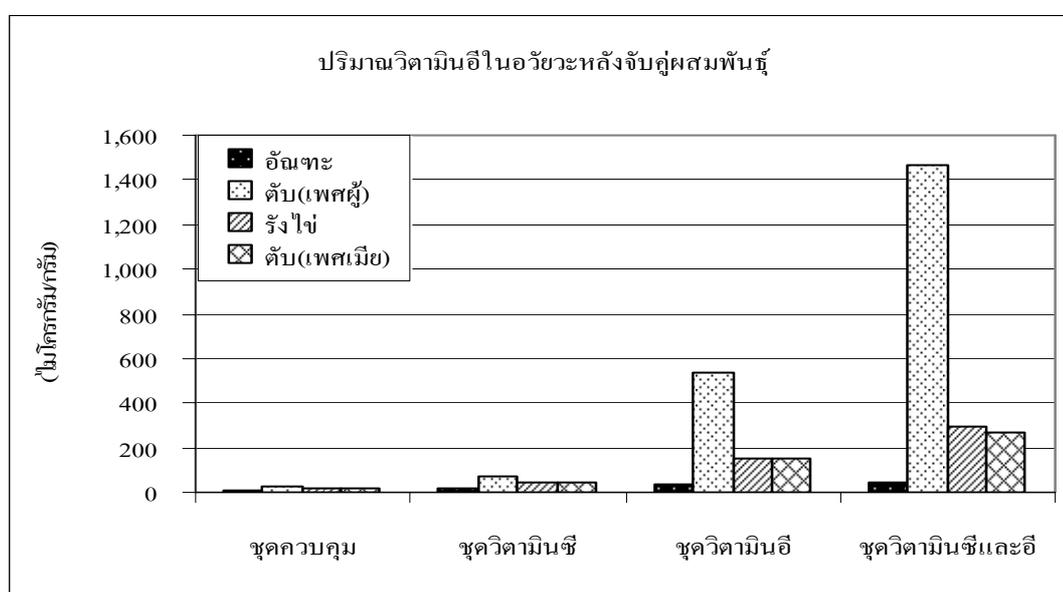
หลังจากนำพ่อแม่ปลานิลจากการทดลองระยะที่ 1 มาจับกลุ่มสมพันธุ์กันตามสูตรอาหาร เมื่อเสร็จสิ้นการทดลองระยะที่ 2 พบว่าในปลานิลเพศผู้ปริมาณวิตามินอีที่สะสมในระดับสูงกว่าในอวัยวะของการทดลองที่เลี้ยงด้วยอาหารชุดเดียวกันเหมือนกับก่อนการจับกลุ่มสมพันธุ์ ในตับของปลานิลเพศผู้ปริมาณวิตามินอีพบมากที่สุดในการทดลองชุดวิตามินซีและอี และน้อยที่สุดในชุดควบคุม ในอวัยวะปริมาณวิตามินอีที่พบมากที่สุดในการทดลองชุดวิตามินซีและอี และน้อยที่สุดในการทดลองชุดควบคุม และในการทดลองชุดที่มีการเสริมวิตามินอีจะพบวิตามินอีสะสมในระดับเพิ่มมากขึ้นอย่างชัดเจน (ตารางที่ 11 และภาพที่ 13)

ในปลานิลเพศเมียเมื่อเปรียบเทียบปริมาณวิตามินอีที่สะสมในรังไข่และในระดับของชุดการทดลองให้อาหารสูตรเดียวกันพบว่าปริมาณใกล้เคียงกัน โดยในรังไข่ปริมาณวิตามินอีที่มากที่สุดพบในการทดลองชุดวิตามินซีและอี และน้อยที่สุดในการทดลองชุดควบคุม ในตับของปลาเพศเมียปริมาณวิตามินอีมากที่สุดพบในการทดลองชุดวิตามินซีและอี และน้อยที่สุดพบในการทดลองชุดควบคุม เมื่อเปรียบเทียบปริมาณวิตามินอีที่สะสมในรังไข่และในอวัยวะของชุดการทดลองให้

อาหารสูตรเดียวกันพบว่าในรังไข่สูงกว่าในอวัยวะทุกชุดการทดลอง และเมื่อเปรียบเทียบปริมาณวิตามินอีที่สะสมในตับระหว่างปลานิลเพศผู้และปลานิลเพศเมียของชุดการทดลองให้อาหารสูตรเดียวกันพบว่าในตับปลานิลเพศผู้สูงกว่าในตับแม่ปลานิลเพศเมียทุกชุดการทดลอง (ตารางที่ 11 และภาพที่ 13)

ตารางที่ 11 ปริมาณวิตามินอีที่สะสมในอวัยวะสืบพันธุ์และตับหลังการจับคู่ผสมพันธุ์

| ชุดการทดลอง | ปริมาณวิตามินอีหลังการจับคู่ผสมพันธุ์ (ไมโครกรัม / กรัม) | | | |
|-------------------|--|-------------------|--------------|---------------|
| | อวัยวะ | ตับ(เพศผู้) | รังไข่ | ตับ(เพศเมีย) |
| ชุดควบคุม | 8.10±5.72 | 28.51±15.74 | 13.90±4.93 | 18.54±10.08 |
| ชุดวิตามินซี | 18.16±9.69 | 70.12±61.37 | 45.90±17.66 | 42.43±12.41 |
| ชุดวิตามินอี | 37.97±6.92 | 539.08±140.65 | 154.40±37.58 | 154.91±70.97 |
| ชุดวิตามินซีและอี | 40.78±11.67 | 1,465.15±1,229.38 | 294.52±92.81 | 266.13±152.20 |



ภาพที่ 13 ปริมาณวิตามินอีที่สะสมในอวัยวะสืบพันธุ์และตับหลังการจับคู่ผสมพันธุ์

จำนวนแม่ปลาที่วางไข่

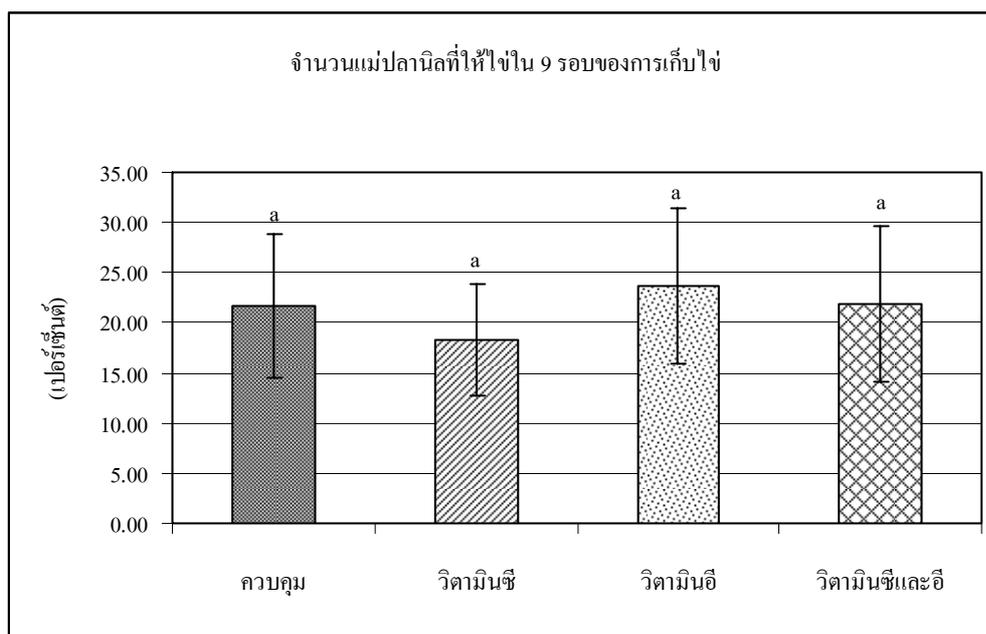
เมื่อการเก็บรวบรวมไข่จากแต่ละชุดการทดลองทุก ๆ 5 วันติดต่อกันจำนวน 9 รอบของการสืบพันธุ์เป็นเวลา 45 วัน พบว่าเปอร์เซ็นต์ของจำนวนแม่ปลาที่ไข่เฉลี่ยแต่ละชุดการทดลองมีดังนี้ ชุดควบคุมเฉลี่ยเท่ากับ 21.67 ± 7.18 เปอร์เซ็นต์ ชุดวิตามินซีเฉลี่ยเท่ากับ 18.33 ± 5.59 เปอร์เซ็นต์ ชุดวิตามินอีเฉลี่ยเท่ากับ 23.61 ± 7.72 เปอร์เซ็นต์ ชุดวิตามินซีและอีเฉลี่ยเท่ากับ 21.94 ± 7.78 เปอร์เซ็นต์ โดยชุดวิตามินอีมีจำนวนแม่ปลาที่ไข่เฉลี่ยสูงที่สุด และชุดวิตามินซีมีจำนวนแม่ปลาที่ไข่เฉลี่ยต่ำที่สุด จำนวนแม่ปลาที่ไข่ของทุกชุดการทดลองไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญ ($P > 0.05$) (ตารางที่ 12 และภาพที่ 14)

ตารางที่ 12 เปอร์เซ็นต์ของจำนวนแม่ปลานิลที่ไข่เฉลี่ยใน 9 รอบของการเก็บไข่

| ชุดการทดลอง | เปอร์เซ็นต์ของจำนวนแม่ปลาที่ไข่เฉลี่ยใน 9 รอบของการเก็บไข่ | | | |
|-------------|--|--------------------|--------------------|--------------------|
| | ควบคุม | วิตามินซี | วิตามินอี | วิตามินซีและอี |
| เปอร์เซ็นต์ | 21.67 ± 7.18^a | 18.33 ± 5.59^a | 23.61 ± 7.72^a | 21.94 ± 7.78^a |

หมายเหตุ ค่าเฉลี่ยที่มีอักษรกำกับต่างกันแสดงว่ามีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ

($P < 0.05$)



ภาพที่ 14 จำนวนแม่ปลาที่ให้ไข่เฉลี่ยใน 9 รอบของการเก็บไข่

หมายเหตุ ค่าเฉลี่ยที่มีอักษรกำกับต่างกันแสดงว่ามีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ

($P < 0.05$)

ไข่ปลาที่รวบรวมได้แบ่งตามระยะการพัฒนาคัพภะได้ 5 ระยะดังนี้ ระยะที่ 1 ไข่มีสีเหลืองอ่อนตลอดทั้งฟอง ระยะที่ 2 ไข่เกิดตาเป็นจุดสีดำไข่มีสีเหลืองเข้มขึ้น ระยะที่ 3 ไข่มีสีเข้มขึ้นเป็นสีน้ำตาลมากกว่าระยะที่ 2 พัฒนาเป็นตัวอ่อนสังเกตเห็นตาสีดำชัดเจนและมีมัดกล้ามเนื้อตามแนวกระดูกสันหลังและส่วนหางสังเกตเห็นชัดเจนอยู่ภายในไข่ ระยะที่ 4 ไข่ฟักออกเป็นตัวลูกปลา แต่ยังมีถุงไข่แดงติดอยู่ ระยะที่ 5 ลูกปลามีการพัฒนามากขึ้นถุงไข่แดงยุบลง ลูกปลาว่ายน้ำได้ดีขึ้น (มานพ และคณะ 2536) ในการศึกษาครั้งนี้พบว่าแม่ปลาให้ไข่ทั้ง 5 ระยะ แตกต่างกันไป ตามชุดการทดลองดังนี้

จำนวนแม่ปลาที่ให้ไข่ระยะที่ 1 พบว่าชุดควบคุมเฉลี่ยเท่ากับ 48.15 ± 18.71 เปอร์เซ็นต์ ชุดวิตามินซีเฉลี่ยเท่ากับ 35.35 ± 13.38 เปอร์เซ็นต์ ชุดวิตามินอีเฉลี่ยเท่ากับ 31.75 ± 12.52 เปอร์เซ็นต์ ชุดวิตามินซีและอีเฉลี่ยเท่ากับ 41.41 ± 12.23 เปอร์เซ็นต์ ชุดควบคุมมีเปอร์เซ็นต์จำนวนแม่ปลาที่ให้ไข่ระยะที่ 1 เฉลี่ยสูงที่สุด และชุดวิตามินอีเฉลี่ยต่ำที่สุด ทุกชุดการทดลองไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P > 0.05$) (ตารางที่ 13 และภาพที่ 10)

จำนวนแม่ปลานิลที่ให้อาหารระยะที่ 2-3 เนื่องจากในการปฏิบัติงานภาคสนามการแยกไข่ปลานิลระหว่างระยะที่ 2 และระยะที่ 3 ทำได้ไม่ชัดเจนนัก ดังนั้นการศึกษาค้างนี้จึงรวมเป็นระยะเดียวกัน จากการศึกษาพบว่าจำนวนแม่ปลานิลที่ให้อาหารระยะที่ 2-3 มีดังนี้ ชุดควบคุมเฉลี่ยเท่ากับ 31.75 ± 21.67 เปอร์เซ็นต์ ชุดวิตามินซีเฉลี่ยเท่ากับ 38.92 ± 20.06 เปอร์เซ็นต์ ชุดวิตามินอีเฉลี่ยเท่ากับ 55.20 ± 16.69 เปอร์เซ็นต์ ชุดวิตามินซีและอีเฉลี่ยเท่ากับ 49.72 ± 15.81 เปอร์เซ็นต์ ชุดวิตามินอีมีค่าเฉลี่ยสูงที่สุด ชุดวิตามินซีมีค่าเฉลี่ยต่ำที่สุด ทุกชุดการทดลองไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P > 0.05$) (ตารางที่ 13 และภาพที่ 10)

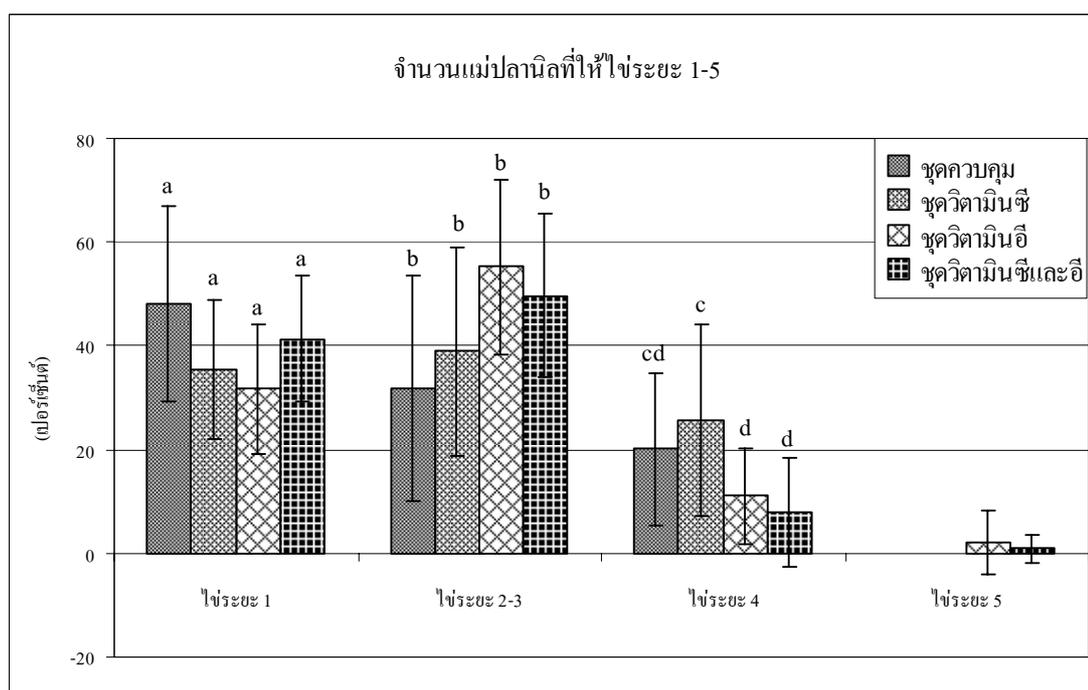
จำนวนแม่ปลานิลที่ให้อาหารระยะที่ 4 พบว่า ชุดควบคุมเฉลี่ยเท่ากับ 20.10 ± 14.58 เปอร์เซ็นต์ ชุดวิตามินซีเฉลี่ยเท่ากับ 25.73 ± 18.40 เปอร์เซ็นต์ ชุดวิตามินอีเฉลี่ยเท่ากับ 11.03 ± 9.19 เปอร์เซ็นต์ ชุดวิตามินซีและอีเฉลี่ยเท่ากับ 7.94 ± 10.40 เปอร์เซ็นต์ ชุดวิตามินซีมีเปอร์เซ็นต์จำนวนแม่ปลาที่ให้อาหารระยะที่ 4 มากที่สุด และชุดวิตามินซีและอีน้อยที่สุด โดยชุดวิตามินซีแตกต่างจากชุดวิตามินอี และชุดวิตามินซีและอีอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P < 0.05$) ชุดควบคุมมีเปอร์เซ็นต์จำนวนแม่ปลาที่ให้อาหารระยะที่ 4 อยู่ระหว่าง 2 กลุ่มข้างต้น (ตารางที่ 13 และภาพที่ 15)

จำนวนแม่ปลานิลที่ให้อาหารในระยะเวลาที่ 5 ในระหว่างการศึกษามีเพียง 2 ครั้ง คือในการรวบรวมเก็บไข่ในรอบที่ 5 และในรอบที่ 6 โดยในรอบที่ 5 พบในชุดวิตามินอี จำนวน 2 ตัว เท่ากับ 2.02 ± 6.06 เปอร์เซ็นต์ และในรอบที่ 6 พบในชุดวิตามินซีและอี จำนวน 1 ตัว เท่ากับ 0.93 ± 2.78 เปอร์เซ็นต์ ซึ่งไม่สามารถนำมาทดสอบทางสถิติได้ (ตารางที่ 13 และภาพที่ 15)

ตารางที่ 13 จำนวนแม่ปลานิล (เปอร์เซ็นต์) ที่ให้ไข่ในระยะต่าง ๆ

| ไข่ระยะ | เปอร์เซ็นต์จำนวนแม่ปลานิลที่ให้ไข่ในระยะต่าง ๆ | | | |
|---------|--|--------------------------|--------------------------|--------------------------|
| | ชุดควบคุม | ชุดวิตามินซี | ชุดวิตามินอี | ชุดวิตามินซีและอี |
| 1 | 48.15±18.71 ^a | 35.35±13.38 ^a | 31.75±12.52 ^a | 41.41±12.23 ^a |
| 2-3 | 31.75±21.67 ^b | 38.92±20.06 ^b | 55.20±16.69 ^b | 49.72±15.81 ^b |
| 4 | 20.10±14.58 ^{cd} | 25.73±18.40 ^c | 11.03±9.19 ^d | 7.94±10.40 ^d |
| 5 | 0 | 0 | 2.02±6.06 | 0.93±2.78 |
| รวม | 100 | 100 | 100 | 100 |

หมายเหตุ ค่าเฉลี่ยที่มีอักษรกำกับต่างกันแถวเดียวกันแสดงว่ามีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P < 0.05$)



ภาพที่ 15 จำนวนแม่ปลา (เปอร์เซ็นต์) ที่ให้ไข่ในระยะต่างๆ

หมายเหตุ ค่าเฉลี่ยที่มีอักษรกำกับต่างกันของไข่ปลานิลในระยะเดียวกันแสดงว่ามีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P < 0.05$)

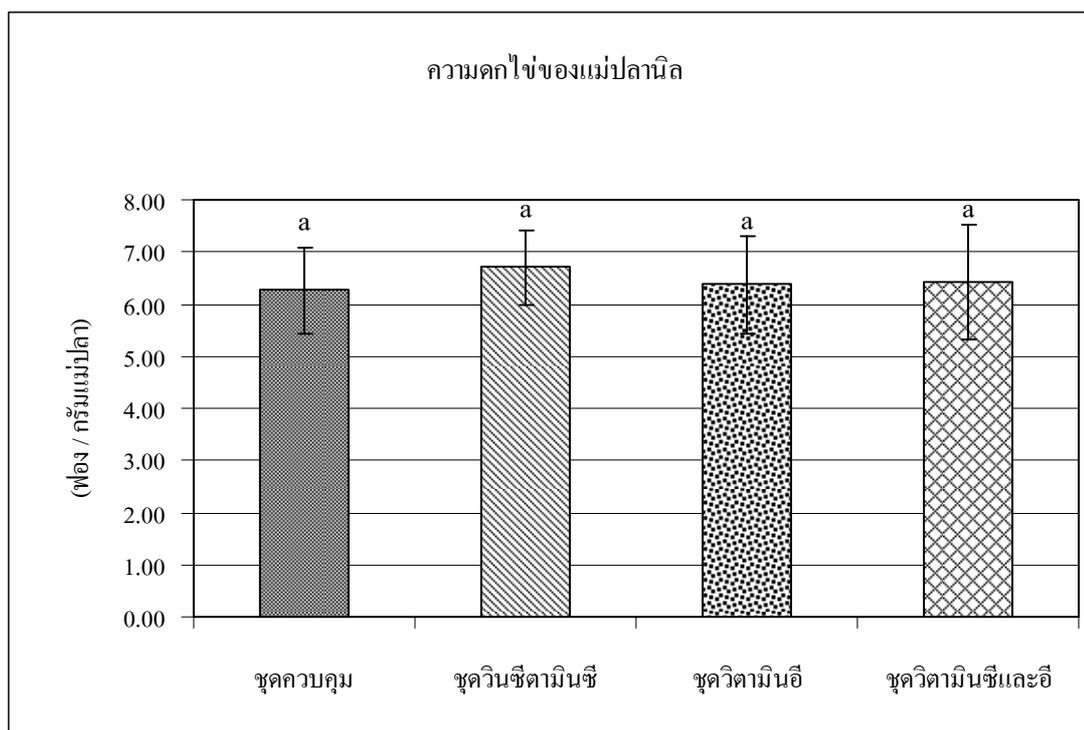
ความคดไข

ความคดไขในการศีกษาครั้งนี้ หมายถึง จำนวนไขหรือลูกปลาที่รวบรวมไดจากการเคาะปากแมปลาชนิดตอกรั้แมปลาใน 9 รอบของการทดลอง แตละรอบระยะเวลาห่ากัน 5 วัน พบว่าชุดควบคุมมีความคดไขเฉลี่ยเท่ากับ 6.26 ± 0.83 ฟองตอกรั้แมปลา ชุดวิตามินซีเฉลี่ยเท่ากับ 6.71 ± 0.72 ฟอง ชุดวิตามินอีเฉลี่ยเท่ากับ 6.38 ± 0.94 ฟอง ชุดวิตามินซีและอี เฉลี่ยเท่ากับ 6.43 ± 1.10 ฟอง ชุดวิตามินซีมีความคดไขเฉลี่ยมากที่สุด และชุดควบคุมมีความคดไขเฉลี่ยน้อยที่สุด โดยทุกชุดการทดลองไมมีความแตกต่าอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P > 0.05$) (ตารางที่ 14 และภาพที่ 16)

ตารางที่ 14 ความคดไขของแมปลานิล

| ความคดไขของแมปลานิล (จำนวนไข (ฟอง) / กรั้แมปลา) | | | | |
|---|-------------------|-------------------|-------------------|-------------------|
| | ชุดควบคุม | ชุดวิตามินซี | ชุดวิตามินอี | ชุดวิตามินซีและอี |
| เฉลี่ย | 6.26 ± 0.83^a | 6.71 ± 0.72^a | 6.38 ± 0.94^a | 6.43 ± 1.10^a |

หมายเหตุ ค่าเฉลี่ยที่มีอักษรกำกับต่ากันแสดงว่ามีความแตกต่าอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P < 0.05$)



ภาพที่ 16 ความคืบหน้าของแม่ปลานิล

หมายเหตุ ค่าเฉลี่ยที่มีอักษรกำกับต่างกันแสดงว่ามีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ

($P < 0.05$)

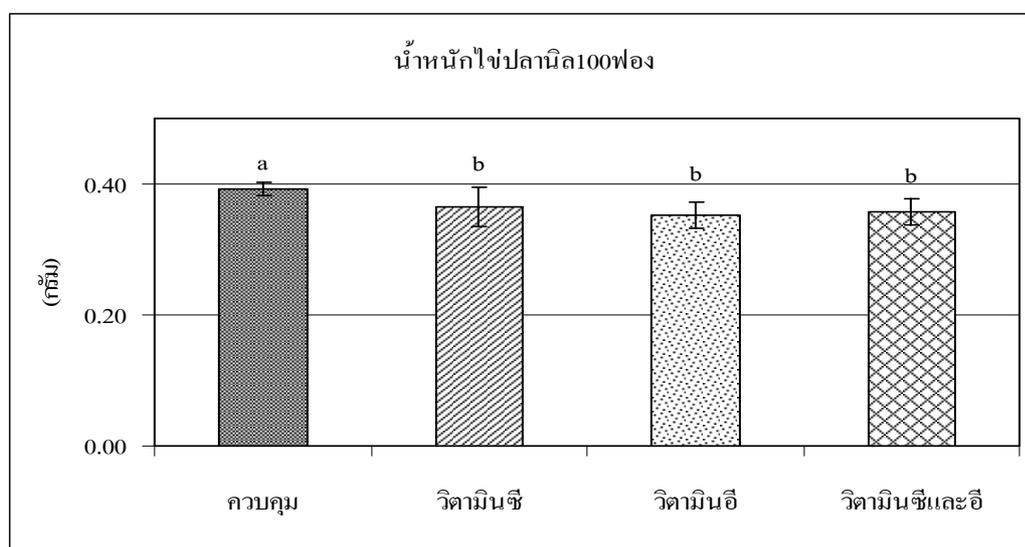
ขนาดของไข่

ขนาดของไข่ในการศึกษาครั้งนี้คิดจากไข่ปลานิลระยะที่ 1-3 โดยชั่งน้ำหนักไข่ปลานิลครั้งละ 100 ฟอง จำนวน 3 ครั้ง แล้วหาค่าเฉลี่ย จากแม่ปลาแต่ละตัวที่เก็บไข่ได้ ของแต่ละซ้ำ และของแต่ละชุดการทดลอง จากการศึกษาเก็บรวบรวมไข่จากปากแม่ปลานิลเป็นระยะเวลา 9 รอบ ติดต่อกัน พบว่าชุดควบคุมมีน้ำหนักไข่เฉลี่ยต่อ 100 ฟอง เท่ากับ 0.39 ± 0.01 กรัม ชุดวิตามินซีเฉลี่ยเท่ากับ 0.36 ± 0.03 กรัม ชุดวิตามินอีเฉลี่ยเท่ากับ 0.35 ± 0.02 กรัม ชุดวิตามินซีและอี เฉลี่ยเท่ากับ 0.36 ± 0.02 กรัม พบว่าชุดควบคุมมีน้ำหนักไข่เฉลี่ยต่อ 100 ฟองสูงที่สุด และชุดวิตามินอีมีน้ำหนักไข่เฉลี่ยต่อ 100 ฟองต่ำที่สุด พบว่าชุดควบคุมมีน้ำหนักไข่เฉลี่ยแตกต่างจากชุดวิตามินซี ชุดวิตามินอี และชุดวิตามินซีและอีอย่างมีนัยสำคัญ ($P < 0.05$) (ตารางที่ 15 และภาพที่ 17)

ตารางที่ 15 น้ำหนักไขปลานิลเฉลี่ย (กรัม) ต่อ 100 ฟอง

| น้ำหนักไขเฉลี่ย (กรัม) ต่อ 100 ฟอง | | | | |
|------------------------------------|------------------------|------------------------|------------------------|------------------------|
| ชุดการทดลอง | ควบคุม | วิตามินซี | วิตามินอี | วิตามินซีและอี |
| เฉลี่ย | 0.39±0.01 ^a | 0.36±0.03 ^b | 0.35±0.02 ^b | 0.36±0.02 ^b |

หมายเหตุ ค่าเฉลี่ยที่มีอักษรกำกับต่างกันแสดงว่ามีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P < 0.05$)



ภาพที่ 17 ขนาดของไขปลานิลคิดเป็นน้ำหนัก (กรัม) ต่อ 100 ฟอง

หมายเหตุ ค่าเฉลี่ยที่มีอักษรกำกับต่างกันแสดงว่ามีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P < 0.05$)

อัตราการฟักไขปลานิล

ไขปลานิลที่รวบรวมได้มีการพัฒนาของไข่ตั้งแต่ระยะที่ 1 ไปจนถึงระยะที่ 5 ไข่ปลาระยะที่ 1 ถึงระยะที่ 3 จะต้องนำมาทำการฟักให้ออกเป็นตัว ไขปลานิลระยะที่ 1 เป็นไข่ที่เริ่มพัฒนาเป็นระยะแรกมีลักษณะเป็นสีเหลืองอ่อน ไขปลานิลในระยะที่ 2 จะเกิดตาเป็นจุดสีดำไข่มีสีเหลืองเข้มขึ้น ไขปลานิลในระยะที่ 3 มีการพัฒนากัพบะเกิดตาสีดำจนถึงขั้นเป็นตัว แต่ยังไม่ฟักเป็นตัวออก

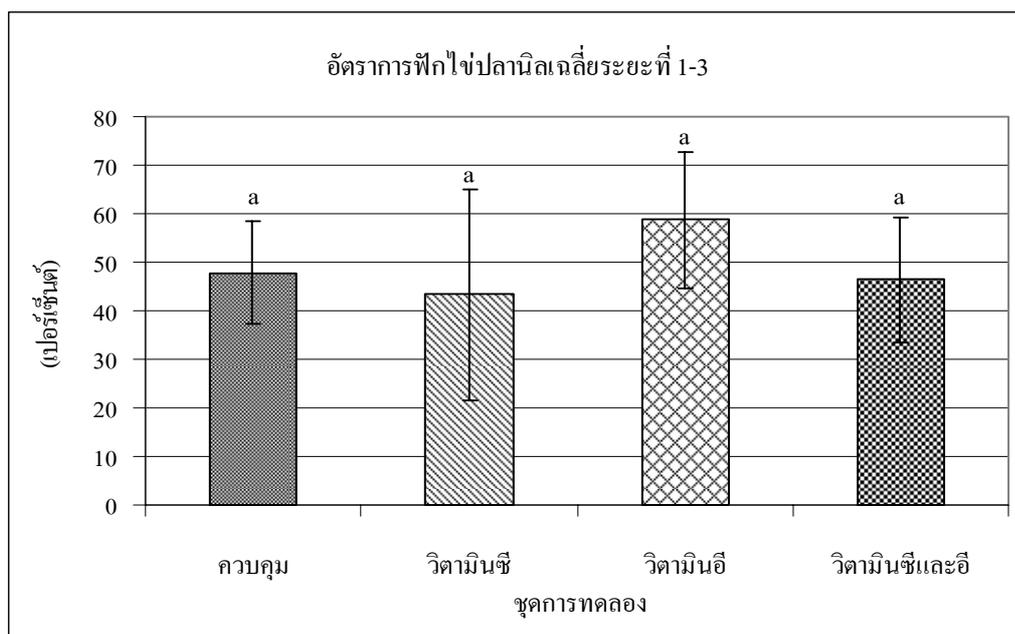
จากไข่ ในการทำงานในภาคสนามไม่สามารถแยกไข่ปลาในระยะที่ 2 และ 3 ออกจากกันได้อย่างชัดเจน จึงทำการเก็บรวบรวมฟักเป็นระยะเดียวกัน ส่วนการพัฒนาคัพภะเป็นระยะ 4 ลูกปลาจะฟักออกเป็นตัวหลุดออกมาจากเปลือกไข่และมีถุง โยล์คอาหารติดมาด้วย การพัฒนาคัพภะในระยะที่ 5 ถุง โยล์คอาหารจะยุบและลูกปลาสามารถว่ายน้ำได้อย่างสมบูรณ์ (มานพ และคณะ, 2536)

การศึกษาอัตราการฟักไข่จึงทำการศึกษาจากไข่ระยะที่ 1 ถึง 3 ใน 9 รอบของการทดลอง เก็บรวบรวมไข่ทุกๆ 5 วัน เนื่องจากไข่ในระยะที่ 4 เป็นระยะที่ฟักออกเป็นตัวแล้วจึงไม่นำมาคิดเป็นอัตราการฟัก ซึ่งมีผลดังนี้ ชุดควบคุมมีอัตราการฟักไข่เฉลี่ยเท่ากับ 47.83 ± 10.60 เปอร์เซ็นต์ ชุดวิตามินซี มีอัตราการฟักไข่เฉลี่ยเท่ากับ 43.33 ± 21.79 เปอร์เซ็นต์ ชุดวิตามินอีมีอัตราการฟักไข่เฉลี่ยเท่ากับ 58.67 ± 13.90 เปอร์เซ็นต์ และชุดวิตามินซีและอีมีอัตราการฟักไข่เฉลี่ยเท่ากับ 46.36 ± 12.94 เปอร์เซ็นต์ โดยพบว่า ชุดวิตามินอีมีค่าเฉลี่ยอัตราการฟักไข่มากที่สุด และชุดวิตามินซีมีค่าเฉลี่ยอัตราการฟักไข่ต่ำที่สุด อัตราการฟักไข่เฉลี่ยของทุกชุดการทดลองไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P > 0.05$) (ตารางที่ 16 และภาพที่ 18)

ตารางที่ 16 อัตราการฟักเฉลี่ยของไข่ปลานิลแต่ละชุดการทดลอง

| อัตราการฟักเฉลี่ยของไข่ปลานิล (เปอร์เซ็นต์) | | | | |
|---|---------------------|---------------------|---------------------|---------------------|
| ชุดการทดลอง | ควบคุม | วิตามินซี | วิตามินอี | วิตามินซีและอี |
| เปอร์เซ็นต์ | 47.83 ± 10.60^a | 43.33 ± 21.79^a | 58.67 ± 13.90^a | 46.36 ± 12.94^a |

หมายเหตุ ค่าเฉลี่ยที่มีอักษรกำกับต่างกันแสดงว่ามีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P < 0.05$)



ภาพที่ 18 อัตราการฟักเฉลี่ยของไข่ปลานิลแต่ละชุดการทดลอง

หมายเหตุ ค่าเฉลี่ยที่มีอักษรกำกับต่างกันแสดงว่ามีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ

($P < 0.05$)

เมื่อทำการแยกอัตราการฟักไข่ออกตามระยะของไข่ที่รวบรวมได้ โดยแบ่งออกเป็นไข่ปลานิลระยะที่ 1 และระยะที่ 2-3 พบว่าไข่ปลานิลที่ระยะที่ 1 มีอัตราการฟักไข่ ดังนี้ ชุดควบคุมอัตราการฟักมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 34.81 ± 16.75 เปอร์เซ็นต์ ชุดวิตามินซีอัตราการฟักมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 27.27 ± 23.25 เปอร์เซ็นต์ ชุดวิตามินอีอัตราการฟักมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 31.64 ± 21.20 เปอร์เซ็นต์ ชุดวิตามินซีและอีมีอัตราการฟักมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 24.89 ± 17.74 เปอร์เซ็นต์ ในไข่ปลานิลระยะที่ 1 นี้ ชุดควบคุมมีอัตราการฟักไข่เฉลี่ยสูงสุด ชุดวิตามินซีและอีมีอัตราการฟักไข่เฉลี่ยต่ำที่สุด ทุกชุดการทดลองไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P > 0.05$) (ตารางที่ 17 และกราฟที่ 19)

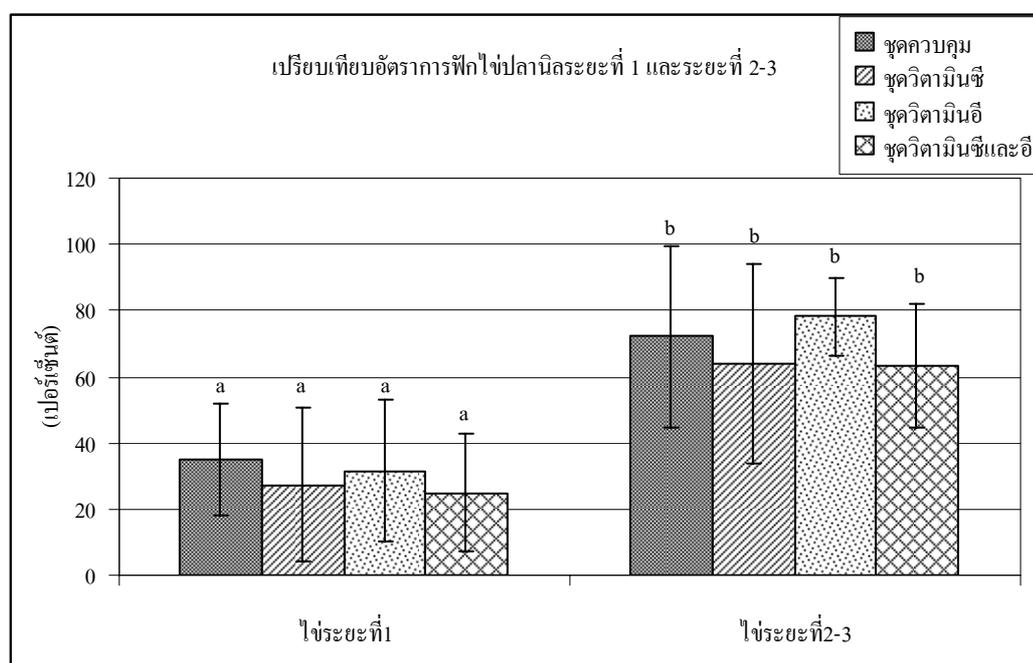
ไข่ปลานิลระยะที่ 2-3 มีอัตราการฟัก ดังนี้ ชุดควบคุมอัตราการฟักมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 72.16 ± 27.26 เปอร์เซ็นต์ ชุดวิตามินซีอัตราการฟักมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 63.90 ± 30.31 เปอร์เซ็นต์ ชุดวิตามินอีอัตราการฟักมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 78.20 ± 11.80 เปอร์เซ็นต์ ชุดวิตามินซีและอีอัตราการฟักมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 63.40 ± 18.54 เปอร์เซ็นต์ โดยชุดวิตามินอี มีอัตราการฟักไข่ในระยะนี้เฉลี่ยสูงสุด ชุดวิตามินซีและอี มีอัตราการฟักต่ำที่สุด ทุกชุดการทดลองไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P > 0.05$) (ตารางที่ 17 และภาพที่ 19)

เมื่อนำอัตราการฟักของไข่ปลานิลระยะที่ 1 และระยะที่ 2-3 ของแต่ละชุดการทดลองของการเก็บรวบรวมไข่ทั้ง 9 รอบ มาเปรียบเทียบกันพบว่าไข่ปลานิลระยะที่ 2-3 มีอัตราการฟักสูงกว่าไข่ระยะที่ 1 ประมาณ 2 เท่า (ตารางที่ 17 และภาพที่ 14)

ตารางที่ 17 เปรียบเทียบอัตราการฟัก (เปอร์เซ็นต์) ของไข่ปลานิลระยะที่ 1 และ 2-3

| เปรียบเทียบอัตราการฟัก (เปอร์เซ็นต์) ของไข่ปลานิลระยะที่ 1 และ 2-3 | | | | |
|--|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|
| ชุดการทดลอง | ชุดควบคุม | ชุดวิตามินซี | ชุดวิตามินอี | วิตามินซีและอี |
| ไข่ระยะที่ 1 | 34.82±16.75 ^a | 27.27±23.25 ^a | 31.64±21.20 ^a | 24.89±17.74 ^a |
| ไข่ระยะที่ 2-3 | 72.16±27.26 ^b | 63.90±30.3 ^b | 78.20±11.80 ^b | 63.40±18.54 ^b |

หมายเหตุ ค่าเฉลี่ยที่มีอักษรกำกับในแถวเดียวกันต่างกันแสดงว่ามีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P < 0.05$)



ภาพที่ 19 เปรียบเทียบอัตราการฟักไข่ปลานิลระยะที่ 1 และ 2-3

หมายเหตุ ค่าเฉลี่ยที่มีอักษรกำกับต่างกันแสดงว่ามีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P < 0.05$)

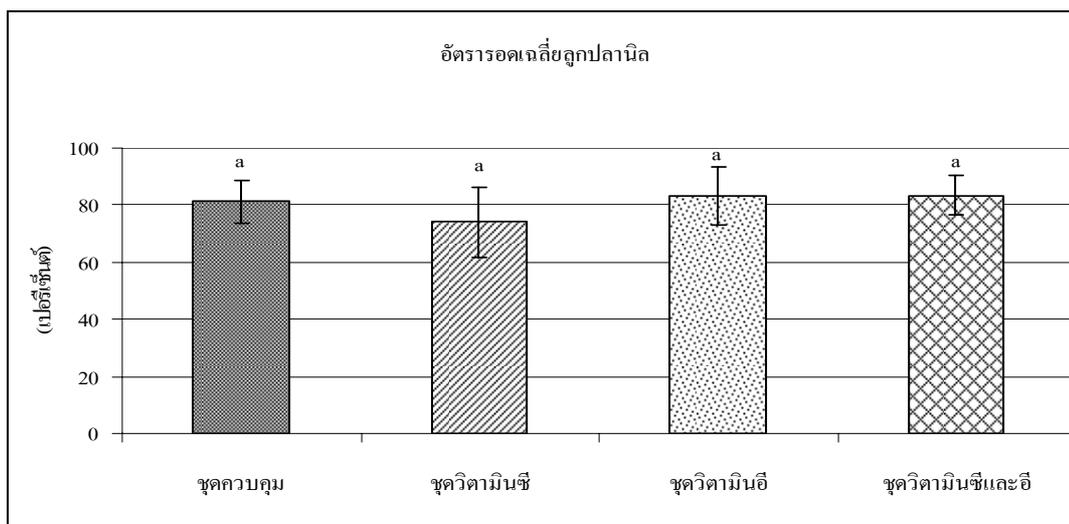
อัตราการรอดของลูกปลานิล

อัตราการรอดโดยภาพรวมมีดังนี้ ชุดควบคุมมีค่าอัตราการรอดเฉลี่ยเท่ากับ 81.18 ± 7.65 เปอร์เซ็นต์ ชุดวิตามินซีมีค่าอัตราการรอดเฉลี่ยเท่ากับ 76.25 ± 12.32 เปอร์เซ็นต์ ชุดวิตามินอีมีค่าอัตราการรอดเฉลี่ยเท่ากับ 83.92 ± 10.21 เปอร์เซ็นต์ ชุดวิตามินซีและอีมีค่าอัตราการรอดเฉลี่ยเท่ากับ 84.92 ± 6.77 เปอร์เซ็นต์ ชุดวิตามินซีและอี มีค่าอัตราการรอดเฉลี่ยมากที่สุด ชุดวิตามินซีมีค่าอัตราการรอดเฉลี่ยน้อยที่สุด ทุกชุดการทดลองไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P > 0.05$) (ตารางที่ 18 และภาพที่ 20)

ตารางที่ 18 อัตราการรอดเฉลี่ย (เปอร์เซ็นต์) ของลูกปลานิลจากแต่ละชุดการทดลอง

| อัตราการรอดเฉลี่ย (เปอร์เซ็นต์) ของลูกปลานิล | | | |
|--|---------------------|---------------------|--------------------|
| ชุดควบคุม | ชุดวิตามินซี | ชุดวิตามินอี | ชุดวิตามินซีและอี |
| 81.18 ± 7.65^a | 76.25 ± 12.32^a | 83.92 ± 10.21^a | 84.92 ± 6.77^a |

หมายเหตุ ค่าเฉลี่ยที่มีอักษรกำกับต่างกันแสดงว่ามีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P < 0.05$)



ภาพที่ 20 อัตรารอดเฉลี่ย (เปอร์เซ็นต์) ของลูกปลาชนิดจากแต่ละชุดการทดลอง

หมายเหตุ ค่าเฉลี่ยที่มีอักษรกำกับต่างกันแสดงว่ามีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ

($P < 0.05$)

ขนาดลูกปลาชนิด

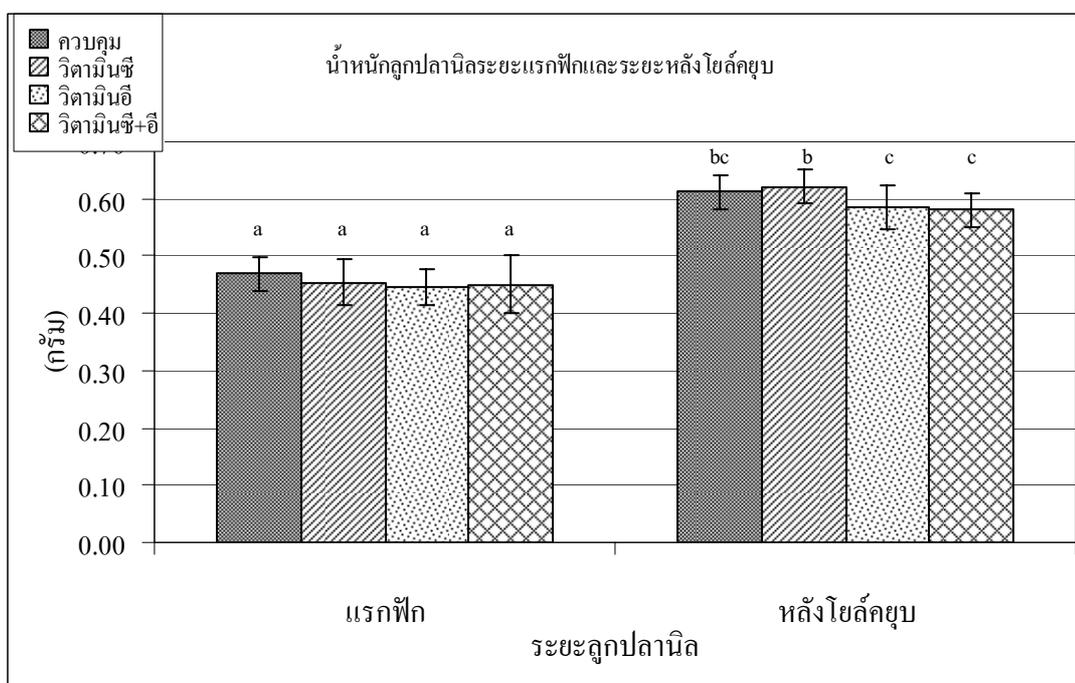
ขนาดลูกปลาระยะแรกฟัก เป็นระยะที่ลูกปลาฟักเป็นตัวใหม่ ๆ ยังมีถุง โยล์คอาหารบริเวณท้องติดอยู่ พบว่า ชุดควบคุมมีน้ำหนักเฉลี่ยต่อลูกปลาจำนวน 100 ตัว เท่ากับ 0.47 ± 0.03 กรัม ชุดวิตามินซีมีน้ำหนักเฉลี่ยเท่ากับ 0.46 ± 0.04 กรัม ชุดวิตามินอีมีน้ำหนักเฉลี่ยเท่ากับ 0.44 ± 0.03 กรัม ชุดวิตามินซีและอีมีน้ำหนักเฉลี่ยเท่ากับ 0.45 ± 0.05 กรัม โดยพบว่าชุดควบคุมมีขนาดน้ำหนักลูกปลาแรกฟักเฉลี่ยมากที่สุด และชุดวิตามินอีมีขนาดน้ำหนักลูกปลาแรกฟักเฉลี่ยน้อยที่สุด ทุกชุดการทดลองไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P > 0.05$)

ลูกปลาในระยะถุง โยล์คอาหารยุบ พบว่าชุดควบคุมมีน้ำหนักเฉลี่ยต่อลูกปลาจำนวน 100 ตัว เท่ากับ 0.61 ± 0.03 กรัม ชุดวิตามินซีมีน้ำหนักเฉลี่ยเท่ากับ 0.62 ± 0.03 กรัม ชุดวิตามินอีมีน้ำหนักเฉลี่ยเท่ากับ 0.58 ± 0.04 กรัม ชุดวิตามินซีและอีมีน้ำหนักเฉลี่ยเท่ากับ 0.58 ± 0.030 กรัม และพบว่ามีความแตกต่างทางสถิติระหว่างชุดการทดลอง ($P < 0.05$) (ตารางที่ 19 และภาพที่ 21)

ตารางที่ 19 เปรียบเทียบระหว่างน้ำหนัก (กรัม) ลูกปลาแรกฟักและหลังโยล้คยุบ / 100 ตัว

| เปรียบเทียบระหว่างน้ำหนักลูกปลาระยะแรกฟักและหลังโยล้คยุบ/100ตัว | | | | |
|---|-------------------------|------------------------|------------------------|------------------------|
| ชุดการทดลอง | ควบคุม | วิตามินซี | วิตามินอี | วิตามินซีและอี |
| ระยะแรกฟัก | 0.47±0.03 ^a | 0.45±0.04 ^a | 0.45±0.03 ^a | 0.45±0.05 ^a |
| ระยะหลังโยล้คยุบ | 0.61±0.03 ^{bc} | 0.62±0.03 ^b | 0.59±0.04 ^c | 0.58±0.03 ^c |

หมายเหตุ ค่าเฉลี่ยที่มีอักษรกำกับในแถวเดียวกันต่างกันแสดงว่ามีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P < 0.05$)



ภาพที่ 21 เปรียบเทียบระหว่างน้ำหนัก (กรัม) ลูกปลาแรกฟักและหลังโยล้คยุบ / 100 ตัว

หมายเหตุ ค่าเฉลี่ยที่มีอักษรกำกับต่างกันในระยะเดียวกันแสดงว่ามีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P < 0.05$)

คุณภาพน้ำ

ในระหว่างทำการศึกษาได้ทำการตรวจวัดคุณภาพน้ำทั้งในบ่อดินที่ทำการจับกลุ่มสมพันธุ์ปลาชนิด และในโรงเรือนเพาะฟักไข่ปลาชนิด ค่าพารามิเตอร์ที่ทำการตรวจวัดได้แก่ พีเอช อุณหภูมิ ปริมาณออกซิเจนที่ละลาย ความเป็นด่าง ความกระด้าง แอมโมเนียรวม ไนไตรท์

คุณภาพน้ำในบ่อดิน

ความเป็นกรดเป็นด่างของน้ำในระหว่างทำการศึกษา มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 7.84 มีค่าสูงสุดและต่ำสุดเท่ากับ 8.20 และ 7.40 ตามลำดับ อุณหภูมิของอากาศเฉลี่ยเท่ากับ 31.3 องศาเซลเซียส มีค่าสูงสุดและต่ำสุดเท่ากับ 38.0 และ 24.0 องศาเซลเซียสตามลำดับ อุณหภูมิของน้ำเฉลี่ยเท่ากับ 30.7 องศาเซลเซียส มีค่าสูงสุดและต่ำสุดเท่ากับ 34.0 และ 26.0 องศาเซลเซียสตามลำดับ ปริมาณออกซิเจนที่ละลายในน้ำในตอนเช้ามีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 3.01 มิลลิกรัมต่อลิตร มีค่าสูงสุดและต่ำสุดเท่ากับ 3.20 และ 2.90 มิลลิกรัมต่อลิตรตามลำดับ ในตอนบ่ายออกซิเจนที่ละลายในน้ำ มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 5.90 มิลลิกรัมต่อลิตร มีค่าสูงสุดและต่ำสุดมีค่าเท่ากับ 6.30 และ 5.60 มิลลิกรัมต่อลิตรตามลำดับ ความเป็นด่างมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 136.80 มิลลิกรัมต่อลิตร มีค่าสูงสุดและต่ำสุดเท่ากับ 146.00 และ 119.00 มิลลิกรัมต่อลิตรตามลำดับ ความกระด้างมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 79.00 มิลลิกรัมต่อลิตร มีค่าสูงสุดและต่ำสุดมีค่าเท่ากับ 84.00 และ 65.00 มิลลิกรัมต่อลิตร ตามลำดับ ปริมาณแอมโมเนียรวมมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 0.09 มิลลิกรัมต่อลิตร มีค่าสูงสุดและต่ำสุดเท่ากับ 0.14 และ 0.06 มิลลิกรัมต่อลิตรตามลำดับ ปริมาณไนไตรท์มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 0.02 มิลลิกรัมต่อลิตร มีค่าสูงสุดและต่ำสุดเท่ากับ 0.08 และ 0 มิลลิกรัมต่อลิตร ตามลำดับ (ตารางที่ 20)

ตารางที่ 20 คุณภาพน้ำในบ่อดินที่ทำการทดลอง

| ตารางคุณภาพน้ำในบ่อดินที่ทำการศึกษา | | | | |
|--|-----------|---------------|-----------|-----------|
| คุณภาพน้ำที่ทำการวิเคราะห์ | ค่าเฉลี่ย | ส่วนเบี่ยงเบน | ค่าสูงสุด | ค่าต่ำสุด |
| | มาตรฐาน | | | |
| ค่าความเป็นกรด-ด่าง | 7.84 | 0.11 | 8.20 | 7.40 |
| อุณหภูมิอากาศ (องศาเซลเซียส) | 31.3 | 2.74 | 38.0 | 24.0 |
| อุณหภูมิน้ำ (องศาเซลเซียส) | 30.7 | 1.71 | 34.0 | 26.0 |
| ปริมาณออกซิเจนที่ละลาย (มิลลิกรัม/ลิตร) ที่ 8.00 นาฬิกา | 3.01 | 0.72 | 3.20 | 2.90 |
| ปริมาณออกซิเจนที่ละลาย (มิลลิกรัม/ลิตร) ที่ 15.00 นาฬิกา | 5.90 | 0.12 | 6.30 | 5.60 |
| ความเป็นด่าง (มิลลิกรัม/ลิตร ของ CaCO_3) | 136.80 | 10.71 | 146.00 | 119.00 |
| ความกระด้าง (มิลลิกรัม/ลิตร ของ CaCO_3) | 79.00 | 8.00 | 84.00 | 65.00 |
| ปริมาณแอมโมเนียมรวม (มิลลิกรัม/ลิตร) | 0.09 | 0.04 | 0.14 | 0.06 |
| ปริมาณไนไตรท์ (มิลลิกรัม/ลิตร) | 0.02 | 0.03 | 0.08 | 0.00 |

คุณภาพน้ำในโรงเรือนเพาะฟักไข่ปลานิล

ความเป็นกรดเป็นด่างของน้ำในโรงเรือนฟักไข่มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 7.7 มีค่าสูงสุดและต่ำสุดเท่ากับ 7.9 และ 7.60 ตามลำดับ อุณหภูมิอากาศมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 31.2 องศาเซลเซียส มีค่าสูงสุดและต่ำสุดเท่ากับ 38.0 และ 24.0 องศาเซลเซียสตามลำดับ อุณหภูมิน้ำมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 26.8 องศาเซลเซียส มีค่าสูงสุดและต่ำสุดเท่ากับ 28.0 และ 24.0 องศาเซลเซียสตามลำดับ ปริมาณออกซิเจนที่ละลาย ในตอนเช้ามืดมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 5.80 มิลลิกรัมต่อลิตร มีค่าสูงสุดและต่ำสุดเท่ากับ 6.20 และ 5.60 มิลลิกรัมต่อลิตรตามลำดับ ในตอนบ่ายปริมาณออกซิเจนที่ละลายเฉลี่ยมีค่าเท่ากับ 5.93 มิลลิกรัมต่อลิตร มีค่าสูงสุดและต่ำสุดเท่ากับ 6.40 และ 5.60 มิลลิกรัมต่อลิตรตามลำดับ ค่าความเป็นด่างมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 136.22 มิลลิกรัมต่อลิตร มีค่าสูงสุด และต่ำสุดเท่ากับ 143.00 และ 130.00 มิลลิกรัมต่อลิตรตามลำดับ ปริมาณความกระด้างเฉลี่ยมีค่าเท่ากับ 96.67 มิลลิกรัมต่อลิตร

มีค่าสูงสุดและต่ำสุดเท่ากับ 100.00 และ 93.00 มิลลิกรัมต่อลิตรตามลำดับ ปริมาณแอมโมเนียที่เป็นพิษเฉลี่ยมีค่าเท่ากับ 0.02 มิลลิกรัมต่อลิตร มีค่าสูงสุดและต่ำสุดเท่ากับ 0.03 และ 0.01 มิลลิกรัมต่อลิตร ตามลำดับ ปริมาณไนไตรท์มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 0 มิลลิกรัมต่อลิตร (ตารางที่ 21)

ตารางที่ 21 คุณภาพน้ำในโรงเรียนเพาะปลูกไขปลานิลที่ทำการศึกษา

| ตารางคุณภาพน้ำในโรงเรียนเพาะปลูกไขปลานิลที่ทำการศึกษา | | | | |
|--|-----------|----------------------|-----------|-----------|
| คุณภาพน้ำที่ทำการวิเคราะห์ | ค่าเฉลี่ย | ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน | ค่าสูงสุด | ค่าต่ำสุด |
| ค่าความเป็นกรด-ด่าง | 7.77 | 0.11 | 7.90 | 7.60 |
| อุณหภูมิอากาศ (องศาเซลเซียส) | 31.2 | 2.86 | 38.0 | 24.00 |
| อุณหภูมิน้ำ (องศาเซลเซียส) | 26.8 | 0.89 | 28.0 | 24.0 |
| ปริมาณออกซิเจนที่ละลาย (มิลลิกรัม/ลิตร) ที่ 8.00 นาฬิกา | 5.87 | 0.12 | 6.20 | 5.60 |
| ปริมาณออกซิเจนที่ละลาย (มิลลิกรัม/ลิตร) ที่ 15.00 นาฬิกา | 5.93 | 0.16 | 6.40 | 5.60 |
| ความเป็นด่าง (มิลลิกรัม/ลิตร ของ CaCO ₃) | 136.22 | 3.99 | 143.00 | 130.00 |
| ความกระด้าง (มิลลิกรัม/ลิตร ของ CaCO ₃) | 96.67 | 2.35 | 100.00 | 93.00 |
| ปริมาณแอมโมเนียรวม (มิลลิกรัม/ลิตร) | 0.02 | 0.00 | 0.03 | 0.01 |
| ปริมาณไนไตรท์ (มิลลิกรัม/ลิตร) | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 |

วิจารณ์

การเจริญเติบโต เมื่อเริ่มต้นการทดลองระยะที่ 1 ทำการเลี้ยงแบบแยกเพศผู้และเพศเมีย เป็นเวลา 66 วัน เพศละ 4 กระชัง กระชังละ 100 ตัว แบ่งออกเป็น 4 ชุดการทดลองของแต่ละเพศ ได้แก่ ชุดควบคุม ชุดวิตามินซี ชุดวิตามินอี และชุดวิตามินซีและอี เริ่มต้นเพศผู้มีน้ำหนัก 74.56 ± 8.28 กรัม เพศเมียมีน้ำหนัก 66.94 ± 11.60 กรัม เมื่อสิ้นสุดการทดลองระยะที่ 1 เพศผู้มีน้ำหนักเฉลี่ยอยู่ระหว่าง 244.00 ± 34.96 ถึง 296.00 ± 66.72 กรัม อัตราการเจริญเติบโตต่อวันอยู่ระหว่าง 2.57 ± 0.53 ถึง 3.36 ± 1.10 กรัม น้ำหนักและการเจริญเติบโตต่อวันของเพศผู้ไม่มีความแตกต่างระหว่างชุดการทดลอง เมื่อสิ้นสุดการทดลองระยะที่ 1 เพศเมียมีน้ำหนักเฉลี่ยอยู่ระหว่าง 205.00 ± 17.03 ถึง 249.25 ± 39.18 กรัม อัตราการเจริญเติบโตต่อวันอยู่ระหว่าง 2.09 ± 0.26 ถึง 2.76 ± 0.59 กรัม น้ำหนักและการเจริญเติบโตต่อวันของเพศเมียไม่มีความแตกต่างระหว่างชุดการทดลอง จากผลที่ได้เมื่อสิ้นสุดการทดลองระยะที่ 1 โดยภาพรวมแล้วเพศผู้จะเจริญเติบโตสูงกว่าเพศเมียเล็กน้อย เมื่อสิ้นสุดการทดลองระยะที่ 2 หลังทำการจับคู่ผสมพันธุ์ เพศผู้มีน้ำหนักเฉลี่ยอยู่ระหว่าง 290.00 ± 39.15 ถึง 364.95 ± 90.08 กรัม อัตราการเจริญเติบโตต่อวันอยู่ระหว่าง 0.83 ± 0.38 ถึง 1.53 ± 0.57 กรัม น้ำหนักและการเจริญเติบโตต่อวันของเพศผู้ไม่มีความแตกต่างระหว่างชุดการทดลอง เมื่อสิ้นสุดการทดลองระยะที่ 2 หลังทำการจับคู่ผสมพันธุ์ เพศเมียมีน้ำหนักเฉลี่ยอยู่ระหว่าง 230.00 ± 21.60 ถึง 282.50 ± 43.49 กรัม อัตราการเจริญเติบโตต่อวันอยู่ระหว่าง 0.54 ± 0.06 ถึง 0.75 ± 0.19 กรัม น้ำหนักและการเจริญเติบโตต่อวันของเพศเมียไม่มีความแตกต่างระหว่างชุดการทดลอง ในการทดลองระยะที่ 2 นี้ผลที่ได้พบว่าเพศผู้จะเจริญเติบโตมากกว่าเพศเมียอย่างชัดเจน ทั้งนี้เป็นผลมาจากเพศเมียต้องนำสารอาหารส่วนหนึ่งไปสร้างไข่และพัฒนารังไข่ รวมทั้งมีการอมไข่และลูกปลาในช่วงของการฟักและอนุบาลลูกปลาจึงทำให้เจริญเติบโตน้อยกว่าเพศผู้ โดยภาพรวมแล้วปลานิลทั้งเพศผู้และเพศเมียในการทดลองระยะที่ 1 จะเจริญเติบโตดีกว่าระยะที่ 2 อาจเนื่องมาจากในระยะที่ 1 ปลานิลนำสารอาหารไปใช้ในการเจริญเติบโตเพียงอย่างเดียว ส่วนในระยะที่ 2 สารอาหารบางส่วนถูกใช้ไปในการสืบพันธุ์และยังถูกรบกวนในการรวมไข่ปลาจึงทำให้การเจริญเติบโตในระยะที่ 2 น้อยกว่าในระยะที่ 1 (ตารางที่ 4 ภาพที่ 6 ตารางที่ 5 ภาพที่ 7 ตารางที่ 6 ภาพที่ 8 ตารางที่ 7 และภาพที่ 9)

ปริมาณวิตามินซีก่อนการจับคู่ผสมพันธุ์เมื่อสิ้นสุดระยะที่ 1 พบว่ามีการสะสมปริมาณวิตามินซีในอวัยวะสืบพันธุ์ (ในอณฑะ และรังไข่) สูงกว่าในตับของการทดลองที่เลี้ยงด้วยอาหารชุดเดียวกัน โดยในการทดลองชุดวิตามินซีและชุดวิตามินซีและอีซึ่งได้รับการเสริมวิตามินซีจะมีการสะสมวิตามินซีสูงกว่าชุดควบคุมและชุดวิตามินอี การที่พบการสะสมวิตามินซีในอณฑะ ในรัง

ไข่ และในตับที่ได้รับมาจากอาหารแสดงให้เห็นว่าปลานิลสามารถดูดซึมลำเลียงวิตามินซีที่ได้รับมา ไปสะสมไว้ในอวัยวะต่าง ๆ ดังกล่าว ในอวัยวะและรังไข่เป็นอวัยวะที่มีการเปลี่ยนแปลงอยู่ ตลอดเวลาในระหว่างช่วงที่มีการสืบพันธุ์จึงพบวิตามินซีสูงกว่าในตับแสดงว่าวิตามินซีมีความ จำเป็นต่อการกิจกรรมต่าง ๆ ในการสืบพันธุ์ ซึ่งสอดคล้องกับสิริพันธุ์ (2547) ที่รายงานว่ ประมาณ 80-90 เปอร์เซ็นต์ของวิตามินซีที่มีอยู่ในอาหารจะถูกดูดซึมและลำเลียง ไปยังเนื้อเยื่อและน้ำในส่วน ต่าง ๆ ของร่างกาย และจะพบวิตามินซีมากในเนื้อเยื่อที่มีเมตาบอลิซึมสูง เช่นต่อมหมวกไต ตา สมอง เม็ดเลือดขาว เป็นต้น Hoar (1969) พบว่า ในปลาเรนโบว์เทราท์ในระหว่างพัฒนาไข่ให้มี รูปร่างเป็นถุงคล้ายโพรง (hollow sac) ซึ่งผนังประกอบด้วยเนื้อเยื่อเกี่ยวพันที่แข็งแรงจำนวนมาก โดยที่เนื้อเยื่อเกี่ยวพันนี้มีคอลลาเจนเป็นส่วนประกอบที่สำคัญ Barnes (1975) พบว่า วิตามินซี เป็น ปัจจัยร่วม (cofactor) ของเอนไซม์ hydroxylase ซึ่งจำเป็นในการสร้าง hydroxylase proline และ lysine ในโมเลกุลของ collagen ถ้าขาดวิตามินซีจะทำให้การสร้าง hydroxylated collagen ไม่ สมบูรณ์ การศึกษาครั้งนี้ยังพบว่าปริมาณวิตามินซีในอวัยวะจะต่ำกว่าในรังไข่ในทุกชุดการทดลอง ซึ่ง สอดคล้องกับ Hilton *et al.* (1977), Agrawal and Mahajan (1980) และ Seymour (1981a) ที่พบว่า โดยปกติแล้วความเข้มข้นของวิตามินซีในอวัยวะจะต่ำกว่าในรังไข่ ทั้งนี้อาจเนื่องมาจากในรังไข่มี การพัฒนาสร้างเนื้อเยื่อมากกว่าจำเป็นต้องใช้ปริมาณวิตามินซีในขบวนการสร้างเนื้อเยื่อเกี่ยวพัน มากกว่าจึงมีการสะสมวิตามินซีสูงกว่าในอวัยวะ ปริมาณวิตามินซีที่สะสมในอวัยวะสืบพันธุ์และใน ตับระหว่างการทดลองระยะที่ 1 และระยะที่ 2 ของการทดลองที่เลี้ยงด้วยอาหารชุดเดียวกันมีค่า ใกล้เคียงกันทั้งนี้อาจเนื่องมาจากคุณสมบัติของวิตามินซีเองที่มีการสลายตัวได้ง่ายและสามารถ ขับถ่ายออกนอกร่างกายได้ตลอดเวลาทางปัสสาวะ ทำให้ร่างกายสัตว์สะสมวิตามินซีได้เพียงระดับ หนึ่งจึงควรจะต้องได้รับการเสริมจากภายนอกอย่างเพียงพอและสม่ำเสมอตลอดช่วงเวลาการเพาะ ขยายพันธุ์สัตว์น้ำ (ตารางที่ 8 และภาพที่ 5; ตารางที่ 10 และภาพที่ 7)

ปริมาณวิตามินอีก่อนการจับคู่ผสมพันธุ์เมื่อสิ้นสุดระยะที่ 1 ในปลานิลเพศผู้ที่เลี้ยงด้วย อาหารทดลองชุดเดียวกันพบว่าการสะสมวิตามินอีในตับสูงกว่าในอวัยวะทุกชุดการทดลอง อาจ เนื่องมาจากที่บริเวณตับเป็นอวัยวะที่มีเมตาบอลิซึมของดำเนินกิจกรรมต่าง ๆ ที่จำเป็นต้องใช้ วิตามินอีเป็นปัจจัยร่วม สูงกว่าในอวัยวะ เช่น เมตาบอลิซึมของโปรตีนและไขมัน การสังเคราะห์ สารประกอบต่าง ๆ การลำเลียงสารประกอบไปยังส่วนต่าง ๆ ของร่างกาย การกำจัดของเสีย อนุมูล อิสระ และสารพิษต่าง ๆ ออกจากร่างกาย ส่วนในอวัยวะมีเมตาบอลิซึมน้อยกว่าซึ่งกิจกรรมหลัก ได้แก่การเป็นตัวต้านทานการเกิดออกซิเดชันจากอนุมูลอิสระและสารพิษต่าง ๆ ที่จะทำอันตรายต่อ สเปิร์มและเซลล์ต่าง ๆ ในอวัยวะ และในชุดที่มีการเสริมวิตามินอีได้แก่ชุดวิตามินอี และชุดวิตามิน ซีและอีก็ยิ่งมีการสะสมวิตามินอีเพิ่มขึ้นในตับ ส่วนในปลานิลเพศเมียพบว่าการทดลองชุดควบคุม

และซุควิตามินซีซึ่งไม่มีการเสริมวิตามินอีมีการสะสมวิตามินอีในรังไข่จะสูงกว่าในดับของการทดลองที่ให้อาหารชุดเดียวกัน ทั้งนี้อาจเป็นเพราะในระหว่างการเจริญเติบโตบริเวณรังไข่จะมีเมตาโบลิซึมในการดำเนินกิจกรรมสูง ได้แก่ การพัฒนาโครงสร้างและเนื้อเยื่อ การสังเคราะห์ฮอร์โมนเพศ การสร้างไข่ การปกป้องเซลล์ต่าง ๆ ภายในรังไข่ ซึ่งวิตามินอีทำหน้าที่ทั้งเป็นปัจจัยร่วมและเป็นตัวต้านทานการเกิดออกซิเดชัน วิตามินอีจึงมีการสะสมมากที่รังไข่ ในดับชุดการทดลองที่ไม่ได้รับการเสริมวิตามินอีของทั้งเพศผู้และเพศเมียจะมีปริมาณวิตามินอีใกล้เคียงกันอยู่ระหว่าง 23.91 ± 4.45 ถึง 34.47 ± 3.37 ไมโครกรัมต่อกรัมเนื้อเยื่อ ซึ่งแสดงให้เห็นว่าในดับของปลาชนิดทั้งเพศผู้และเพศเมียน่าจะมีการดำเนินกิจกรรมที่เกี่ยวข้องกับการใช้วิตามินอีใกล้เคียงกัน แต่การทดลองชุดที่มีการเสริมวิตามินอีได้แก่ ซุควิตามินอี และซุควิตามินซีและอีจะมีการสะสมวิตามินอีในดับสูงกว่าในอวัยวะสืบพันธุ์ (อณฑะ และรังไข่) ของชุดการทดลองเดียวกัน การที่มีการสะสมปริมาณวิตามินอีในดับสูงในชุดที่มีการเสริมวิตามินอี เช่นในซุควิตามินซีและอีของปลาชนิดเพศผู้และปลาชนิดเพศเมียสูงถึง 649.17 และ 489.14 ไมโครกรัมต่อกรัมเนื้อเยื่อตามลำดับ ทั้งนี้อาจเนื่องจากวิตามินอีมีความคงทนค่อนข้างสูง สมทรง (2543) กล่าวว่า วิตามินอีคงทนความร้อนได้ถึง 200 องศาเซลเซียส และขบวนการสลายวิตามินอีเกิดขึ้นที่ตับและถูกกำจัดออกจากร่างกายได้โดยทางอุจจาระเพียงทางเดียว วิตามินอีเมื่อเหลือจากที่ต้องการใช้ ในอวัยวะสืบพันธุ์ในอณฑะหรือในรังไข่ และที่รอกการสลายทำลายจึงถูกนำไปเก็บสะสมไว้ในดับในปริมาณสูง อีกประการหนึ่งการสะสมวิตามินอีที่ในดับจะเป็นลักษณะที่เรียกว่า labile pool ซึ่งสามารถเคลื่อนย้ายวิตามินอีออกไปได้อย่างรวดเร็วเมื่อมีความจำเป็นในการใช้ การทดลองนี้ยังพบว่าปริมาณสะสมวิตามินอีในรังไข่สูงกว่าในอณฑะทุกชุดการทดลอง ทั้งนี้อาจเนื่องจากในรังไข่มีการพัฒนากิจกรรมการสืบพันธุ์เช่นการพัฒนาไข่ การสร้างเซลล์ไข่จึงมีความจำเป็นในการใช้วิตามินอีมากกว่าจึงทำให้มีการสะสมไว้ในรังไข่สูงกว่าในอณฑะ (ตารางที่ 9 และภาพที่ 6)

เมื่อสิ้นสุดระยะที่ 2 หลังการจับคู่ผสมพันธุ์ปริมาณวิตามินอีที่สะสมในอณฑะ ในรังไข่ และในตับ ยังคงมีแนวโน้มเหมือนระยะก่อนการจับคู่ผสมพันธุ์ โดยมีปริมาณการสะสมจะมากหรือน้อยแตกต่างกันไป ทั้งนี้ขึ้นกับปริมาณที่ได้รับการเสริมวิตามินอีของชุดการทดลอง กิจกรรมที่นำวิตามินอีไปใช้ ความคงทน และอัตราการหมุนเวียน (turn over) ในเนื้อเยื่อต่าง ๆ เช่นในดับของปลาเพศผู้พบที่มีการสะสมวิตามินอีเพิ่มขึ้นมากกว่าในดับของปลาเพศเมียในชุดที่มีการเสริมวิตามินอีได้แก่ ซุควิตามินอี และซุควิตามินซีและอี มีปริมาณการสะสมวิตามินอีในดับปลาชนิดเพศผู้ถึง 539.08 ± 140.65 และ $1,464.15 \pm 1,222.38$ ไมโครกรัมต่อกรัมตามลำดับ ส่วนในดับของปลาชนิดเพศเมียมีปริมาณวิตามินอีเท่ากับ 154.91 ± 70.97 และ 266.13 ± 152.20 ไมโครกรัมต่อกรัมตามลำดับ ทั้งนี้อาจเนื่องจากวิตามินอีที่พ่อแม่ปลาชนิดได้รับถูกนำไปใช้ในกิจกรรมระหว่างสืบพันธุ์ที่

แตกต่างกันระหว่างเพศผู้และเพศเมีย โดยในเพศผู้นำวิตามินอีไปใช้เพื่อพัฒนาและป้องกันอันตรายที่จะเกิดกับระบบสืบพันธุ์ต่าง ๆ เช่น spermatogonia, testicular tissue และ seminiferous tubules จากอนุมูลอิสระ (free radicals) และ reactive oxygen species (Hong *et al.*, 2008) ในปลาเพศเมียวิตามินอีเพื่อนำไปใช้พัฒนาอวัยวะสืบพันธุ์ (El-Gamal *et al.*, 2007) วิตามินอีมีหน้าที่สำคัญประการหนึ่งในการทำให้เยื่อหุ้มไข่ (egg membranes) และเยื่อหุ้มเซลล์แข็งแรง (membranes integrity) ป้องกันการทำลายจากอนุมูลอิสระ และ reactive oxygen species (Izquierdo *et al.*, 2001) ดังนั้นเมื่อแม่ปลานิลปล่อยไข่ออกไปในแต่ละชุดจะมีผลทำให้ปริมาณวิตามินอีในรังไข่ลดลง ต้องมีการลำเลียงวิตามินอีจากตับไปทดแทนที่รังไข่อยู่ตลอด จึงทำให้ที่ตับของปลานิลเพศเมียมีปริมาณวิตามินอีสะสมอยู่น้อยกว่าในตับของปลาเพศผู้ อีกประการหนึ่งวิตามินอีเป็นวิตามินที่ละลายในไขมันและมีความคงทนสูงการกำจัดออกจากร่างกายเมื่อแปรสภาพแล้วโดยการขับถ่ายออกมาทางอุจจาระเป็นส่วนใหญ่ (สมทรง, 2543) จึงทำให้มีการสะสมในอวัยวะต่าง ๆ ของร่างกายตามความสามารถแต่ละอวัยวะ การสะสมวิตามินอีในตับเกิดขึ้นตั้งแต่การทดลองในระยะที่ 1 เรื่อยมาจนกระทั่งสิ้นสุดในระยะที่ 2 โดยเฉพาะตับของปลานิลเพศผู้ที่ได้รับการเสริมวิตามินอี แต่ในตับของปลานิลเพศผู้ชุดการทดลองที่ไม่มีการเสริมวิตามินอีซึ่งได้แก่ชุดควบคุมและชุดวิตามินซีพบว่าปริมาณวิตามินอีใกล้เคียงกับระยะที่ 1 แสดงให้เห็นว่าถ้าปลาได้รับปริมาณวิตามินอีอย่างเหมาะสมไม่มากเกินไปจนเกินความจำเป็นจะไม่เกิดการสะสมในตับ ส่วนปริมาณวิตามินอีในอวัยวะและรังไข่เมื่อสิ้นสุดระยะที่ 2 หลังเสร็จสิ้นการจับคู่ผสมพันธุ์มีค่าใกล้เคียงกับในระยะที่ 1 ก่อนการจับคู่ผสมพันธุ์ ทั้งนี้อาจเนื่องจากในอวัยวะและในรังไข่มีความจำเป็นที่ใช้วิตามินอีเกี่ยวกับเมตาโบลิซึมในกิจกรรมการสืบพันธุ์ในอัตราค่อนข้างคงที่ (เช่น การสร้างและดูแลรักษาเซลล์เปิร์มในอวัยวะการพัฒนาไข่ การสร้างเซลล์ไข่ และการต่อต้านอนุมูลอิสระในปลานิลเพศเมีย) และความสามารถในการสะสมวิตามินอีในอวัยวะดังกล่าวในปริมาณที่จำกัดจึงทำให้มีการสะสมวิตามินอีในอวัยวะและในรังไข่ไม่มีการสะสมเพิ่มขึ้น ในตับของปลาเพศเมียเนื่องจากการเคลื่อนย้ายวิตามินอีจากตับเพื่อไปใช้ในการทำกิจกรรมสืบพันธุ์ในรังไข่อยู่ตลอดเวลาในช่วงของการจับคู่ผสมพันธุ์จึงทำให้มีโอกาสในการสะสมวิตามินอีเพิ่มขึ้นน้อย ปริมาณวิตามินอีในตับของปลานิลเพศเมียเมื่อสิ้นสุดระยะที่ 2 จึงใกล้เคียงกับในระยะที่ 1 (ตารางที่ 9 และภาพที่ 6; ตารางที่ 11 และภาพที่ 8)

การทดลองในครั้งนี้พบว่าการเสริมวิตามินซีและอี หรืออย่างใดอย่างหนึ่งน่าจะมีผลทำให้คุณภาพน้ำเชื้อและคุณภาพไข่ดีขึ้น โดยสังเกตจากในช่วงของการเก็บตัวอย่างเนื้อเยื่อพบว่าในชุดการทดลองที่มีการเสริมวิตามินลักษณะของท่อผลิตและนำน้ำเชื้อจะมีขนาดใหญ่ หนา และมีสีชมพูสดใส่ ภายในมีปริมาณน้ำเชื้อและความเข้มข้นมากกว่าในชุดที่ไม่ได้รับการเสริมวิตามิน เนื้อเยื่อที่

เก็บจากรังไข่ซึ่งรวมถึงไข่ในชุดที่มีการเสริมวิตามินจะมีสีเหลืองเข้มและเป็นมันวาวมากกว่าชุดที่ไม่มีการเสริมวิตามินอีกด้วย

เปอร์เซ็นต์ของจำนวนแม่ปลาชนิดที่ให้ไข่เฉลี่ยใน 9 รอบของการสืบพันธุ์เป็นเวลา 45 วัน พบว่าเปอร์เซ็นต์ของจำนวนแม่ปลาชนิดที่ให้ไข่เฉลี่ยของการทดลอง ชุดควบคุม ชุดวิตามินซี ชุดวิตามินอี และชุดวิตามินซีและอี ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ซึ่งให้ไข่เฉลี่ยอยู่ระหว่าง 18.33 ± 5.59 ถึง 23.61 ± 7.72 เปอร์เซ็นต์ เมื่อทำการแยกไข่ที่ได้จากแม่ปลาเป็น 5 ระยะด้วยกันพบว่าทุกชุดการทดลองที่มีการเสริมวิตามินลงไปในการให้อาหารซึ่งได้แก่ชุด วิตามินซี ชุดวิตามินอี และชุดวิตามินซีและอี มีแนวโน้มเปอร์เซ็นต์การให้ไข่ในระยะที่ 1 น้อยกว่าชุดควบคุมที่ไม่มีการเสริมวิตามิน (ชุดควบคุม ชุดวิตามินซี ชุดวิตามินอี และชุดวิตามินซีและอี ให้ไข่ระยะที่ 1 เท่ากับ 48.15 ± 18.71 35.35 ± 13.38 31.75 ± 12.52 41.41 ± 12.23 เปอร์เซ็นต์ตามลำดับ) แต่ชุดการทดลองที่มีการเสริมวิตามินลงไปในการให้อาหารมีแนวโน้มเปอร์เซ็นต์การให้ไข่ในระยะที่ 2-3 มากกว่าชุดควบคุม (ชุดควบคุม ชุดวิตามินซี ชุดวิตามินอี และชุดวิตามินซีและอี ให้ไข่ระยะที่ 2-3 เท่ากับ 31.75 ± 21.67 38.92 ± 20.06 55.20 ± 16.69 49.72 ± 15.81 เปอร์เซ็นต์ตามลำดับ) ไข่ระยะที่ 1 ที่รวบรวมได้จะยังไม่ทราบว่าได้รับการผสมหรือไม่ ลักษณะไข่ที่รวบได้ในระยะนี้จะมีสีเหลืองเหมือนกันหมดทั้งฟอง ส่วนไข่ในระยะที่ 2-3 เป็นไข่ที่ได้รับการผสมมาแล้วจะมีการพัฒนาจะสังเกตเห็นตาที่เป็นจุดสีดำซึ่งเป็นระยะที่ 2 และเมื่อเข้าสู่ระยะที่ 3 จะเห็นเป็นมัดกล้ามเนื้อเพิ่มขึ้นมา ในทางปฏิบัติภาคสนามนั้น การแยกไข่ระยะที่ 2 และระยะที่ 3 กระทำได้ค่อนข้างยากจะต้องใช้ระยะเวลาพัก คังนั้นในการทดลองครั้งนี้จึงทำการฟักรวมกัน นอกจากนี้ไข่ปลาชนิดระยะที่ 2-3 มีอัตราการฟักดีกว่าไข่ระยะที่ 1 ประมาณ 2 เท่า ดังนั้นในการเพาะพันธุ์ปลาชนิดถ้าหากรวบรวมได้ไข่ในระยะที่ 2-3 จะดีกว่าระยะที่ 1 จากการทดลองพบว่าชุดการทดลองที่มีการเสริมวิตามินซี วิตามินอี หรือเสริมทั้งวิตามินซีและอีลงไปในการให้อาหารมีแนวโน้มสามารถช่วยเพิ่มสมรรถนะของการสืบพันธุ์ให้สูงขึ้น โดยในชุดที่มีการเสริมวิตามินสามารถทำการรวบรวมไข่ในระยะที่ 2-3 ได้มากกว่าชุดควบคุม ทั้งนี้วิตามินซีและอีที่เสริมลงไปอาจมีผลทำให้คุณภาพน้ำเชื้อดีขึ้นทำให้อัตราการปฏิสนธิดีขึ้นจึงเก็บไข่ระยะที่ 2-3 ได้เพิ่มขึ้น หรืออาจทำให้ไข่พัฒนาได้เร็วขึ้นทำให้เกิดการผสมพันธุ์ได้เร็วขึ้นจึงเก็บรวบรวมไข่ในระยะที่ 2-3 ได้เพิ่มขึ้นถึงแม้ระยะเวลาเก็บรวบรวมไข่ในแต่ละรอบห่างกันเพียง 5 วันก็ตาม ซึ่งทั่วไปในการเพาะพันธุ์ปลาชนิดการเก็บรวบรวมไข่ในแต่ละรอบห่างกัน 7 วัน หรืออาจป้องกันการทำลายไข่ที่ได้รับการผสมแล้วจากอนุผลิตอิสระได้ดีขึ้นทำให้ไข่ที่ได้รับการผสมแล้วมีโอกาสพัฒนาเป็นคัพพะได้เพิ่มขึ้นจึงทำให้เก็บรวบรวมไข่ระยะที่ 2-3 ได้เพิ่มมากขึ้น ส่วนไข่ปลาชนิดระยะที่ 4 นั้นจะฟักออกเป็นตัวเริ่มแรกจะยังไม่เคลื่อนไหวก่อนข้างอ่อนแอไม่สะดวกในการรวบรวมและขนส่ง

ลำเลียง นอกจากนี้ไข่ปลาในระยะเวลาที่ 4 ที่ทำการรวบรวมได้ยังมีปริมาณน้อยกว่าในระยะอื่น ๆ ทุกชุดการทดลองอีกด้วย (ตารางที่ 13 ภาพที่ 10)

ความคดเฉลี่ยของไข่ปลาใน 9 รอบของการทดลอง ชุดควบคุม ชุดวิตามินซี ชุดวิตามินอี และชุดวิตามินซีและอี เท่ากับ 6.26 ± 0.83 6.71 ± 0.72 6.38 ± 0.94 และ 6.43 ± 1.10 ฟองต่อกรัมแม่ปลา ตามลำดับ ซึ่งไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P > 0.05$) Lu and Takeuchi (2004) พบว่าแม่ปลาน้ำหนัก 178.4 กรัม ที่เลี้ยงด้วยอาหารสำเร็จรูป (commercial diet) จะมีความคดของไข่อยู่ระหว่าง 7.7 ± 0.6 ถึง 7.9 ± 0.4 ฟองต่อกรัมแม่ปลา และแม่ปลานิลที่เลี้ยงด้วยสาหร่ายสไปรูลินาสดมีความคดของไข่อยู่ระหว่าง 7.5 ± 0.9 ถึง 7.9 ± 0.3 ฟองต่อกรัมแม่ปลา และ Osure and Phelps (2006) ได้รายงานความคดของไข่ปลา (*O. niloticus*) จาก 4 สายพันธุ์ พบว่า สายพันธุ์ อียิปต์มีความคดไข่อยู่ระหว่าง 3.9 ± 1.34 ถึง 4.2 ± 2.20 ฟองต่อกรัมแม่ปลา สายพันธุ์ ไอโวลี โคสต์มีความคดไข่อยู่ระหว่าง 3.1 ± 1.20 ถึง 11.4 ± 5.69 ฟองต่อกรัมแม่ปลา สายพันธุ์ ซากานามีความคดไข่อยู่ระหว่าง 2.1 ± 0.88 ถึง 6.2 ± 3.89 ฟองต่อกรัมแม่ปลา และสายพันธุ์ เลควิคตอเรียมีความคดไข่อยู่ระหว่าง 2.5 ± 0.89 ถึง 4.3 ± 3.24 ฟองต่อกรัมแม่ปลา Gunasekera *et al.* (1996) รายงานว่าความคดไข่ของปลานิล (*O. niloticus*) ที่เลี้ยงด้วยอาหารระดับโปรตีนต่างกัน 10-35 เปอร์เซ็นต์ อยู่ระหว่าง 3.91 ± 0.43 ถึง 5.10 ± 0.63 ฟองต่อกรัมแม่ปลา เมื่อเปรียบเทียบกับผลการทดลองในครั้งนี้พบว่าความคดของไข่ปลาในครั้งนี้อยู่ในเกณฑ์ปกติ (ตารางที่ 14 และภาพที่ 11)

ขนาดของไข่ปลาในการศึกษาครั้งนี้วัดจากน้ำหนักของไข่จำนวน 100 ฟองมีหน่วยเป็นกรัม โดยใช้ไข่ปลาในระยะ 1-3 จากแม่ปลาทุกตัวที่เก็บรวบรวมได้ พบว่าชุดควบคุม ชุดวิตามินซี ชุดวิตามินอี ชุดวิตามินซีและอี มีน้ำหนักไข่เฉลี่ยต่อ 100 ฟอง เท่ากับ 0.39 ± 0.01 0.36 ± 0.03 0.35 ± 0.02 และ 0.36 ± 0.02 กรัมตามลำดับ พบว่าชุดควบคุมมีน้ำหนักไข่เฉลี่ยต่อ 100 ฟองสูงที่สุด และชุดวิตามินอีมีน้ำหนักไข่เฉลี่ยต่อ 100 ฟองต่ำที่สุด โดยชุดควบคุมมีน้ำหนักไข่เฉลี่ยแตกต่างจากชุดวิตามินซี ชุดวิตามินอี และชุดวิตามินซีและอีอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P < 0.05$) (ตารางที่ 15 และภาพที่ 17) เมื่อพิจารณาความสัมพันธ์ระหว่างความคดของไข่กับขนาดของไข่น่าจะมีความเกี่ยวข้องกัน จากการทดลองนี้พบว่า ชุดควบคุมซึ่งมีความคดของไข่น้อยกว่าการทดลองชุดอื่น ๆ ที่ได้รับการเสริมวิตามิน (ชุดวิตามินซี ชุดวิตามินอี และชุดวิตามินซีและอี) แต่กลับมีขนาดของไข่ปลาโตกว่าชุดอื่น ๆ (น้ำหนักไข่ (กรัม) ต่อ 100 ฟองมากกว่าชุดอื่น ๆ) (ตารางที่ 14 ภาพที่ 16; ตารางที่ 15 และภาพที่ 17) การเสริมวิตามินซีและ/หรืออีลงในอาหารพ่อแม่ปลานิลเพื่อปรับปรุงความคดของไข่ให้เพิ่มขึ้นอาจมีผลข้างเคียงทำให้ขนาดของไข่เล็กลง ทั้งนี้อาจเนื่องมาจากวิตามินทั้งสองชนิดไปเร่งรอบการวางไข่ให้เร็วขึ้น โดยจากตารางที่ 13 และภาพที่ 15 พบว่าแม่ปลานิลชุดที่

ได้รับการเสริมวิตามินมีสัดส่วนของไข่ที่ผสมและพัฒนาไปสู่ระยะที่ 2-3 สูงกว่าชุดควบคุมแสดงว่า ในชุดการทดลองที่มีการเสริมวิตามินไข่มีการพัฒนาที่เร็วขึ้น ไข่จะมีระยะเวลาในการสะสมไข่แดง สั้นลงอาจเป็นสาเหตุทำให้ขนาดของไข่เล็กลง ดังนั้นจึงควรมีการศึกษาอัตราและสัดส่วนการใช้ ของวิตามินทั้งสองชนิด ตลอดจนระยะเวลาห่างของแต่ละรอบในการเพาะไข่ปลาที่เหมาะสมเพื่อให้เกิดประสิทธิภาพสูงสุดต่อไป

การศึกษาค้างนี้้อตราการฟักไข่ปลานิลเฉลี่ยอยู่ระหว่าง 43.33 ± 21.79 ถึง 58.67 ± 13.90 เปอร์เซ็นต์ (ตารางที่ 16 และภาพที่ 18) ไม่มีความแตกต่างระหว่างชุดการทดลองอย่างมีนัยสำคัญ ทางสถิติ ซึ่งแตกต่างจากการทดลองของ Lu and Takenchi (2004) ซึ่งทดลองเปรียบเทียบคุณภาพ ของไข่ปลานิลโดยใช้สาหร่าย สไปรูลิน่าสด และอาหารเม็ด พบว่า มีอัตราการฟักอยู่ระหว่าง 83.2 ± 2.4 ถึง 86.7 ± 2.1 เปอร์เซ็นต์ เมื่อเปรียบเทียบกับผลการทดลองในครั้งนี้จะมีอัตราการฟักไข่ปลานิลต่ำกว่ามาก ทั้งนี้เนื่องมาจากหลายสาเหตุด้วยกันคือ ประการแรกพบว่าเป็นแม่ปลาที่ให้ไข่ระยะที่ 1 สูง ถึง $31.75 \pm 12.52 - 48.15 \pm 18.17$ เปอร์เซ็นต์ (ตารางที่ 13 และภาพที่ 15) ซึ่งในการทดลองครั้งนี้ พบว่าไข่ระยะที่ 1 มีอัตราการฟักต่ำกว่าไข่ระยะที่ 2-3 ถึงประมาณ 2 เท่า (ตารางที่ 17 และภาพที่ 19) จึงทำให้อตราการฟักในการทดลองครั้งนี้ค่อนข้างต่ำ ประการต่อมาคุณภาพของน้ำเชื้ออาจลดลง เนื่องจากพฤติกรรมการคุมฝูงของปลานิลเพศผู้เพราะการเกี่ยวพาราสีซึ่งเป็นพฤติกรรมก้าวร้าวและ แกร่งแย่งกัน ตัวผู้ที่สามารถคุมฝูงได้จะถูกใช้ในการผสมพันธุ์ถึงขั้นคุณภาพของน้ำเชื้อที่เข้าผสมพันธุ์ จึงอาจลดลง จึงทำให้ไข่ที่ได้รับการปฏิสนธิในอัตราที่ต่ำลง อีกประการหนึ่งการทดลองในครั้งนี้ ระยะเวลาในการรวบรวมไข่ในแต่ละรอบห่างกัน 5 วัน ซึ่งอาจเกินไปทำให้ได้ไข่ในระยะที่ 1 คิด เป็นเปอร์เซ็นต์อยู่ในระดับที่สูงซึ่งไข่ปลานิลในระยะนี้มีอัตราการฟักที่อยู่ในระดับต่ำ นอกจากนี้พ่อแม่พันธุ์ปลานิลที่ใช้ในการทดลองในครั้งนี้ใช้ปลาจากบ่อเดียวกันอาจมีการใกล้ชิดกันทางสายพันธุ์ เมื่อนำมาทดลองผสมพันธุ์อาจเกิดเลือดชิด (in breeding) เกิดขึ้นทำให้อตราการผสมติดต่ำ และไข่ที่ได้รับการผสมอ่อนแอจึงส่งผลให้อตราการฟักไข่เป็นตัวต่ำดังกล่าว อย่างไรก็ตามการทดลองในชุด วิตามินอีที่มีการเสริมวิตามินอี 630.64 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัมอาหารมีแนวโน้มทำให้อตราการฟักไข่ ดีขึ้น ทั้งนี้วิตามินอีที่เสริมลงไปอาจมีผลทำให้คุณภาพน้ำเชื้อดีขึ้นการปฏิสนธิเพิ่มขึ้น หรือทำให้ คุณภาพไข่ดีขึ้นทำให้อตราการปฏิสนธิเพิ่มมากขึ้นอัตราการฟักจึงดีขึ้น หรือทำให้การป้องกันการ ทำลายไข่ที่ได้รับการผสมแล้วจากอนุโลอิสระมีประสิทธิภาพเพิ่มขึ้นจึงทำให้อตราการฟักดีขึ้น (ตาราง ที่ 16 และภาพที่ 18)

การศึกษ้อตราการรอดของลูกปลานิลในครั้งนี้คิดจากเปอร์เซ็นต์ของลูกปลาแรกฟักเหลือ จนถึงระยะถุงโยลค์ไข่ขุ่น พบว่าระหว่างชุดการทดลองไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ

อัตราการรอดอยู่ในช่วงระหว่าง 76.25 ± 12.32 ถึง 84.92 ± 6.77 เปอร์เซ็นต์ ซึ่งคล้ายคลึงกับการทดลองของ Osure and Phelps (2005) ที่ได้ศึกษาการปรับปรุงระบบสืบพันธุ์โดยใช้สายพันธุ์ต่าง ๆ กัน พบว่าอัตราการจนถึงระยะลูกปลาวัยน้ำอยู่ระหว่าง 2.15 ± 32.62 ถึง 84.1 ± 11.35 เปอร์เซ็นต์ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับสายพันธุ์และรุ่นที่นำมาเพาะพันธุ์ อัตราการรอดของลูกปลารุ่นขึ้นอยู่กับปัจจัยหลายประการด้วยกัน เช่น ความแข็งแรงของสายพันธุ์ที่สามารถทนทานต่อสภาพแวดล้อมและการเกิดโรค การดูแลจัดการคุณภาพน้ำในระหว่างเพาะฟักและอนุบาลลูกปลา นอกจากนี้ปริมาณและคุณภาพของสารอาหารของไข่แดงที่ติดมากับลูกปลาเพื่อใช้ในการระหว่างการพัฒนาให้เป็นลูกปลาที่สมบูรณ์เหมือนตัวเต็มวัย อัตราการรอดของการทดลองในครั้งนี้ไม่พบความแตกต่างระหว่างชุดการทดลองทั้งนี้อาจเนื่องจาก ใช้สายพันธุ์เดียวกันจากแหล่งเดียวกันและรุ่นเดียวกันทำให้ความทนทานต่อสภาพแวดล้อมและการเกิดโรคเหมือนกัน หรือจากการทดลองที่ใช้สูตรอาหารพื้นฐานเดียวกันซึ่งมีวิตามินซีและอีเหมือนกันอยู่ในระดับหนึ่งและสามารถละลายไปสะสมไว้ในไข่แดงได้ในปริมาณที่ไม่แตกต่างกัน ทำให้ปริมาณสารอาหารในไข่แดงไม่มีความแตกต่างกันระหว่างชุดการทดลองทำให้ลูกปลานำไปใช้ในการพัฒนาร่างกายทนต่อสภาพแวดล้อมและการเกิดโรคได้เท่าเทียมกันจึงทำให้อัตราการรอดไม่มีความแตกต่างกันระหว่างชุดการทดลอง

การศึกษาขนาดของลูกปลาในครั้งนี้พบว่า ลูกปลาระยะแรกฟัก (early yolk sac fry) มีขนาดน้ำหนักลูกปลานิล 100 ตัว อยู่ระหว่าง 0.44 ± 0.03 ถึง 0.47 ± 0.03 กรัม ไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติระหว่างชุดการทดลอง ($P > 0.05$) แต่เมื่อลูกปลาพัฒนาไปจนถึงระยะถุงโยลค์คัพ (absorbed yolk sac fry) จะมีขนาดแตกต่างกัน โดยในระยะนี้ชุดควบคุม และชุดวิตามินซี มีน้ำหนักลูกปลา 100 ตัว เท่ากับ 0.61 ± 0.03 และ 0.62 ± 0.03 กรัมตามลำดับ แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P < 0.05$) จากชุดวิตามินอี และชุดวิตามินซีและอี ซึ่งหนักเท่ากับ 0.58 ± 0.04 และ 0.58 ± 0.03 กรัม ตามลำดับ เมื่อเปรียบเทียบลูกปลาระยะแรกฟักกับระยะหลังโยลค์คัพพบว่าลูกปลาระยะหลังโยลค์คัพมีขนาดโตกว่าลูกปลาระยะแรกฟักถึงแม้จะไม่มีการให้อาหารเพิ่มเติมในระหว่างการดูแลทั้งนี้เพราะลูกปลาสามารถนำสารอาหารที่สะสมไว้ในไข่แดงไปใช้เมตาโบลิซึมพัฒนาร่างกายเจริญเติบโตขึ้นได้ เมื่อเปรียบเทียบระหว่างขนาดของไข่ ขนาดของลูกปลาแรกฟัก และขนาดของลูกปลาระยะหลังโยลค์คัพ พบว่าไม่มีความเกี่ยวข้องกัน อาจเนื่องจากเมตาโบลิซึมของตัวอ่อนปลาในแต่ละตัวและแต่ละช่วงเวลาของการพัฒนามีความแตกต่างกันทำให้มีการใช้สารอาหารจากไข่แดงแตกต่างกันจึงทำให้ขนาดลูกปลาในแต่ละช่วงเวลาไม่เท่ากัน จึงไม่ขึ้นกับขนาดของไข่ (ตารางที่ 15 ภาพที่ 17; ตารางที่ 19 และภาพที่ 21)

จากการศึกษาพบว่าไข่จากแม่ปลานิล 9 รอบติดต่อกันในครั้งนี้อยู่ที่พ่อแม่พันธุ์ปลานิลที่ได้รับการเสริมวิตามินซีและวิตามินอีลงในอาหาร (การทดลองชุดวิตามินซี ชุดวิตามินอี และชุดวิตามินซีและอี) พบว่าจำนวนเปอร์เซ็นต์แม่ปลานิลที่ให้ไข่เฉลี่ย ความคอกของไข่ อัตราการฟัก น้ำหนักลูกปลานิลระยะแรกฟัก และอัตราการรอดตายระยะหลังโยลค์ยวบ ไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P > 0.05$) จากการทดลองชุดควบคุมที่ไม่ได้รับการเสริมวิตามิน ซึ่งอาจเนื่องมาจาก

1. วิตามินเป็นกลุ่มอินทรีย์สารที่มีอยู่ในอาหารเป็นปัจจัยสำคัญที่ร่างกายต้องการเพียงเล็กน้อยเพื่อใช้ในการควบคุมการทำงานของปฏิกิริยาในร่างกาย การพัฒนาของเซลล์ต่าง ๆ และการทำหน้าที่ได้เป็นปกติ การศึกษาในครั้งนี้อาหารที่ใช้ในการทดลองทั้ง 4 ชุด เตรียมจากอาหารผงที่มีส่วนประกอบของโปรตีนเดียวกันที่มีระดับโปรตีน 35 % และเสริมด้วยวิตามินซีและอีตามสูตร เมื่อทำการวิเคราะห์สูตรอาหารที่ใช้ในการทดลองแล้วพบว่า ชุดควบคุมที่แม่ไม่ได้เสริมทั้งวิตามินซีและอี ก็พบว่าวิตามินซีในระดับ 25.23 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัมอาหาร และวิตามินอีในระดับ 52.87 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัมอาหารแห้ง ซึ่งในสภาวะแวดล้อมที่ทำการทดลองอาจเพียงพอใช้ในการดำเนินกิจกรรมการสืบพันธุ์ของปลานิลก็ได้ และจากการทดลองของ El-Gamal et al. (2007) ได้ทำการทดลองเลี้ยงปลานิลด้วยอาหารที่ได้รับการเสริมวิตามินซี 120 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัมอาหาร วิตามินอี 34 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัมอาหาร และ ซีลีเนียม 0.2 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัมอาหาร เป็นเวลา 120 วันมีผลทำให้ขนาดของไข่ ความคอกของไข่ การวางไข่ของแม่ปลา (spawning rate) อัตราการฟักไข่ และอัตราการรอดของลูกปลาเพิ่มสูงขึ้น ดังนั้นการเสริมวิตามินซีในอัตรา 423.95-458.21 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัมอาหาร และวิตามินอีในอัตรา 630.64-634.54 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัมอาหาร ลงในชุดการทดลองที่มีการเสริมวิตามินจึงไม่มีผลเพิ่มสมรรถนะการสืบพันธุ์ได้อีก

2. สภาวะแวดล้อมที่ทำการทดลองในการจับคู่ปลานิลเพื่อทำการผสมพันธุ์ในการทดลองใช้กระชังขนาด $3 \times 4 \times 1.5$ ม.³ ปล่อยปลากระชังละ 10 คู่ ถือว่าไม่หนาแน่นเท่ากับอัตราการปล่อยพ่อแม่พันธุ์ปลานิลที่ทำการเพาะพันธุ์ในเชิงการค้าที่ปล่อยในอัตราหนาแน่นกว่ามาก Bhujel (2000) ได้แนะนำว่าอัตราการปล่อยพ่อแม่ปลานิลในกระชังที่เหมาะสมคือ 6 ตัวต่อตารางเมตร ทำให้ในสภาวะที่ทำการทดลองในครั้งนี้พ่อแม่พันธุ์ปลานิลอาจไม่เครียดเพราะไม่ได้อยู่ในภาวะวิกฤติจึงไม่มีความต้องการวิตามินซีและอีเพิ่มขึ้น วิตามินซีและอีที่มีอยู่ในการทดลองชุดควบคุมก็เพียงพอในการดำเนินกิจกรรมการสืบพันธุ์แล้ว เมื่อมีการเสริมวิตามินซีและอีลงในอาหารชุดอื่น ๆ จึงอาจไม่มีความจำเป็นก็ได้ แต่สภาวะแวดล้อมในการเพาะพันธุ์ปลาเปลี่ยนแปลงไป เช่น การเพาะพันธุ์ในเชิงการค้ามีการปล่อยพ่อแม่พันธุ์ปลานิลที่มีความหนาแน่นเพิ่มขึ้น คุณภาพน้ำในขณะเพาะพันธุ์ปลาเปลี่ยนแปลงไปเช่น ปริมาณออกซิเจนที่ละลายในน้ำลดลง อุณหภูมิสูงหรือต่ำเกินไป ปริมาณ

สารพิษเพิ่มขึ้น ความเป็นกรด-ด่างของน้ำ เป็นต้น สิ่งต่าง ๆ เหล่านี้จะทำให้พ่อแม่พันธุ์ปลานิลมีความต้องการวิตามินซีและอีเพิ่มขึ้นเพื่อให้เพียงพอต่อการปรับสภาพร่างกายตัวปลาในการดำเนินกิจกรรมเข้าสู่สมดุใหม่ จึงควรมีการเสริมทั้งวิตามินซีและวิตามินอีเพิ่มขึ้นเพื่อเสริมสุขภาพและเพิ่มภูมิคุ้มกันแก่ปลา

3. ปัจจัยที่มีผลต่อความสำเร็จในการเพาะพันธุ์ปลานิลเพื่อให้ได้ลูกปลาจำนวนมาก ประกอบด้วย ขนาดและอายุพ่อแม่พันธุ์ปลา ความหนาแน่นของพ่อแม่พันธุ์ที่เลี้ยง อัตราส่วนของเพศผู้ต่อเพศเมียที่ปล่อยทำการผสมพันธุ์ การที่ให้แม่ปลาได้รับการพักผ่อนหย่อนการผสมพันธุ์ ความถี่ในการรวบรวมไข่ ลักษณะของที่กักขังที่ทำการเพาะพันธุ์ คุณภาพน้ำและอัตราการเปลี่ยนถ่ายน้ำกระตุ้น และคุณภาพอาหารที่ใช้เลี้ยงพ่อแม่พันธุ์ (David and Leslie, 1983) ในส่วนของคุณภาพอาหารนั้นนอกจากวิตามินซีและวิตามินอีที่มีความสำคัญต่อระบบสืบพันธุ์ปลานิลแล้ว สารอาหารอื่น ๆ ที่มีความสำคัญต่อพ่อแม่พันธุ์ปลานิลอีกเช่น ระดับโปรตีนไม่ควรต่ำกว่า 32 เปอร์เซ็นต์ ไขมันที่ใช้ประกอบในสูตรอาหารปลาก็มีความสำคัญพบว่าปลานิลที่ใช้ไขมันถั่วเหลือง (*n-6 fatty acid*) ประกอบสูตรอาหารให้ผลผลิตจำนวนลูกปลานิลสูงกว่าการใช้ไขมันปลาสด (*n-3 fatty acid*) (Bhujel, 2000) ดังนั้นนอกจากวิตามินซีและวิตามินอีที่มีผลต่อระบบสืบพันธุ์แล้ว สารอาหารชนิดอื่น ๆ ก็มีความสำคัญไม่ยิ่งหย่อนไปกว่ากัน เช่น El-Sayed *et al.* (2003) รายงานว่าพ่อแม่พันธุ์ปลานิล (*O. niloticus*) เลี้ยงด้วยอาหารโปรตีนต่างกัน 4 ระดับคือ 25 30 35 และ 40 เปอร์เซ็นต์ และความเค็มต่างกัน 3 ระดับคือ 0 7 และ 14 ส่วนในพันส่วน พบว่าพ่อแม่ปลานิลจะมีความถี่ในการวางไข่ และจำนวนไข่ที่ให้ในแต่ละครั้งสูงขึ้นตามระดับโปรตีนที่พ่อแม่ปลานิลได้รับ พ่อแม่ปลานิลที่ได้รับอาหารโปรตีน 40 เปอร์เซ็นต์ ที่ความเค็ม 0 จะทำให้ความถี่ในการวางไข่ของแม่ปลาและความคงไข่สูงกว่าที่ความเค็ม 7 และ 14 ส่วนในพัน Santiago and Reyes (1993) รายงานว่าแม่ปลานิล (*O. niloticus*) ที่เลี้ยงด้วยอาหารที่ใช้ไขมันถั่วเหลืองที่มีกรดไขมันชนิด *n-6* อยู่สูงเป็นแหล่งไขมันพบว่าทำให้ความถี่ในการวางไข่ จำนวนลูกปลาที่ให้ในแต่ละครั้ง และผลผลิตลูกปลารวมสูงกว่าพ่อแม่พันธุ์ปลานิลที่ใช้ไขมันจากตับปลาสดที่มีกรดไขมันชนิด *n-3* อยู่สูง เป็นต้น

จากการทดลองในครั้งนี้แม้ว่าการเสริมวิตามินซีและวิตามินอีลงในอาหารพ่อแม่ปลานิลจะไม่สามารถปรับปรุงระบบสืบพันธุ์ปลานิลให้ดีขึ้นอย่างมีนัยสำคัญ แต่เป็นที่ทราบกันทั่วไปว่าทั้งวิตามินซีและอีเป็นวิตามินที่ต่อต้านอนุมูลอิสระที่มีประสิทธิภาพ ซึ่งในรอบวันต้องใช้วิตามินทั้ง 2 ชนิดในการป้องกันอันตรายจากอนุมูลอิสระที่เข้าทำลายเซลล์ต่าง ๆ ภายในร่างกาย ในส่วนของวิตามินซีเป็นวิตามินที่ละลายในน้ำโดยทั่วไปแล้วจะทำหน้าที่เป็น โคเอนไซม์ในการทำงานของ

เอนไซม์หลายชนิด ซึ่งเป็นพาหะนำกลุ่มสารบางกลุ่ม ไปให้กับสารประกอบบางชนิด เมื่อกล่าวถึงวิตามินซีที่มีบทบาทต่อสุขภาพและความจำเป็นต่อระบบสืบพันธุ์ของมนุษย์และสัตว์แล้วพอจะรวบรวมข้อมูลที่เกี่ยวข้องดังนี้

1. วิตามินซีเป็นปัจจัยร่วมในปฏิกิริยา hydroxylation เปลี่ยน prolyl และ lysyl ให้เป็น proline และ lysine ในโมเลกุลของ procollagen ซึ่งเป็นขั้นตอนหนึ่งของการสังเคราะห์ collagen ที่เป็นส่วนประกอบโครงสร้างที่สำคัญของ หลอดเลือด (blood vessels) เอ็น (tendons and ligaments) และกระดูก (bone) ซึ่งเป็นส่วนสำคัญของเนื้อเยื่อเกี่ยวพัน (connective tissue) ในระบบต่าง ๆ ของร่างกาย และใช้ในการพัฒนาโครงสร้างระบบสืบพันธุ์ เช่น รังไข่ และอณฑะ (อาภัสสรา, 2537; สมทรง, 2543; Halver *et al.*, 1975; Higdon, 2006)

2. แม่พันธุ์ปลาที่ได้รับอาหารที่เสริมด้วยวิตามินซี วิตามินซีจะถูกทำลายลงนำไปสะสมไว้ที่ไข่ (eggs) เพื่อใช้ในกระบวนการ hydroxylation และปกป้องเซลล์ไข่จากอนุมูลอิสระต่าง ๆ ระหว่างการพัฒนาไข่และการเจริญเติบโตของตัวอ่อนจนกระทั่งฟักออกเป็นตัวและเริ่มกินอาหารมื้อแรก (Sandnes *et al.*, 1984; Soliman *et al.*, 1986)

3. วิตามินซีมีบทบาทที่สำคัญในการสังเคราะห์ neurotransmitter และ Norepinephrine ซึ่งเป็นสารนำสื่อประสาท ในภาวะวิกฤต neurotransmitter จะถูกส่งสัญญาณไปยังสมองเพื่อควบคุมการแสดงออกทางด้านอารมณ์ (mood) ส่วน norepinephrine จะเกี่ยวข้องกับการควบคุมระบบการทำงานของหัวใจ เช่น อัตราการเต้นของหัวใจ และแรงดันโลหิต (Higdon, 2006) ดังนั้นถ้าปลาได้รับวิตามินซีอย่างเพียงพอการสื่อสัญญาณระบบประสาทดีเป็นไปอย่างรวดเร็วส่งผลทำให้ปลาอยู่ในภาวะไม่เครียดซึ่งจะมีผลดีต่อสุขภาพและกิจกรรมการสืบพันธุ์ต่อไป

4. วิตามินซีมีส่วนเกี่ยวข้องกับการสร้าง L-carnitine โดยวิตามินซีเป็นตัวเร่งปฏิกิริยาตัวหนึ่ง (catalyze) (ตัวเร่งปฏิกิริยาในกระบวนการประกอบด้วยกรด อะมิโนที่จำเป็น 2 ชนิด คือ ไลซีนและเมทไธโอนีน เหล็ก (Fe^{+2}) วิตามินบี 6 ไนอะซิน และวิตามินซี) ที่มีส่วนสำคัญในการสังเคราะห์ L-carnitine ซึ่งเป็นสารประกอบที่มีโมเลกุลขนาดเล็กมีหน้าที่ในการขนส่งไขมันไขมันเข้าไปในไมโทคอนเดรีย เพื่อเปลี่ยนไขมันให้เป็นพลังงานใช้ในกิจกรรมของเซลล์ ทำให้เซลล์ต่าง ๆ ทำงานได้ดีขึ้นจึงมีส่วนช่วยชะลอความแก่ในมนุษย์และสัตว์ นอกจากนี้พบว่า L-carnitine จะมีความเข้มข้นมากในท่อน้ำเชื้อ (epididymus) มีส่วนสำคัญในการปรับปรุงคุณภาพของสเปิร์มโดยสามารถเพิ่มจำนวนสเปิร์มและทำให้สเปิร์มเคลื่อนที่ได้ดีขึ้น (Drake, 2007) ดังนั้นถ้าหากปลาได้รับวิตามินซีอย่างเพียงพอจะมีผลทำให้คุณภาพน้ำเชื้อดีขึ้น

5. วิตามินซีมีส่วนเกี่ยวข้องกับระบบต่าง ๆ ภายในร่างกายคนและสัตว์อย่างมากมาย และหลากหลายด้วยกันเช่น เมตาโบลิซึมของสเตอรอยด์และเปปไทด์ การทำงานของต่อมไร้ท่อ (endocrine function) ระบบภูมิคุ้มกัน (immune system) การควบคุมแรงดันโลหิต การรักษาสมดุล ส่วนประกอบของโลหิต (haemostasis) ช่วยรักษาสมดุลของธาตุเหล็กและทองแดง และมีส่วนในการเปลี่ยนกรดไขมันให้เป็นพลังงานของไมโทคอนเดรีย (Levine, 1986; Padh 1990; Smirnoff and Pallanca, 1996; Bate, 1997; Hemila, 1997) วิตามินซีจึงมีผลทำให้สุขภาพดีขึ้นซึ่งจะช่วยเสริมสมรรถนะการสืบพันธุ์เพิ่มขึ้น

6. วิตามินซีร่วมกับวิตามินอีทำหน้าที่เป็นตัวต้านทานการเกิดออกซิเดชันที่มีประสิทธิภาพสูง ช่วยให้ผนังเซลล์มีความแข็งแรง และป้องกันโมเลกุลของสารต่าง ๆ ภายในร่างกาย เช่น โปรตีน ไขมัน คาร์โบไฮเดรต และกรดนิวคลีอิก (DNA และ RNA) จากการทำลายของอนุมูลอิสระต่าง ๆ เช่น ออกซิเจน ไนโตรเจน นอกจากนี้ยังทำหน้าที่ต้านทานสารพิษที่เกิดจากยาฆ่าแมลง (pesticide) ทั้งที่เป็นออร์กาโนคลอรีน และออร์กาโนฟอสฟอรัส ซึ่งในระบบการสืบพันธุ์จะเป็นการปกป้องเซลล์ไข่และสเปิร์ม และจะส่งผลดีต่อสุขภาพและกิจกรรมการสืบพันธุ์ของคนและสัตว์อีกทางหนึ่ง (Higdon, 2006; Drake, 2008)

7. วิตามินซีเป็นปัจจัยร่วม (co-factor) ในกระบวนการสังเคราะห์ฮอร์โมนสเตอรอยด์ (Ito *et al.*, 1992; Levine and Morita, 1985) พบว่าในรังไข่ซึ่งมีความเข้มข้นของวิตามินซีสูงแสดงถึงบทบาทเป็นปัจจัยร่วม (co-factor) ในกระบวนการสังเคราะห์ฮอร์โมนเอสโตรเจนในฟอลลิเคิลเซลล์ ในอณูของเพศผู้ก็จะมีการสร้างฮอร์โมนแอนโดรเจน การทดลองครั้งนี้ในกลุ่มปลานิลที่ได้รับการเสริมวิตามินซีก็พบว่าความเข้มข้นของวิตามินซีในรังไข่และในอณูสูงกว่าในกลุ่มที่ไม่ได้รับการเสริม ทั้งฮอร์โมนเอสโตรเจนและแอนโดรเจนมีหน้าที่ในควบคุมการพัฒนาระบบสืบพันธุ์ของเพศเมียและเพศผู้ นอกจากนี้เอสโตรเจนยังมีหน้าที่ในการควบคุมการสร้างไวเทโลเจนิน (vitellogenin) ในตับ ซึ่งไวเทโลเจนินนี้จะถูกส่งไปยังรังไข่ และถูกทำให้เปลี่ยนไปเป็น โยลค์โปรตีน (yolk protein) ในไข่เพื่อใช้เป็นอาหารสำหรับการเจริญของตัวอ่อน (embryo) ต่อไป

8. การขาดวิตามินซีในปลานิลพบว่าจะทำให้เกิดโรคกระดูกสันหลังคดงอ (ชนิด scoliosis และ lordosis) การเจริญเติบโตลดลง แผลจะหายช้า เกิดการตกเลือดทั้งผิวหนังชั้นนอกและชั้นใน ครีบก้นเปื่อย ตาโปน (exophthalmia) โลหิตจาง (anemia) และอัตราการฟักไข่ (hatchability) ลดลง (Soliman *et al.*, 1986 a,b)

9. Waagbo *et al.* (1989) ทดลองเลี้ยงปลาเรนโบเวทราที่ด้วยอาหารที่ขาดวิตามินซีเป็นเวลา 21 เดือนพบว่าในเซรัม (serum) มีปริมาณฮอร์โมน 17 β -เอสตราไดออล และไวเทโลเจนินต่ำกว่ากลุ่มที่ได้รับวิตามินซีในปริมาณ 70 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัมอาหาร Soliman *et al.* (1986) พบว่าในปลานิล (*Oreochromis mossambicus*) ที่เลี้ยงด้วยอาหารเสริมวิตามินซี 1250 มิลลิกรัม / กิโลกรัมอาหารจะมีอัตราการฟักไข่เพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญ Sandnes *et al.* (1984) พบว่าในปลาเรนโบเวทราที่เลี้ยงด้วยอาหารที่เสริมวิตามินซี 115 มิลลิกรัม / กิโลกรัมอาหารเป็นระยะเวลา 4 เดือน จะทำให้อัตราการฟักไข่เพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญ

สำหรับวิตามินอี (α -tocopherol) นั้นเป็นวิตามินที่ละลายในไขมันมีหน้าที่หลักคือเป็นสารต้านทานการเกิดออกซิเดชันจากอนุมูลอิสระต่าง ๆ (free radicals) ทั้งที่เกิดจากเมตาโบลิซึมภายในเซลล์และที่เกิดจากมลพิษในสิ่งแวดล้อม วิตามินอีจะช่วยขัดขวางการเข้าทำลายไขมันที่เป็นส่วนประกอบของเซลล์เมมเบรนที่ง่ายต่อการทำลายจากอนุมูลอิสระ วิตามินอียังคอยป้องกันการเกิดออกซิเดชันกับไขมันชนิดที่เรียกว่า low density lipoproteins (LDLs) ซึ่ง LDLs มีหน้าที่สำคัญในการลำเลียงคอเลสเตอรอล (cholesterol) จากตับไปยังเนื้อเยื่อต่าง ๆ ของร่างกาย วิตามินอียังทำหน้าที่อื่น ๆ อีกเช่น ทำหน้าที่เป็นตัวกลาง (intermediary) ในเมตาโบลิซึมของ arachidonic acid และ prostaglandin เมตาโบลิซึมของกรดนิวคลีอิก ไขมัน และ โปรตีน ช่วยการทำงานของ

ไมโทคอนเดรีย ช่วยในการสังเคราะห์ฮอร์โมนเพศ วิตามินอียังมีผลต่อการทำงานของเอ็นไซม์ในระบบภูมิคุ้มกันและการรักษาเซลล์ที่เกิดการอักเสบ (inflammatory cells) ให้หายอย่างรวดเร็ว (Drake, 2008; Thakur, 1996) ในส่วนของการศึกษาในปลาชนิดนี้

การทำงานร่วมกันระหว่างวิตามินซี วิตามินอี และซีลีเนียม สามารถปรับปรุงการสืบพันธุ์ของปลาได้เช่น El-Gamal *et al.* (2007) พบว่าพ่อแม่ปลานิล (*Oreochromis niloticus*) ที่เลี้ยงด้วยอาหารเสริมด้วยวิตามินซี 120 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัมอาหาร วิตามินอี 34 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัมอาหาร และซีลีเนียม 0.2 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัมอาหาร เป็นเวลา 120 วันมีผลทำให้ขนาดของไข่ ความคดของไข่ การวางไข่ของแม่ปลา (spawning rate) อัตราการฟักไข่ และอัตราการรอดของลูกปลา เพิ่มขึ้นกว่ากลุ่มที่ไม่ได้รับการเสริมเลย หรือกลุ่มที่ได้รับการเสริมอย่างใดอย่างหนึ่ง

Lee and Drabrowski (2004) ทำการศึกษาในปลา yellow perch (*Perca flavescens*) ที่เลี้ยงด้วยอาหารที่เสริมวิตามินซีและวิตามินอี หรือเสริมอย่างใดอย่างหนึ่ง หรือไม่เสริมทั้ง 2 ชนิด เป็นระยะเวลา 32 สัปดาห์ พบว่าวิตามินซีสามารถปรับปรุงคุณภาพน้ำเชื้อ (semen quality) การปฏิสนธิ (fertilization) อัตราการฟัก (hatching rate) ให้ดีขึ้น วิตามินซีสามารถปรับปรุงวิตามินอีให้สามารถนำกลับมาใช้ใหม่ได้ (regenerate) หรือใช้สำรอง (spare) วิตามินอีได้

ในฤดูกาลสืบพันธุ์ปลาจะมีความต้องการอาหารที่มีสารต้านทานการเกิดออกซิเดชัน (antioxidant) เพิ่มขึ้นกว่าปกติทั้งนี้อาจสัมพันธ์กับปริมาณอนุมูลออกซิเจนอิสระ (oxygen radical) ที่เกิดขึ้นในระหว่างที่มีการสังเคราะห์ฮอร์โมนสเตอรอยด์ วิตามินซีและวิตามินอีจึงมีบทบาทที่สำคัญในการสืบพันธุ์ (Izquierdo and Fernández-Palacios, 1997; Fernández-Palacios *et al.*, 1998) Watanabe and Takashima (1977) พบว่าในปลาคาร์พที่ได้รับอาหารเสริมวิตามินอีจะทำให้รังไข่พัฒนาดีขึ้น ในปลา ayu พบว่าทำให้อัตราการฟักไข่และอัตราการรอดในระยะเกิดตา (eyed stage) สูงขึ้น (Takeuchi *et al.*, 1981) ในปลา gilthead seabream ทำให้เปอร์เซ็นต์ของไข่ปกติและความคดของไข่สูงขึ้น (Izquierdo *et al.*, 2001) Fernández-Palacios *et al.* (1998) พบว่าพ่อแม่พันธุ์ปลา gilthead seabream ที่เลี้ยงด้วยอาหารที่เสริมด้วยวิตามินอีสามารถปรับปรุงอัตราการรอดของไข่ให้ดีขึ้น และลดเปอร์เซ็นต์ของไข่พิการ และพบว่าระดับของวิตามินอีในไข่ปลาจะเพิ่มขึ้นตามระดับที่เสริมวิตามินอีลงในอาหาร

จากที่กล่าวมาข้างต้นจะเห็นได้ว่าทั้งวิตามินซีและวิตามินอีส่งผลต่อการสืบพันธุ์ปลานิล ทั้งโดยตรงและโดยอ้อม ผลโดยตรงได้แก่ มีความสำคัญต่อการสังเคราะห์คอลลาเจนของเนื้อเยื่อเกี่ยวพันที่เป็นโครงสร้างในระบบสืบพันธุ์ มีส่วนในกระบวนการสังเคราะห์ฮอร์โมนสเตอรอยด์

ฮอร์โมนเอสโตรเจนซึ่งเป็นฮอร์โมนสเตอรอยด์ตัวหนึ่งมีหน้าที่ควบคุมการสร้างไวเทโลเจนนี้อีกทีหนึ่ง ทำให้สเปิร์มเคลื่อนที่ได้ดีขึ้น ทำให้น้ำเชื้อมีความเข้มข้นมากขึ้น ทำหน้าที่เป็นตัวต้านทานอนุมูลอิสระป้องกันความเสียหายที่จะเกิดกับ สเปิร์ม ไข่ ตัวอ่อน และผนังเซลล์ของโครงสร้างอวัยวะสืบพันธุ์ ผลในทางอ้อมได้แก่ ทำให้ปลามีความสุขภาพแข็งแรงสมบูรณ์เพิ่มขึ้น เช่นทำให้ปลามีความต้านทานโรคสูงขึ้น ทำให้แผลหายเร็วขึ้น ลดความเครียดของปลาลง เป็นต้น

สรุปและข้อเสนอแนะ

สรุป

1. พ่อแม่พันธุ์ปลาชนิดที่เลี้ยงด้วยอาหารที่ไม่เสริม หรือเสริมด้วยวิตามินซีและอี หรือเสริมอย่างใดอย่างหนึ่ง ทุกชุดการทดลองมีการสะสมวิตามินซีและวิตามินอีในทุกอวัยวะที่ทำการศึกษา ได้แก่ ในอวัยวะ ในรังไข่ และในตับ มากหรือน้อยตามความสามารถของการสะสมของเนื้อเยื่อในอวัยวะนั้น ๆ และระดับของวิตามินทั้ง 2 ชนิดที่มีในอาหาร
2. การทดลองในครั้งนี้อาหารพ่อแม่พันธุ์ปลาชนิดที่เสริมวิตามินซีที่ระดับ 423.95 และ 458.21 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัมอาหาร และวิตามินอีที่ระดับ 630.64 และ 634.54 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัมอาหาร อย่างใดอย่างหนึ่ง หรือทั้ง 2 ชนิด ไม่สามารถเพิ่มศักยภาพในการวางไข่ของแม่ปลา ความคดของไข่ปลา อัตราการฟักไข่ อัตรารอด ให้ดีขึ้นได้
3. การเสริมวิตามินซีและอี หรืออย่างใดอย่างหนึ่งในระดับที่ทำการทดลอง มีแนวโน้มสามารถเพิ่มสมรรถนะการสืบพันธุ์ได้ โดยทำให้เก็บรวบรวมไข่ปลาชนิดในระยะที่ 2-3 ซึ่งเป็นไข่ที่ได้รับการผสมแล้วได้เพิ่มขึ้น
4. การทดลองในชุดวิตามินอีที่มีการเสริมวิตามินอี 630.64 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัมอาหาร มีแนวโน้มทำให้อัตราการฟักไข่ดีขึ้น ทั้งนี้วิตามินอีที่เสริมลงไปอาจมีผลทำให้คุณภาพน้ำเชื้อดีขึ้น การปฏิสนธิเพิ่มขึ้น หรือทำให้คุณภาพไข่ดีขึ้นทำให้อัตราการปฏิสนธิเพิ่มมากขึ้นอัตราการฟักจึงดีขึ้น หรือทำให้การป้องกันการทำลายไข่ที่ได้รับการผสมแล้วจากอนุมูลอิสระมีประสิทธิภาพเพิ่มขึ้น จึงทำให้อัตราฟักดีขึ้น

ข้อเสนอแนะ

1. ควรมีการศึกษาพฤติกรรมกรรมการผสมพันธุ์ การแก่งแย่งและการคุมฝูง ความถี่ในการรวบรวมไข่ ระยะเวลาในการฟักไข่และสับเปลี่ยนพ่อแม่พันธุ์ปลาที่เหมาะสมเพิ่มเติม เพื่อใช้เป็นข้อมูลพื้นฐานในการปรับปรุงการเพาะพันธุ์ปลานิลเป็นไปอย่างมีประสิทธิภาพต่อไป
2. ควรมีการทดลองนำลูกปลานิลที่ได้จากพ่อแม่ปลานิลที่เลี้ยงด้วยอาหารเสริมวิตามินซีและอี และไม่รับการเสริมวิตามินซีไปเลี้ยงเปรียบเทียบจนถึงขนาดที่ตลาดต้องการ เพื่อต้องการทราบว่าวิตามินซีและอีมีผลต่อคุณภาพลูกปลานิลในระยะยาวแตกต่างกันหรือไม่
3. ควรมีการทดลองวิตามินซีและอีมีผลต่อคุณภาพน้ำเชื้อ ปริมาณและคุณภาพไข่ปลานิล ตลอดจนอัตราส่วนและวิธีการใช้ที่เหมาะสมของวิตามินซีและอีที่เสริมอาหารที่ใช้เลี้ยงพ่อแม่พันธุ์ปลานิลก่อนทำการจับคู่ผสมพันธุ์ และในระหว่างที่ทำการเพาะพันธุ์
4. ควรมีการทดลองระยะเวลาช่วงระยะเวลาห่างที่เหมาะสมในการเก็บไข่ปลานิลจากปากแม่ปลาในแต่ละรอบ และระยะเวลาในการเพาะพันธุ์ในแต่ละครั้งควรใช้พ่อแม่พันธุ์ปลานิลทำการจับคู่ผสมพันธุ์ติดต่อกันเป็นระยะเวลานานเท่าใดจึงจะเหมาะสม

เอกสารและสิ่งอ้างอิง

- กองส่งเสริมการประมง. 2544. การเลี้ยงปลานิลเอกสารคำแนะนำ. กรมประมง. กระทรวงเกษตรและสหกรณ์, กรุงเทพฯ.
- คีรี กอนันตกุล. 2542. การเพาะเลี้ยงปลานิลแปลงเพศ. กรมประมง. กระทรวงเกษตรและสหกรณ์, กรุงเทพฯ.
- พรศักดิ์ ตั้งรัตนสมบุญ. 2543. การเปรียบเทียบผลของวิตามินซีรูปแบบต่าง ๆ ในอาหารปลานิล. วิทยานิพนธ์ปริญญาโท. มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ.
- นนทวิทย์ อารีชัน. 2542. การใช้สารเคมีและยาปฏิชีวนะในการควบคุมโรค, น. 158-163. ใน เอกสารประกอบการบรรยายโครงการพัฒนาศักยภาพของผู้เพาะเลี้ยงสัตว์น้ำเพื่อลดต้นทุนและเพิ่มผลผลิต. คณะประมง. มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์. กรุงเทพฯ.
- พันทิพา พงษ์เพ็ญจันทร์. 2535. หลักการอาหารสัตว์ เล่ม 1 โภชนะ. พิมพ์ครั้งที่ 1. ภาควิชาสัตวบาล, คณะเกษตรศาสตร์. มหาวิทยาลัยเชียงใหม่. สำนักพิมพ์โอเดียนสโตร์, กรุงเทพฯ.
- มานพ ตั้งตรงไพโรจน์, ภาณุ เทวรัตน์มณีกุล, พรรณศรี จริโมภาส, สุจินต์ หนูขวัญ, กำชัย ลาวัณยวุฒิ, วีระ วัชรกรโยธิน และ วิมล จันทรโรทัย. 2536. การพัฒนาการเพาะเลี้ยงปลานิล. สถาบันวิจัยการเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำจืด. กรมประมง. กระทรวงเกษตรและสหกรณ์, กรุงเทพฯ. 96 หน้า.
- วีรพงศ์ วุฒิพันธุ์ชัย. 2536. อาหารปลา. ภาควิชาวาริชศาสตร์. คณะวิทยาศาสตร์. มหาวิทยาลัยบูรพา. สำนักพิมพ์โอเดียนสโตร์, กรุงเทพฯ.
- สมทรง เลขากุล. 2543. ชีวเคมีของวิตามิน. พิมพ์ครั้งที่ 2. สุกวนิชการพิมพ์, กรุงเทพฯ.

สโรชา หุ่นศิริ. 2540. การเปรียบเทียบผลของวิตามินซีรูปแบบต่างๆ ในอาหารปลาตู้กฏผสม.
วิทยานิพนธ์ปริญญาโท. มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์. กรุงเทพฯ.

สิริพันธุ์ จุลกรังคะ. 2547. โภชนศาสตร์เบื้องต้น. พิมพ์ครั้งที่ 4. มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.
สำนักพิมพ์มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ.

อภัสสรฯ สมิตต์. 2537. ชีวเคมี. พิมพ์ครั้งที่ 2. ภาควิชาสัตววิทยา คณะสัตวแพทยศาสตร์.
มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์. กรุงเทพฯ.

อนันต์ชัย เชื้ออนรรรม. 2542. หลักการวางแผนการทดลอง. ภาควิชาสถิติ คณะวิทยาศาสตร์,
มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์. กรุงเทพฯ.

อุทัยรัตน์ ณ นคร. 2538. การเพาะขยายพันธุ์ปลา. ภาควิชาเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำ. คณะประมง.
มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์. สำนักพิมพ์ร่วมเขียว, กรุงเทพฯ.

Agrawal, N.K. and C.L. Mahajan. 1980. Comparative tissue ascorbic acid studies in fishes.
J. Fish Biol. 17: 135 – 141.

Akiyama, D.M., W.G. Dominy and A.L. Lawrence. 1991. **Commercial consideration for
shrimp Nutrition.** The Aquaculture Feed Processing and Nutrition and Nutrition
Workshop, Bangkok, Thailand, September 19-21. 1991.

American Public Health Association, American Water Works Association, Water Environment
Federation. 1998. **Standard Methods for The Examination of Wastewater.** 20th ed.
Washington, D.C. 20005-2605.

Antila, E. 1984. Steroid conversion by oocytes and early embryos of *Salmo gairdneri*.
Ann. Zool. Fenn. 21: 465-471.

- AOAC. 2000. **Official Method of Analysis of the Association of Official Analytical Chemists** 17th ed. vol. 1, Chapter4. Association of Official Analytical Chemists.
- Bäckström, S. 1956. The total content of ascorbic acid in the developing sea urchin egg
Exp. Cell. Res. 11: 322-326.
- Barnes, M.J. 1975. Function of ascorbic acid in collagen metabolism, pp. 264-277.
In C.G. King and J.J. Burns, Eds. **Second Conference on Vitamin C.**
Ann. N.Y. Acad. Sci.
- Barnes, M.J. and E. Kodicek. 1972. Biological hydroxylations and ascorbic acid with special regard to collagen metabolism. **Vitam. Horm.** 30: 1-43.
- Basu, T.K. and C.J. Schorah. 1982. **Vitamin C in Health and Disease. London: Croom Helm.**
- Basu, T.K. and J.W.T Dickerson 1996. **Vitamin in human health and disease.** CAB International ed. Guildford: Biddles Ltd.: 125-47.
- Bates, C.J. 1997. Bioavailability of vitamin C. **Eur. J. Clin. Nutr.** 51: S28-S33
- Benitez, L.V. and J.E. Halver. 1982. Ascorbic acid sulfate sulfhydrylase (C₂ sulfatase) : the modulator of cellular levels of L-ascorbic acid in rainbow trout. **Proc. Natl. Acad. Sci., U.S.A.** 79: 5445-5449.
- Bhujel, R.C. 2000. A review of strategies for the management of Nile tilapia (*Oreochromis niloticus*) broodstock in seed production systems, especially hapa-based system. **Aquaculture** 181: 37-39.

- Blom, J.H. and K. Dabrowski. 1995. Reproductive success of female rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*) in response to graded dietary ascorbyl monophosphate levels. **Biol. Reprod.** 52: 1073-1080.
- Cavalli, R.O., F.M.M. Batista, P. Lavens, P. Sorgeloos, H.J. Nelis and A.P. De Leenheer. 2003. Effect of dietary supplementation of vitamin C and E on maternal performance and larval quality of the prawn *Macrobrachium rosenbergii*. **Aquaculture** 227: 131-146.
- Ciereszco, A. and K. Dabrowski. 1995. Sperm quality and ascorbic acid concentration in rainbow trout semen are affected by dietary vitamin C: an across season study. **Biol. Reprod.** 52: 982-988.
- Colombo, L., P.C. Belveder, A. Maconato and F. Bentivegna. 1982. Pheromones in teleost fish, pp. 84-94. **In Proceedings of the Second International Symposium on Reproduction Physiology of Fish.** Wageningen.
- Combs, Jr. G.F. 1992. **The Vitamins: Fundamental Aspects in Nutrition and Health.** London Academic Press Limited.
- Craik, J.C.A. 1985. Egg quality and egg pigment content in salmonid fishes. **Aquaculture** 47: 61-88.
- David, G. and L. Leslie. 1983. Mass production of *Tilapia niloticus* seed in suspended net Enclosures, pp. 394-401. **In International Symposium on Tilapia Aquaculture.** Tel Aviv, Israel
- De Vlaming, V., H.S. Wioley, G. Delabunty and R. Wallace. 1980. Goldfish (*Carassius auratus*) vitellogenin: induction, isolation, properties and relationship to yolk proteins. **Comp. Biochem. Physiol.** 67B: 613-623.

- Dmitriva, T.M. and V.A. Ostroumov. 1986 The role of chemical communication in the organization of spawning behavior of the yellow Baikal sculpin (*Cottocomephorus grrwingki*). Cited N. Stacey. 1991. Hormonal pheromones in fish : status prospects, pp. 177-181. In Scott, A.P.,J.P. Sumpter, D.E. Kime and M.S. Rolfe,eds. Reproductive Physiology of Fish. **Fish Symp.** 91, Sheffield.
- Drake, V.J. 2007. L-caritine. Available Source:
[http://www.lpi.oregonstate.edu/infocenter/vitamin c](http://www.lpi.oregonstate.edu/infocenter/vitamin_c), October 25, 2008
- _____. 2008. Vitamin E. Available Source:
[http://www.lpi.oregonstate.edu/infocenter/vitamin e](http://www.lpi.oregonstate.edu/infocenter/vitamin_e), October 25, 2008
- El-Gamal, A.H.E., Z.A. El-Greisy and El-S.H. El-Ebiary. 2007. Synergistic effects of vitamin C and E and selenium on the reproductive performance of Nile tilapia, *Oreochromis niloticus*. **J. Appl. Sci. Res.** 3(7): 564-573.
- El-Sayed, A-F.M., C.R. Mansour. and A.A. Ezzat. 2003. Effects of dietary protein level on Spawning performance of Nile tilapia (*Oreochromis niloticus*) broodstock reared at Different water salinity. **Aquaculture** 220: 619-632.
- Eskelinen, P. 1989. Effects of different diets on egg production and egg quality of Atlantic salmon (*Salmo salar* L.). **Aquaculture** 79: 5-281.
- Fernández-Palacios, H., M.S. Izqueredo, M. Gonzalez, L. Robaina, A. Valeneia, M. Salhi. and D. Montero. 1997. The effect of dietary protein and lipid from squid and fish meals on egg quality of broodstock for gilthead seabream (*Sparus aurata*). **Aquaculture** 148: 233-246.

- Fernández-Palacios, H., M.S. Izquiereo, M. Gonzalez, L. Robaina. and A. Valeneia. 1998. Combine effect of dietary α -tocopherol and n-3 HUFA on egg quality of gilthead seabream (*Sparus auratus*) broodstock. **Aquaculture** 161: 475-476.
- Follett, B.K. and M.R. Redshaw. 1968. The effects of oestrogen and gonadotrophins on lipid and protein metabolism in *Xenopus laevis* Daudin. **J. Endocrinol.** 40: 439-456.
- Fostier, A., B. Jalabert, R. Billard, B. Breton and Y. Zohar. 1983. The gonadal steroids, pp. 277-372. In Hoar, W.S., D.J. Randall and E.M. Donalson, eds . **Fish Physiology Vol. IX A.** Academic Press. Inc., New York.
- Gadient, M. and E. Schai. 1994. Leaching of various vitamins form shrimp feed. **Aquaculture** 124: 201-205.
- Ginter. E., P. Bobek, J. Babala, M. Jakubovsky and Z. Lojda. 1979. Vitamin C in atherosclerosis, pp. 55-71. In A. Hanck and G. Ritzel, eds. **Vitamin C Recent Advances and Aspects in Virus Diseases, Cancer and in Lipid Metabolism.** Hans Huber Publishers, Bern.
- Goetz, F.W. 1983. Hormone control of oocyte final maturation and ovulation in fishes. pp. 117-170. In W.S. Hoar, D.J. Randall and E.M. Donalson, eds. **Fish Physiology Vol. IX B.** Academic Press, Inc, New York.
- Golob, R., C.J. Chetsanga and P. Doty. 1974. The onset of collagen synthesis in sea urchin embryos. **Biochem. Biophys. Acta.** 349: 135-141.
- Graffholf, H. 1976. **Methods of Seawater Analysis.** Veriag Chemic. New York. 317 p.

- Gunasekera., R.M., K.F. Shim, and T.J. Lam. 1996. Effect of dietary protein level on spawning Performance and amino acid composition of eggs of Nile tilapia, *Oreochromis niloticus*. **Aquaculture** 43: 121-134.
- Halver, J.E. 1972. **Fish Nutrition**. Academic Press, Inc., New York.
- Halver, J.E. 1985. Recent advances in vitamin nutrition and metabolism in fish, pp 415-429. *In* C.B. Cowey, A.M. Mackie and J.G. Bell, eds, **Nutrition and Feeding in Fish**. Academic Press, London.
- _____, Smith, R.R., B.M. Tolbert and E.M. Baker. 1975. Utilization of ascorbic acid in fish. **Ann. N.Y. Sci.** 258: 81-102.
- Harris, L.E. 1984. Effects of a broodfish diet fortified with canthaxanthin on female fecundity and egg color. **Aquaculture** 43: 179-183.
- Haux, C., 1985. **Alterations in the plasma biochemical composition in juvenile rainbow trout (*Salmo gairdneri*) after administration of estradiol-17 β** . Dissertation, University of Gøteborg, Sweden.
- Hemila, H. 1997. Vitamin C intake and the common cold. **Brit. J. of Nutrition.** 77: 59-72.
- Hemre, G.I., A. Mangor-Jensen and O. Lie. 1994. Broodstock nutrition in turbot (*Scophthalmus maximus*) effect of dietary vitamin E. Fiskeridir. Skr. **Ser. Ernaer.** 8: 21-29.
- Higdon, J. 2006. Vitamin C. Available Source:
http://www.lpi.oregonstate.edu/infocenter/vitamin_c_login.htm, October 25, 2008.
- Hilton, J.W., C.Y. Cho and S.J. Slinger, 1977. Factors affecting the stability of supplemental ascorbic acid in practical trout diets. **J. Fish Res. Bd. Can.** 34: 683-687.

- _____. 1978. Effect of graded levels of supplemental ascorbic acid in practical diets fed to rainbow trout (*Salmo gairdneri*). **J. Fish. Res. Bd. Can.** 35: 431-436.
- _____, R.G. Brown and S.J. Slinger. 1979. The synthesis half-life and distribution of ascorbic acid in rainbow trout. **Comp. Biochem. Physiol. A.** 63: 447- 453.
- Hoar, W.S., 1969. Reproduction, pp. 1-72. In W.S. Hoar and D.J. Randall, Eds. **Fish Physiology. Vol. III.** Academic Press, New York, NY.
- Hung, S.S.O. and S.J. Slinger. 1980. Effect of oxidized fish oil on the ascorbic acid nutrition of rainbow trout (*Salmo gairdneri*). **Int. J. Vit. Nutr. Res.** 49: 400-405.
- Isquierdo, M.S. and H. Fernández-Palacios. 1997. Nutrition requirement of marine fish larvae and broodstock. **Cah. Options Mediterr** 22: 243-264.
- _____. and A.G.J. Tacon. 2001. Effect of broodstock nutrition on reproductive performance of fish. **Aquaculture** 197: 25-42.
- Ito, Y., M. Tsuji, N. Terada, M. Miyano and H. Mori. 1992. Testosterone production in mature scorbutic mutant rats unable to synthesize ascorbic acid. **Int. J. Androl.** 15: 160-169.
- John, T.M., J.C. George, J.W. Hilton, and S.J. Slinger. 1979. Influence of dietary ascorbic acid on plasma lipid levels in rainbow trout. **Int. J. Vit. Nutr.Res.** 49: 400-405.
- Kullander, S.O. 2004. *Oreochromis niloticus* Nile tilapia. Fish Base Consortium Member. Available Source: <http://www.fishbase.org/Summary/SpeciesSummary.efm?ID=2> 28/10/2547

- Lane, H.C., 1979. Progressive changes in haematology and tissue water of sexually mature trout (*Salmo gairdner* Richardson) during the autumn and winter. **J. Fish Biol.** 15: 425-436.
- Lee, K.J. and K. Dabrowski. 2004. Long-term effects and interactions of dietary vitamin C and E on growth and reproduction of yellow perch, *Perca flavescens*. **Aquaculture** 230 : 377-389.
- Levine, M. 1986. New concepts in the biology and biochemistry of ascorbic acid. **N. Engl. J. Med.** 314: 892-902.
- _____. and K. Morita. 1985. Ascorbic acid in endocrine systems. **Vitam. Horm.** 42: 1-64.
- Little, D.C. 1986. **An Evaluation of Strategies for Production of Nile Tilapia (*Oreochromis niloticus*) Fry Suitable for Hormone Treatment.** Ph.D. Thesis, Stirling Uni., Scotland.
- Lu, J. and T. Takeuchi. 2004. Spawning and egg quality of the tilapia *Oreochromis niloticus* fed solely on raw *Spirulina* throughout three generations. **Aquaculture** 234: 625-640.
- Lutwak-Mann, C. 1958. The dependence of gonadal function upon vitamins and other nutritional factors. **Vitam. Horm.** (NY), 16: 35-75.
- Mizoguchi, H. and J. Yasumasu. 1982. Archenteron formation induced by ascorbate and α -ketoglutarate in sea urchin embryos kept in So_4^{2-} -free artificial seawater. **Dev. Biol.** 93 : 119-125.
- Mustin, G.W. and R.T. Lovell. 1992. Na-L-ascorbyl-2-monophosphate as a source of vitamin C for channel catfish. **Aquaculture** 105: 95-199.

- Osure, G.O. and R.P. Phelps. 2006. Evaluation of reproductive performance and early growth of four strains of Nile tilapia (*Oreochromis niloticus*, L) with different histories of domestication. **Aquaculture** 253: 485-495.
- Padth, H. 1990. Cellular functions of ascorbic acid. **Biochem. Cell Biol.** 68: 1166-1173.
- Peter, R.E. 1983. The brain and neurohormones in teleost reproduction, pp. 97-136. *In* Hoar, W.S., D.J. Randall and E.M. Donaldson, eds. **Fish Physiology Vol. IX A**. Academic Press, Inc., New York.
- Petersen, I.M., O. Sand and B. Korsgaard. 1983. A time course study of the effect of repetitive doses of estradiol-17 β on serum glucose and lipids, liver glycogen and some carbohydrate metabolizing enzymes in liver of male flounder (*Platichthys flesus* L.). *Comp. Biochem. Physiol* 74B(3): 459-466.
- Pope, S.A.S., G.E. Bertin, P.T. Clayton, D.J. Madage and D.P.R. Muller. 2001. New synthesis of (I)- α -CMBHC and its conformation as a metabolite of α -tocopherol (Vitamin E). *Bioorg. Med. Chem.* 9: 1337-1343.
- Rana, M.A. 1986. **Parental influences on egg quality, fry production and fry performance in *Oreochromis niloticus* (Linnaeus) and *O. mossambicus* (Peters)**. Ph.D. thesis, Institute of Aquaculture, University of Sterling, Scotland, UK.
- Resink, J.W., W.G.E.J. Schoonen, P.C.H. Albers, D.M. File, C.D. Notenboom, R. Van den Hurk and P.G.W.J. Van Oodt. 1989. The chemical nature of sex attracting pheromones from the seminal vesicle of the African catfish, *Clarias gariepinus*. **Aquaculture** 83 : 137-151.

- Sandnes, K. 1984. Some aspect of ascorbic acid and reproduction in fish, pp. 206-212.
In J. Wegger, F.J. Tagwerker and J. Moustgard, eds. **Ascorbic Acid in Domestic Animals**. The Royal Danish Agricultural Society, Copenhagen.
- Sandnes, K. 1991. Vitamin C in fish nutrition-a review. **Fiskeridir. Skr., Ser. Ernare.** 4: 3-32.
- _____ and O.R. Braekkan. 1981. Ascorbic acid and the reproductive cycle of ovaries in cod (*Gadus morhua*). **Comp. Biochem. Physiol.** 70A: 545-546.
- _____ and F. Utne. 1982. Processing loss and storage stability of ascorbic acid in dry fish feed. **Fisk. Dir. Skr. Ser. Ernaering.** 2(2): 39-44.
- _____ Y. Ulgenes, O.R. Brakkan and F. Utne. 1984. The effect of ascorbic acid supplementation in broodstock feed on reproduction of rainbow trout (*Salmo gairdneri*). **Aquaculture** 43: 167-177.
- Santiago, C.B., and Reyes, O.S. 1993. Effect of dietary lipid source on reproductive performance and tissue lipid levels of Nile tilapia *Oreochromis niloticus* (L.) broodstock. **J. Appl. Ichthyol.** 9: 33-40.
- Sato, M., R. Yoshinaka, T. Kondo. and S. Ikeda. 1982. Accumulation of underhydroxylated collagen in ascorbic acid-deficient rainbow trout. **Bull. Jpn. Soc. Sci. Fish.** 48(7): 953-957.
- Seymour, E.A. 1981a. Gonadal ascorbic acid and changes in level with ovarian development in the crucian carp, *Carassius carassius* (L.). **Comp. Biochem. Physiol.** 70A: 451-553.

Seymour, E.A. 1981b. The effect of powdered carp pituitary on ovarian development, ovarian ascorbic acid and ovulation in *Carassius carassius* L. exposed to various photoperiod and temperature regims. **J. Fish Biol.** 19:675-682.

Sherwood, N.M., L. Eiden, M. Brownstein, J. Spiess, J. Rivier and W. Vale. 1982. The sequence of teleost gonadotropin releasing hormone (GnRH) : Multiple forms of GnRH in the animal Kingdom. Cited after Donaldson, E.M. and G.A. Hunter. Induced final maturation, ovulation and spermiation, pp. 351-403. *In* Hoar, W.S., D.J. Randall and E.M. Donaldson, eds. **Fish Physiol. Vol. IX A.** Academic Press, Inc., New York.

. 1983.

Characterization of a teleost gonadotropin releasing hormone. Cited after Donaldson, E.M. and G.A. Hunter. Induced Finalmaturation, ovulation, and spermiation, pp. 351-403, *In* Hoar, W.S., D.J. Randall and E.M. Donaldson, eds. **Fish Physiol. Vol. IX A.** Academic Press, Inc., New York.

Shiau, S.Y. and C.Y. Hsu. 2002. Vitamin E sparing effect by dietary vitamin C in jnvenile hybrid tilapia (*Oreochromis niloticus* X *O. aures*). **Aquaculture** 210 : 335-342.

Siman, C.M. and U.J. Erikkson. 1997. Vitamin E decreases the occurrence of malformations in the offspring of diabetic rats. **Diabetes** 46: 1054-1061.

Smirnoff, N. and J. E. Pallanca. 1996. Ascorbate metabolism in relation to oxidative stress. **Biochem. Soc. Transactions.** 24: 472-478

Soliman, A.K., K. Jauncey and R.J. Roberts. 1978. Stability of L-ascorbic acid (vitamin C) and its forms in fish feed during processing storage and leaching. **Aquaculture** 60: 73-83.

- _____. 1986a. The effect of dietary ascorbic acid supplementation on hatchability, survival rate and fry performance in *Oreochromis mossambicus* (Peters). **Aquaculture** 59: 197-208.
- _____. 1986b. The effect of varying forms of ascorbic acid on the nutrition of juvenile tilapia (*Oreochromis nilotica*). **Aquaculture** 52: 1-10
- Sorensen, P.W. and N.E. Stacey. 1990. Identified hormonal pheromones in the goldfish: the basis for a model of sex pheromones in fish: status and prospects, pp. 177-181. In Scott, A.P., J.P. Sumpter, D.E. Kime and M.S. Rolfe, eds. **Reproductive Physiology of Fish, Symp. 91**, Sheffield.
- Stacey, N. 1991. Hormonal pheromones in fish : status and prospects, pp. 177-181. In Scott, A.P., J.P. Sumpter, D.E. Kime and M.S. Rolfe, eds. **Reproductive Physiology of Fish, Symp. 91**, Sheffield.
- Steffens, W. 1989. **Principles of Fish Nutrition**. Ellis Horwood, Chichester. 384 p.
- Sumpter, D.E. Kime and M.S. Rolfe. **Reproductive Physiology of Fish, Symp. 91**, Sheffield.
- Thakur, M. L. and U. S. Srivastava. 1996. Vitamin E metabolism and its application. **Nutrition Res.** 16(10): 1767-1809.
- Tolbert, B.M. 1979. Ascorbic acid metabolism and physiological function, pp. 127-142. In A. Hanck and G. Ritzel, eds. Vitamin C. Recent Advances and Aspects in Virus Diseases, Cancer and Lipid Metabolism. **Int. J. Vit. Nutr. Res., Suppl.** No. 19
- Tucker, B.W. 1983. **Studies on Vitamin C Metabolism in Rainbow Trout**. Dissertation. University of Washington. Seattle, WA. 154 pp.

- Van den Hurk, R., and J.G.D. Lambert. 1983. Ovarian steroid glucuronides function as sex pheromones for male seabrafish, *Brachydanio rerio*. **Can. J. Zool.** 61:2381-2387.
- Van den Hurk, R., W.G.E.J. Schoonen, G.A. Van Zoelan and J.G.D. Lambert. 1987. The biosynthesis of steroid glucuronides in the testis of the zebrafish, *Brachydanio rerio* and their pheromonal function as ovulation inducers. **Gen. Comp. Endocrinol.** 68 : 179-188.
- Vanweerd, J.H., M. Sukkel, I. Bin Awang Kechik, A.B.J. Bongers and C.J.J. Richter. 1990. Pheromonal stimulation of ovarian recrudescence in hatchery-raised abult African catfish, *Clarias gariepinus*. **Aquaculture** 90 : 369-387.
- Videbaek, A. 1978. **Haematologi**. Munksgaaul, Denmark.
- Waagbø, R., T. Thorsen and K. Sandnes. 1989. Role of dietary ascorbic acid in vitellogenesis in rainbow trout (*Salmo gairdneri*). **Aquaculture** 80: 301-314.
- Watanabe, T. 1990. Effect of broodstock diets on reproduction of fish. **Actes Colloq. – IFREMER** 9: 542-543.
- _____ and F. Takashima. 1977. Effect of α - tocopherol deficiency on carp. VI. Deficiency syptoms and changes in fatty acid and triglyceride distribution in carp. **Bull. Jpn. Soc. Fish.** 43: 819-830.
- _____, Lee, M., J. Mizutani, T. Yamada, S. Satoh. T. Takeuchi. N. Yoshida. T. Kitada. and T. Arakawa. 1991. Effective components in cuttlefish meal and raw krill for improvement of quality of red sea bream *Pagrus major* eggs. **Nippon Suisan Gakkaishi** 57 (4): 681-694.
- Wedemeyer, G. 1969. Stress-induced ascorbic acid depletion and cortisol production in two salmonid fishes. **Comp. Biochem. Physiol.** 29: 1247-1251.

Whitehead, C., N.R. Bromage and J.R.M. Forster. 1978. Seasonal changes in reproductive function of the rainbow trout (*Salmo gairdneri*). **J. Fish Biol.** 12: 601-608.

Wiegand, M.D. 1982. Vitellogenesis in fishers, pp. 136-146. *In* **C.J.J. Richter and H.J. th. Goos, comps. Reproductive Physiology of Fish.** PUDOC, Wageningen, The Netherlands.

Yamamoto, Y., M. Sato and S. Lkeda. 1978. Existence of L-glunolactone oxidase in some teleosts. **Bull. Jpn. Soc. Sci. Fish.** 44 : 775.

ภาคผนวก

ตารางผนวกที่ 1 น้ำหนัก (กรัม) พ่อแม่ปลาชนิดเมื่อสิ้นสุดระยะที่ 1 ก่อนการจับคู่ผสมพันธุ์

| น้ำหนัก (กรัม) พ่อแม่ปลาชนิดเมื่อสิ้นสุดระยะที่ 1 ก่อนการจับคู่ผสมพันธุ์ | | | | | | | |
|--|--------|---------------------|--------------------|----------------------|---------------------|--------------------|----------------------|
| ชุดการทดลอง | ซ้ำที่ | เพศผู้ | | | เพศเมีย | | |
| | | น้ำหนัก เริ่มต้น | น้ำหนัก สิ้นสุด | น้ำหนัก เพิ่มขึ้น | น้ำหนัก เริ่มต้น | น้ำหนัก สิ้นสุด | น้ำหนัก เพิ่มขึ้น |
| ชุดควบคุม | 1 | 74.56 | 205.00 | 130.44 | 66.94 | 199.00 | 132.06 |
| | 2 | 74.56 | 287.00 | 212.44 | 66.94 | 224.00 | 157.06 |
| | 3 | 74.56 | 254.00 | 179.44 | 66.94 | 223.00 | 156.06 |
| | 4 | 74.56 | 230.00 | 155.44 | 66.94 | 267.00 | 200.06 |
| | เฉลี่ย | 74.56 | 244.00 | 169.44 | 66.94 | 228.25 | 161.31 |
| ชุดวิตามินซี | 1 | 74.56 | 390.00 | 315.44 | 66.94 | 293.00 | 226.06 |
| | 2 | 74.56 | 297.00 | 222.44 | 66.94 | 258.00 | 191.06 |
| | 3 | 74.56 | 247.00 | 172.44 | 66.94 | 239.00 | 172.06 |
| | 4 | 74.56 | 250.00 | 175.44 | 66.94 | 196.00 | 129.06 |
| | เฉลี่ย | 74.56 | 296.00 | 221.44 | 66.94 | 246.50 | 179.56 |
| ชุดวิตามินอี | 1 | 74.56 | 236.00 | 161.44 | 66.94 | 284.00 | 217.06 |
| | 2 | 74.56 | 241.00 | 166.44 | 66.94 | 261.00 | 194.06 |
| | 3 | 74.56 | 297.00 | 222.44 | 66.94 | 259.00 | 192.06 |
| | 4 | 74.56 | 272.00 | 197.44 | 66.94 | 193.00 | 126.06 |
| | เฉลี่ย | 74.56 | 261.50 | 186.94 | 66.94 | 249.25 | 182.31 |
| ชุดวิตามินซีและอี | 1 | 74.56 | 249.00 | 174.44 | 66.94 | 196.00 | 129.06 |
| | 2 | 74.56 | 237.00 | 162.44 | 66.94 | 189.00 | 122.06 |
| | 3 | 74.56 | 247.00 | 172.44 | 66.94 | 207.00 | 140.06 |
| | 4 | 74.56 | 286.00 | 211.44 | 66.94 | 228.00 | 161.06 |
| | เฉลี่ย | 74.56 | 254.75 | 180.19 | 66.94 | 205.00 | 138.06 |

ตารางผนวกที่ 2 น้ำหนัก (กรัม) พ่อแม่ปลาชนิดเมื่อสิ้นสุดระยะที่ 2 หลังการจับคู่ผสมพันธุ์

| น้ำหนัก (กรัม) พ่อแม่ปลาชนิดเมื่อสิ้นสุดระยะที่ 2 หลังการจับคู่ผสมพันธุ์ | | | | | | | |
|--|--------|---------------------|--------------------|----------------------|---------------------|--------------------|----------------------|
| ชุดการทดลอง | ซ้ำที่ | เพศผู้ | | | เพศเมีย | | |
| | | น้ำหนัก เริ่มต้น | น้ำหนัก สิ้นสุด | น้ำหนัก เพิ่มขึ้น | น้ำหนัก เริ่มต้น | น้ำหนัก สิ้นสุด | น้ำหนัก เพิ่มขึ้น |
| ชุดควบคุม | 1 | 205.00 | 250.00 | 45.00 | 199.00 | 220.00 | 21.00 |
| | 2 | 287.00 | 340.00 | 53.00 | 224.00 | 250.00 | 26.00 |
| | 3 | 254.00 | 300.00 | 46.00 | 223.00 | 250.00 | 27.00 |
| | 4 | 230.00 | 270.00 | 40.00 | 267.00 | 290.00 | 23.00 |
| | เฉลี่ย | 244.00 | 290.00 | 46.00 | 228.25 | 252.50 | 24.25 |
| ชุดวิตามินซี | 1 | 390.00 | 496.00 | 106.00 | 293.00 | 337.50 | 44.50 |
| | 2 | 297.00 | 350.00 | 53.00 | 258.00 | 292.86 | 34.86 |
| | 3 | 247.00 | 296.67 | 49.67 | 239.00 | 270.00 | 31.00 |
| | 4 | 250.00 | 317.14 | 67.14 | 196.00 | 220.00 | 24.00 |
| | เฉลี่ย | 296.00 | 364.95 | 68.95 | 246.50 | 280.09 | 33.59 |
| ชุดวิตามินอี | 1 | 236.00 | 286.67 | 50.67 | 284.00 | 320.00 | 36.00 |
| | 2 | 241.00 | 280.00 | 39.00 | 261.00 | 300.00 | 39.00 |
| | 3 | 297.00 | 350.00 | 53.00 | 259.00 | 290.00 | 31.00 |
| | 4 | 272.00 | 320.00 | 48.00 | 193.00 | 220.00 | 27.00 |
| | เฉลี่ย | 261.50 | 309.17 | 47.67 | 249.25 | 282.50 | 33.25 |
| ชุดวิตามินซีและอี | 1 | 249.00 | 288.57 | 39.57 | 196.00 | 220.00 | 24.00 |
| | 2 | 237.00 | 270.00 | 33.00 | 189.00 | 210.00 | 21.00 |
| | 3 | 247.00 | 265.00 | 18.00 | 207.00 | 230.00 | 23.00 |
| | 4 | 286.00 | 345.00 | 59.00 | 228.00 | 260.00 | 32.00 |
| | เฉลี่ย | 254.75 | 292.14 | 37.39 | 205.00 | 230.00 | 25.00 |

ตารางผนวกที่ 3 การเจริญเติบโตพ่อแม่ปลานิลระยะที่ 1 และระยะที่ 2 (กรัม)

| การเจริญเติบโตพ่อแม่ปลานิลระยะที่ 1 และระยะที่ 2 (กรัม) | | | | | |
|---|--------|-----------|---------|-----------|---------|
| ชุดการทดลอง | ซ้ำที่ | ระยะที่ 1 | | ระยะที่ 2 | |
| | | เพศผู้ | เพศเมีย | เพศผู้ | เพศเมีย |
| ควบคุม | 1 | 130.44 | 132.06 | 45.00 | 21.00 |
| | 2 | 212.44 | 157.06 | 53.00 | 26.00 |
| | 3 | 179.44 | 156.06 | 46.00 | 27.00 |
| | 4 | 155.44 | 200.06 | 40.00 | 23.00 |
| | เฉลี่ย | 169.44 | 161.31 | 46.00 | 24.25 |
| วิตามินซี | 1 | 315.44 | 226.06 | 106.00 | 44.50 |
| | 2 | 222.44 | 191.06 | 53.00 | 34.86 |
| | 3 | 172.44 | 172.06 | 49.67 | 31.00 |
| | 4 | 175.44 | 129.06 | 67.14 | 24.00 |
| | เฉลี่ย | 221.44 | 179.56 | 68.95 | 33.59 |
| วิตามินอี | 1 | 161.44 | 217.06 | 50.67 | 36.00 |
| | 2 | 166.44 | 194.06 | 39.00 | 39.00 |
| | 3 | 222.44 | 192.06 | 53.00 | 31.00 |
| | 4 | 197.44 | 126.06 | 48.00 | 27.00 |
| | เฉลี่ย | 186.94 | 182.31 | 47.67 | 33.25 |
| วิตามินซีและอี | 1 | 174.44 | 129.06 | 39.57 | 24.00 |
| | 2 | 162.44 | 122.06 | 33.00 | 21.00 |
| | 3 | 172.44 | 140.06 | 18.00 | 23.00 |
| | 4 | 211.44 | 161.06 | 59.00 | 32.00 |
| | เฉลี่ย | 180.19 | 138.06 | 37.39 | 25.00 |

ตารางผนวกที่ 4 การเจริญเติบโตพ่อแม่ปลานิลต่อวัน (กรัม) ใน 9 รอบของการเก็บไข่

| การเจริญเติบโตพ่อแม่ปลานิลต่อวัน (กรัม) | | | | | |
|---|--------|-------------------|--------------------|-------------------|--------------------|
| ชุดการทดลอง | ซ้ำที่ | ระยะที่ 1 | | ระยะที่ 2 | |
| | | เพศผู้ (66วัน) | เพศเมีย (66วัน) | เพศผู้ (45วัน) | เพศเมีย (45วัน) |
| ชุดควบคุม | 1 | 1.98 | 2.00 | 1.00 | 0.47 |
| | 2 | 3.22 | 2.38 | 1.18 | 0.58 |
| | 3 | 2.72 | 2.36 | 1.02 | 0.60 |
| | 4 | 2.36 | 3.03 | 0.89 | 0.51 |
| | เฉลี่ย | 2.57 | 2.44 | 1.02 | 0.54 |
| ชุดวิตามินซี | 1 | 4.78 | 3.43 | 2.36 | 0.99 |
| | 2 | 3.37 | 2.89 | 1.18 | 0.77 |
| | 3 | 2.61 | 2.61 | 1.10 | 0.69 |
| | 4 | 2.66 | 1.96 | 1.49 | 0.53 |
| | เฉลี่ย | 3.36 | 2.72 | 1.53 | 0.75 |
| ชุดวิตามินอี | 1 | 2.45 | 3.29 | 1.13 | 0.80 |
| | 2 | 2.52 | 2.94 | 0.87 | 0.87 |
| | 3 | 3.37 | 2.91 | 1.18 | 0.69 |
| | 4 | 2.99 | 1.91 | 1.07 | 0.60 |
| | เฉลี่ย | 2.83 | 2.76 | 1.06 | 0.74 |
| ชุดวิตามินซีและอี | 1 | 2.64 | 1.96 | 0.88 | 0.53 |
| | 2 | 2.46 | 1.85 | 0.73 | 0.47 |
| | 3 | 2.61 | 2.12 | 0.40 | 0.51 |
| | 4 | 3.20 | 2.44 | 1.31 | 0.71 |
| | เฉลี่ย | 2.73 | 2.09 | 0.83 | 0.56 |

ตารางผนวกที่ 5 จำนวนแม่ปลา (ตัว) ที่ให้ไข่ ใน 9 รอบของการเก็บไข่

| รอบที่ | จำนวนแม่ปลา (ตัว) ที่ให้ไข่ | | | |
|--------|-----------------------------|--------------|--------------|-------------------|
| | ชุดการทดลอง | | | |
| | ชุดควบคุม | ชุดวิตามินซี | ชุดวิตามินอี | ชุดวิตามินซีและอี |
| 1 | 3 | 6 | 7 | 7 |
| 2 | 8 | 5 | 7 | 6 |
| 3 | 11 | 8 | 8 | 8 |
| 4 | 11 | 9 | 11 | 12 |
| 5 | 11 | 8 | 11 | 7 |
| 6 | 12 | 9 | 15 | 12 |
| 7 | 7 | 6 | 5 | 8 |
| 8 | 8 | 4 | 9 | 5 |
| 9 | 7 | 11 | 12 | 14 |
| เฉลี่ย | 8.67 | 7.33 | 9.44 | 8.78 |
| สูงสุด | 12 | 11 | 15 | 14 |
| ต่ำสุด | 3 | 4 | 5 | 5 |

ตารางผนวกที่ 6 เปอร์เซ็นต์จำนวนแม่ปลาที่ให้ไข่ ใน 9 รอบของการเก็บไข่

| เปอร์เซ็นต์จำนวนแม่ปลาที่ให้ไข่ | | | | |
|---------------------------------|-------------|--------------|--------------|-------------------|
| รอบที่ | ชุดการทดลอง | | | |
| | ชุดควบคุม | ชุดวิตามินซี | ชุดวิตามินอี | ชุดวิตามินซีและอี |
| 1 | 7.50 | 15.00 | 17.50 | 17.50 |
| 2 | 20.00 | 12.50 | 17.50 | 15.00 |
| 3 | 27.50 | 20.00 | 20.00 | 20.00 |
| 4 | 27.50 | 22.50 | 27.50 | 30.00 |
| 5 | 27.50 | 20.00 | 27.50 | 17.50 |
| 6 | 30.00 | 22.50 | 37.50 | 30.00 |
| 7 | 17.50 | 15.00 | 12.50 | 20.00 |
| 8 | 20.00 | 10.00 | 22.50 | 12.50 |
| 9 | 17.50 | 27.50 | 30.00 | 35.00 |
| เฉลี่ย | 21.67 | 18.33 | 23.61 | 21.94 |
| สูงสุด | 30.00 | 27.50 | 37.50 | 35.00 |
| ต่ำสุด | 7.50 | 10.00 | 12.50 | 12.50 |

ตารางผนวกที่ 7 ความคกไข่ (จำนวนไข่ฟองต่อแม่ปลา) ของแม่ปลานิลใน 9 รอบของการเก็บไข่

| รอบที่ | ความคกไข่ (จำนวนไข่ฟองต่อแม่ปลา) ของแม่ปลานิล | | | |
|------------|---|--------------|--------------|-------------------|
| | ชุดการทดลอง | | | |
| | ชุดควบคุม | ชุดวิตามินซี | ชุดวิตามินอี | ชุดวิตามินซีและอี |
| 1 | 1057.06 | 1270.29 | 1167.69 | 1342.18 |
| 2 | 1378.18 | 1535.14 | 1473.44 | 2025.85 |
| 3 | 1614.99 | 1736.10 | 1639.37 | 1285.67 |
| 4 | 1577.85 | 1335.97 | 1620.49 | 1529.20 |
| 5 | 2021.67 | 1715.87 | 2164.43 | 1658.83 |
| 6 | 1577.85 | 1335.97 | 1845.81 | 1529.20 |
| 7 | 1352.12 | 2331.54 | 1982.37 | 1565.60 |
| 8 | 1296.78 | 1398.23 | 1558.54 | 1112.22 |
| 9 | 1444.56 | 2124.77 | 1627.49 | 1584.55 |
| เฉลี่ย | 1480.12 | 1642.65 | 1675.51 | 1514.81 |
| มากที่สุด | 2021.67 | 2331.54 | 2164.43 | 2025.85 |
| น้อยที่สุด | 1057.06 | 1270.29 | 1167.69 | 1112.22 |

ตารางผนวกที่ 8 ขนาดของไข่ปลานิล (น้ำหนักไข่ (กรัม) ต่อ 100 ฟอง) ใน 9 รอบของการเก็บไข่

| ขนาดของไข่ปลานิล(น้ำหนักไข่(กรัม)/100ฟอง) | | | | |
|---|-------------|--------------|--------------|-------------------|
| รอบที่ | ชุดการทดลอง | | | |
| | ชุดควบคุม | ชุดวิตามินซี | ชุดวิตามินซี | ชุดวิตามินซีและอี |
| 1 | 0.37 | 0.39 | 0.36 | 0.36 |
| 2 | 0.39 | 0.38 | 0.34 | 0.37 |
| 3 | 0.38 | 0.34 | 0.37 | 0.37 |
| 4 | 0.40 | 0.39 | 0.30 | 0.33 |
| 5 | 0.40 | 0.33 | 0.36 | 0.36 |
| 6 | 0.38 | 0.35 | 0.36 | 0.39 |
| 7 | 0.41 | 0.40 | 0.35 | 0.35 |
| 8 | 0.40 | 0.33 | 0.38 | 0.32 |
| 9 | 0.38 | 0.35 | 0.34 | 0.37 |
| เฉลี่ย | 0.39 | 0.36 | 0.35 | 0.36 |
| มากที่สุด | 0.41 | 0.40 | 0.38 | 0.39 |
| น้อยที่สุด | 0.37 | 0.33 | 0.30 | 0.32 |

ตารางผนวกที่ 9 เปอร์เซ็นต์อัตราการฟักไข่ไข่ปลาในระยะเวลาที่ 1-3 ใน 9 รอบของการเก็บไข่

| เปอร์เซ็นต์อัตราการฟักไข่ไข่ปลาในระยะเวลาที่ 1-3 ใน 9 รอบของการเก็บไข่ | | | | |
|--|-------------|--------------|--------------|-------------------|
| รอบที่ | ชุดการทดลอง | | | |
| | ชุดควบคุม | ชุดวิตามินซี | ชุดวิตามินอี | ชุดวิตามินซีและอี |
| 1 | 31.48 | 46.84 | 54.13 | 43.09 |
| 2 | 44.67 | 5.48 | 36.05 | 31.80 |
| 3 | 65.24 | 38.97 | 66.86 | 53.17 |
| 4 | 62.26 | 52.44 | 40.84 | 42.92 |
| 5 | 46.92 | 63.46 | 58.76 | 61.19 |
| 6 | 41.20 | 13.44 | 58.63 | 38.75 |
| 7 | 52.03 | 68.49 | 80.23 | 69.01 |
| 8 | 45.32 | 60.86 | 71.20 | 30.03 |
| 9 | 41.39 | 39.95 | 61.36 | 47.24 |
| เฉลี่ย | 47.84 | 43.33 | 58.67 | 46.36 |
| มากที่สุด | 65.24 | 68.49 | 80.23 | 69.01 |
| น้อยที่สุด | 31.48 | 5.48 | 36.05 | 30.03 |

ตารางผนวกที่ 10 เปรียบเทียบเปอร์เซ็นต์อัตราการฟักไข่ปลานิลระยะที่ 1 และระยะที่ 2-3 ใน 9 รอบของการเก็บไข่

| เปรียบเทียบเปอร์เซ็นต์อัตราการฟักไข่ปลานิลระยะที่ 1 และระยะที่ 2-3 | | | | | | | | |
|--|--|--------------|--------------|-------------------|--|--------------|--------------|-------------------|
| รอบที่ | เปอร์เซ็นต์อัตราการฟักไข่ปลานิลระยะที่ 1 | | | | เปอร์เซ็นต์อัตราการฟักไข่ปลานิลระยะที่ 2-3 | | | |
| | ชุดการทดลอง | | | | ชุดการทดลอง | | | |
| | ชุดควบคุม | ชุดวิตามินซี | ชุดวิตามินอี | ชุดวิตามินซีและอี | ชุดควบคุม | ชุดวิตามินซี | ชุดวิตามินอี | ชุดวิตามินซีและอี |
| 1 | 31.48 | 38.56 | 27.73 | 23.33 | - | 59.25 | 93.73 | 62.85 |
| 2 | 18.22 | 5.48 | 5.94 | 8.64 | 97.55 | - | 56.11 | 43.38 |
| 3 | 37.21 | 23.76 | 38.37 | 28.14 | 86.27 | 49.12 | 85.86 | 61.52 |
| 4 | 43.53 | 13.69 | 14.79 | 10.34 | 80.99 | 91.18 | 66.90 | 59.21 |
| 5 | 41.76 | 54.64 | 33.29 | 41.38 | 57.23 | 65.67 | 84.23 | 81.01 |
| 6 | 17.33 | 22.39 | 17.61 | 32.47 | 62.82 | 0.00 | 76.41 | 42.94 |
| 7 | 62.13 | 70.85 | 80.31 | 58.87 | 98.11 | 66.13 | 80.20 | 90.25 |
| 8 | 11.54 | 0.50 | 36.10 | 2.42 | 79.11 | 91.05 | 88.75 | 43.83 |
| 9 | 50.13 | 15.54 | 30.61 | 18.45 | 15.17 | 88.78 | 71.61 | 85.63 |
| เฉลี่ย | 34.82 | 27.27 | 31.64 | 24.89 | 72.16 | 63.90 | 78.20 | 63.40 |
| มากที่สุด | 62.13 | 70.85 | 80.31 | 58.87 | 98.11 | 91.18 | 93.73 | 90.25 |
| น้อยที่สุด | 11.54 | 0.50 | 5.94 | 2.42 | 15.17 | 0.00 | 56.11 | 42.94 |

ตารางผนวกที่ 11 เปรียบน้ำหนักลูกปลา (กรัม) ระหว่างที่แรกฟักและหลังโยลค์ยุบ

| เปรียบเทียบน้ำหนักลูกปลา (กรัม) ระหว่างที่แรกฟักและหลังโยลค์ยุบ | | | | | | | | |
|---|---|--------------|--------------|-------------------|--|--------------|--------------|-------------------|
| รอบที่ | น้ำหนักลูกปลา (กรัม) ที่แรกฟักต่อ100ตัว | | | | น้ำหนักลูกปลา (กรัม) หลังโยลค์ยุบต่อ100ตัว | | | |
| | ชุดการทดลอง | | | | ชุดการทดลอง | | | |
| | ชุดควบคุม | ชุดวิตามินซี | ชุดวิตามินอี | ชุดวิตามินซีและอี | ชุดควบคุม | ชุดวิตามินซี | ชุดวิตามินอี | ชุดวิตามินซีและอี |
| 1 | 0.50 | 0.49 | 0.50 | 0.55 | 0.67 | 0.60 | 0.59 | 0.64 |
| 2 | 0.41 | 0.49 | 0.42 | 0.46 | 0.59 | 0.69 | 0.63 | 0.58 |
| 3 | 0.48 | 0.45 | 0.46 | 0.51 | 0.61 | 0.59 | 0.60 | 0.58 |
| 4 | 0.46 | 0.44 | 0.45 | 0.40 | 0.61 | 0.66 | 0.56 | 0.56 |
| 5 | 0.49 | 0.47 | 0.41 | 0.46 | 0.60 | 0.60 | 0.54 | 0.56 |
| 6 | 0.45 | 0.38 | 0.49 | 0.45 | 0.56 | 0.59 | 0.59 | 0.62 |
| 7 | 0.49 | 0.48 | 0.41 | 0.42 | 0.61 | 0.62 | 0.52 | 0.54 |
| 8 | 0.47 | 0.42 | 0.42 | 0.40 | 0.66 | 0.60 | 0.60 | 0.55 |
| 9 | 0.47 | 0.48 | 0.44 | 0.43 | 0.61 | 0.64 | 0.63 | 0.59 |
| เฉลี่ย | 0.47 | 0.45 | 0.45 | 0.45 | 0.61 | 0.62 | 0.59 | 0.58 |
| มากที่สุด | 0.50 | 0.49 | 0.50 | 0.55 | 0.67 | 0.69 | 0.63 | 0.64 |
| น้อยที่สุด | 0.41 | 0.38 | 0.41 | 0.40 | 0.56 | 0.59 | 0.52 | 0.54 |

ตารางผนวกที่ 12 เปอร์เซ็นต์อัตราการอดเฉลี่ยใน 9 รอบของการเก็บไข่

| เปอร์เซ็นต์อัตราการอดเฉลี่ย | | | | |
|-----------------------------|-----------|--------------|--------------|-----------------|
| รอบที่ | ชุดควบคุม | ชุดวิตามินซี | ชุดวิตามินอี | ชุดวิตามินซี+อี |
| 1 | 75.81 | 97.22 | 93.28 | 91.42 |
| 2 | 85.35 | 86.46 | 85.58 | 92.78 |
| 3 | 77.57 | 81.80 | 83.06 | 84.17 |
| 4 | 85.33 | 71.44 | 65.15 | 89.49 |
| 5 | 89.17 | 82.05 | 89.77 | 89.46 |
| 6 | 77.17 | 53.74 | 89.13 | 75.59 |
| 7 | 79.28 | 71.29 | 96.19 | 87.40 |
| 8 | 92.88 | 71.12 | 70.65 | 76.13 |
| 9 | 68.10 | 71.15 | 82.44 | 77.81 |
| เฉลี่ย | 81.18 | 76.25 | 83.92 | 84.92 |
| มากที่สุด | 92.88 | 97.22 | 96.19 | 92.78 |
| น้อยที่สุด | 68.10 | 53.74 | 65.15 | 75.59 |

ตารางผนวกที่ 13 คุณภาพน้ำประจำวันของการศึกษาระยะที่ 2 จับคู่ปลานิลผสมพันธุ์ ในบ่อดินขนาด 800 ตร.ม.

| ตารางบันทึกคุณภาพน้ำประจำวันของการศึกษาระยะที่ 2 จับคู่ปลานิลผสมพันธุ์ บ่อดิน ขนาด 800 ตร.ม. | | | | | | | | | | | |
|--|-----|--------------|-------|----------------|-------|---------|---------|------------------------------|------------------------------|--------------------|---------------------------------|
| Parameters | pH | Air temp. °C | | Water temp. °C | | DO เช้า | DO บ่าย | Alkalinity | Hardness | NH ₃ -N | NO ₂ ⁻ -N |
| Date | | 8.00 | 15.00 | 8.00 | 15.00 | mg/l | mg/l | mg/l as CaCO ₃ | mg/l as CaCO ₃ | mg/l | mg/l |
| 1 | 7.8 | 31 | 33 | 30 | 30 | 2.9 | 6.0 | 142 | 82 | 0.06 | 0.004 |
| 2 | 7.7 | 32 | 34 | 30 | 30 | 2.9 | 5.8 | | | | |
| 3 | 7.9 | 32 | 34 | 31 | 31 | 2.9 | 6.1 | | | | |
| 4 | 7.9 | 31 | 32 | 31 | 31 | 3.0 | 6.0 | | | | |
| 5 | 8.2 | 30 | 32 | 30 | 31 | 3.0 | 5.8 | | | | |
| 6 | 7.9 | 30 | 32 | 29 | 30 | 3.1 | 5.9 | | | | |
| 7 | 7.9 | 30 | 31 | 29 | 30 | 3.0 | 5.9 | | | | |
| 8 | 7.8 | 29 | 31 | 29 | 30 | 3.1 | 6.0 | 135 | 84 | 0.06 | 0.008 |
| 9 | 7.8 | 30 | 30 | 30 | 30 | 3.1 | 5.9 | | | | |
| 10 | 7.9 | 30 | 30 | 29 | 30 | 3.0 | 5.9 | | | | |
| 11 | 7.8 | 31 | 31 | 30 | 31 | 2.9 | 5.8 | | | | |
| 12 | 7.8 | 30 | 31 | 30 | 31 | 3.1 | 5.9 | | | | |
| 13 | 7.9 | 31 | 32 | 31 | 31 | 3.0 | 5.8 | | | | |
| 14 | 7.9 | 31 | 32 | 30 | 30 | 3.0 | 5.9 | | | | |

ตารางผนวกที่ 13 (ต่อ)

| ตารางบันทึกคุณภาพน้ำประจำวันของการศึกษาระยะที่ 2 จับคู่ปลานิลผสมพันธุ์ บ่อคิน ขนาด 800 ตร.ม. | | | | | | | | | | | |
|--|-----|--------------|-------|----------------|-------|---------|---------|------------------------------|------------------------------|--------------------|---------------------------------|
| Parameters | pH | Air temp. °C | | Water temp. °C | | DO เช้า | DO บ่าย | Alkalinity | Hardness | NH ₃ -N | NO ₂ ⁻ -N |
| Date | | 8.00 | 15.00 | 8.00 | 15.00 | mg/l | mg/l | mg/l as CaCO ₃ | mg/l as CaCO ₃ | mg/l | mg/l |
| 15 | 8.0 | 32 | 31 | 30 | 30 | 3.0 | 5.9 | | | | |
| 16 | 7.9 | 32 | 31 | 30 | 30 | 2.9 | 5.8 | | | | |
| 17 | 7.8 | 28 | 26 | 30 | 30 | 3.2 | 5.9 | | | | |
| 18 | 7.8 | 26 | 27 | 30 | 30 | 3.0 | 6.1 | | | | |
| 19 | 7.4 | 24 | 29 | 29 | 30 | 3.0 | 6.3 | | | | |
| 20 | 7.7 | 29 | 28 | 30 | 30 | 3.1 | 5.9 | | | | |
| 21 | 7.9 | 31 | 36 | 30 | 33 | 3.0 | 5.9 | | | | |
| 22 | 7.8 | 29 | 36 | 31 | 34 | 3.1 | 6.0 | 142 | 65 | 0.12 | 0.008 |
| 23 | 7.9 | 30 | 38 | 31 | 34 | 3.1 | 5.9 | | | | |
| 24 | 7.7 | 29 | 35 | 32 | 34 | 3.0 | 5.8 | | | | |
| 25 | 7.8 | 29 | 35 | 32 | 34 | 3.0 | 5.8 | | | | |
| 26 | 7.8 | 30 | 34 | 32 | 33 | 3.0 | 5.8 | | | | |
| 27 | 7.9 | 33 | 35 | 32 | 33 | 3.0 | 5.9 | | | | |
| 28 | 7.7 | 29 | 33 | 31 | 32 | 3.0 | 6.1 | | | | |

ตารางผนวกที่ 13 (ต่อ)

| ตารางบันทึกคุณภาพน้ำประจำวันของการศึกษาระยะที่ 2 จับคู่ปลานิลผสมพันธุ์ บ่อคิน ขนาด 800 ตร.ม. | | | | | | | | | | | |
|--|-----|--------------|-------|----------------|-------|---------|---------|------------------------------|------------------------------|--------------------|---------------------------------|
| Parameters | pH | Air temp. °C | | Water temp. °C | | DO เข้า | DO บ่าย | Alkalinity | Hardness | NH ₃ -N | NO ₂ ⁻ -N |
| Date | | 8.00 | 15.00 | 8.00 | 15.00 | mg/l | mg/l | mg/l as CaCO ₃ | mg/l as CaCO ₃ | mg/l | mg/l |
| 29 | 7.9 | 28 | 28 | 31 | 32 | 3.1 | 6.0 | | | | |
| 30 | 8.0 | 28 | 34 | 31 | 32 | 3.1 | 6.1 | | | | |
| 31 | 7.9 | 30 | 35 | 32 | 33 | 3.1 | 5.9 | | | | |
| 32 | 7.8 | 31 | 35 | 31 | 33 | 2.9 | 5.9 | | | | |
| 33 | 7.8 | 31 | 36 | 30 | 33 | 3.0 | 5.8 | | | | |
| 34 | 7.9 | 29 | 34 | 29 | 31 | 3.0 | 6.0 | | | | |
| 35 | 7.9 | 34 | 31 | 32 | 33 | 2.9 | 5.9 | | | | |
| 36 | 8.0 | 29 | 36 | 30 | 34 | 3.1 | 5.8 | 119 | 80 | 0.08 | 0.006 |
| 37 | 7.8 | 32 | 35 | 32 | 33 | 3.0 | 5.9 | | | | |
| 38 | 7.8 | 29 | 36 | 28 | 30 | 3.1 | 5.8 | | | | |
| 39 | 7.9 | 29 | 34 | 27 | 32 | 3.0 | 5.7 | | | | |
| 40 | 7.8 | 30 | 35 | 29 | 31 | 3.0 | 5.9 | | | | |
| 41 | 7.9 | 30 | 35 | 32 | 33 | 3.0 | 5.9 | | | | |
| 42 | 7.8 | 29 | 30 | 29 | 29 | 3.0 | 5.8 | | | | |

ตารางผนวกที่ 13 (ต่อ)

ตารางบันทึกคุณภาพน้ำประจำวันของการศึกษาระยะที่ 2 จับคู่ปลานิลผสมพันธุ์ บ่อคิน ขนาด 800 ตร.ม.

| Parameters | pH | Air temp. °C | | Water temp. °C | | DO เช้า | DO บ่าย | Alkalinity | Hardness | NH ₃ -N | NO ₂ ⁻ -N |
|------------|-----|--------------|-------|----------------|-------|---------|---------|------------------------------|------------------------------|--------------------|---------------------------------|
| Date | | 8.00 | 15.00 | 8.00 | 15.00 | mg/l | mg/l | mg/l as CaCO ₃ | mg/l as CaCO ₃ | mg/l | mg/l |
| 43 | 7.8 | 28 | 32 | 30 | 32 | 3.0 | 5.8 | 146 | 84 | 0.014 | 0.08 |
| 44 | 7.8 | 27 | 34 | 26 | 30 | 2.9 | 6.0 | | | | |
| 45 | 7.9 | 28 | 34 | 26 | 31 | 2.9 | 5.9 | | | | |
| 46 | 7.9 | 27 | 35 | 26 | 32 | 3.0 | 5.6 | | | | |
| 47 | 7.7 | 29 | 34 | 28 | 32 | 3.0 | 5.8 | | | | |
| 48 | 7.8 | 29 | 34 | 28 | 33 | 3.0 | 5.7 | | | | |

ตารางผนวกที่ 14 คุณภาพน้ำประจำวันของการศึกษาระยะที่ 2 ในโรงเรียนเพาะฟักไขปลาชนิด

| ตารางบันทึกคุณภาพน้ำประจำวัน ในโรงเพาะฟักไขปลาชนิด | | | | | | | | | | | |
|--|-----|--------------|-------|----------------|-------|---------|----------|---------------------------|---------------------------|--------------------|---------------------------------|
| Parameters | pH | Air temp. °C | | Water temp. °C | | DO เข้า | DO ปล่อย | Alkalinity | Hardness | NH ₃ -N | NO ₂ ⁻ -N |
| Date | | 8.00 | 15.00 | 8.00 | 15.00 | mg/l | mg/l | mg/l as CaCO ₃ | mg/l as CaCO ₃ | mg/l | mg/l |
| 1 | 7.9 | 31 | 33 | 26 | 28 | 5.8 | 5.9 | 124 | 98 | 0.021 | 0.0012 |
| 2 | 7.7 | 32 | 34 | 27 | 28 | 5.8 | 5.8 | | | | |
| 3 | 7.8 | 32 | 34 | 26 | 27 | 6.0 | 6.2 | | | | |
| 4 | 7.9 | 31 | 32 | 26 | 27 | 6.0 | 5.9 | | | | |
| 5 | 7.9 | 30 | 32 | 26 | 27 | 5.9 | 6.0 | | | | |
| 6 | 7.8 | 30 | 32 | 26 | 27 | 5.8 | 5.9 | | | | |
| 7 | 7.9 | 30 | 31 | 26 | 26 | 6.0 | 6.3 | | | | |
| 8 | 7.7 | 29 | 31 | 26 | 26 | 5.9 | 5.9 | 143 | 100 | 0.011 | 0.0019 |
| 9 | 7.7 | 30 | 30 | 26 | 27 | 5.8 | 5.8 | | | | |
| 10 | 7.6 | 30 | 30 | 26 | 27 | 6.0 | 6.1 | | | | |
| 11 | 7.9 | 31 | 31 | 27 | 27 | 6.0 | 6.0 | | | | |
| 12 | 7.8 | 30 | 31 | 27 | 28 | 5.9 | 5.9 | | | | |
| 13 | 7.9 | 31 | 32 | 27 | 28 | 5.8 | 5.8 | | | | |

ตารางผนวกที่ 14 (ต่อ)

| ตารางบันทึกคุณภาพน้ำประจำวัน ในโรงเพาะฟักไข่ปลาชนิด | | | | | | | | | | | |
|---|-----|--------------|-------|----------------|-------|---------|---------|---------------------------|---------------------------|--------------------|---------------------------------|
| Parameters | pH | Air temp. °C | | Water temp. °C | | DO เช้า | DO บ่าย | Alkalinity | Hardness | NH ₃ -N | NO ₂ ⁻ -N |
| Date | | 8.00 | 15.00 | 8.00 | 15.00 | mg/l | mg/l | mg/l as CaCO ₃ | mg/l as CaCO ₃ | mg/l | mg/l |
| 14 | 7.7 | 31 | 32 | 27 | 28 | 5.9 | 5.9 | | | | |
| 15 | 7.8 | 32 | 31 | 27 | 27 | 6.2 | 6.4 | 132 | 99 | 0.018 | 0.0023 |
| 16 | 7.9 | 32 | 31 | 27 | 28 | 6.0 | 5.8 | | | | |
| 17 | 7.9 | 28 | 26 | 25 | 25 | 5.9 | 5.9 | | | | |
| 18 | 7.8 | 26 | 27 | 25 | 25 | 5.9 | 6.0 | | | | |
| 19 | 7.8 | 24 | 29 | 24 | 25 | 5.8 | 5.9 | | | | |
| 20 | 7.9 | 29 | 28 | 26 | 26 | 6.1 | 6.2 | | | | |
| 21 | 7.9 | 31 | 36 | 27 | 28 | 5.8 | 5.9 | | | | |
| 22 | 7.9 | 29 | 36 | 26 | 28 | 5.7 | 5.7 | 129 | 97 | 0.026 | 0.0027 |
| 23 | 7.8 | 30 | 38 | 27 | 28 | 5.7 | 5.9 | | | | |
| 24 | 7.7 | 29 | 35 | 27 | 27 | 6.0 | 6.1 | | | | |
| 25 | 7.6 | 29 | 35 | 27 | 28 | 5.9 | 5.9 | | | | |
| 26 | 7.6 | 30 | 34 | 26 | 27 | 5.8 | 5.8 | | | | |

ตารางผนวกที่ 14 (ต่อ)

| ตารางบันทึกคุณภาพน้ำประจำวัน ในโรงเพาะฟักไข่ปลาชนิด | | | | | | | | | | | |
|---|-----|--------------|-------|----------------|-------|---------|---------|---------------------------|---------------------------|--------------------|---------------------------------|
| Parameters | pH | Air temp. °C | | Water temp. °C | | DO เช้า | DO บ่าย | Alkalinity | Hardness | NH ₃ -N | NO ₂ ⁻ -N |
| Date | | 8.00 | 15.00 | 8.00 | 15.00 | mg/l | mg/l | mg/l as CaCO ₃ | mg/l as CaCO ₃ | mg/l | mg/l |
| 27 | 7.8 | 33 | 35 | 27 | 28 | 5.9 | 6.0 | | | | |
| 28 | 7.8 | 29 | 33 | 26 | 27 | 5.9 | 6.0 | | | | |
| 29 | 7.6 | 28 | 28 | 25 | 26 | 5.8 | 5.8 | 135 | 95 | 0.020 | 0.0015 |
| 30 | 7.8 | 28 | 34 | 26 | 28 | 5.9 | 5.9 | | | | |
| 31 | 7.9 | 30 | 35 | 26 | 27 | 5.9 | 6.0 | | | | |
| 32 | 7.6 | 31 | 35 | 27 | 28 | 6.1 | 6.3 | | | | |
| 33 | 7.9 | 31 | 36 | 27 | 28 | 5.6 | 5.6 | | | | |
| 34 | 7.8 | 29 | 34 | 27 | 27 | 5.7 | 5.8 | | | | |
| 35 | 7.8 | 34 | 31 | 27 | 28 | 5.8 | 5.8 | | | | |
| 36 | 7.8 | 29 | 36 | 28 | 28 | 5.9 | 5.9 | 126 | 94 | 0.016 | 0.0031 |
| 37 | 7.6 | 32 | 35 | 27 | 28 | 6.0 | 6.0 | | | | |
| 38 | 7.7 | 29 | 36 | 26 | 27 | 5.8 | 5.9 | | | | |
| 39 | 7.9 | 29 | 34 | 26 | 27 | 5.8 | 5.9 | | | | |

ตารางผนวกที่ 14 (ต่อ)

| ตารางบันทึกคุณภาพน้ำประจำวัน ในโรงเพาะฟักไข่ปลานิล | | | | | | | | | | | |
|--|-----|--------------|-------|----------------|-------|---------|---------|------------------------------|------------------------------|--------------------|---------------------------------|
| Parameters | pH | Air temp. °C | | Water temp. °C | | DO เช้า | DO บ่าย | Alkalinity | Hardness | NH ₃ -N | NO ₂ ⁻ -N |
| Date | | 8.00 | 15.00 | 8.00 | 15.00 | mg/l | mg/l | mg/l as CaCO ₃ | mg/l as CaCO ₃ | mg/l | mg/l |
| 40 | 7.7 | 30 | 35 | 27 | 28 | 5.7 | 5.7 | | | | |
| 41 | 7.8 | 30 | 35 | 26 | 27 | 5.8 | 5.8 | | | | |
| 42 | 7.7 | 29 | 30 | 28 | 28 | 5.9 | 6.0 | | | | |
| 43 | 7.7 | 28 | 32 | 26 | 27 | 6.0 | 6.1 | 129 | 96 | 0.023 | 0.0021 |
| 44 | 7.7 | 29 | 34 | 27 | 28 | 5.8 | 5.9 | | | | |
| 45 | 7.8 | 28 | 35 | 26 | 27 | 5.8 | 5.8 | | | | |
| 46 | 7.9 | 28 | 33 | 27 | 28 | 5.8 | 5.9 | | | | |
| 47 | 7.8 | 29 | 36 | 27 | 28 | 5.7 | 5.8 | | | | |
| 48 | 7.7 | 28 | 32 | 26 | 27 | 5.8 | 5.8 | | | | |
| 49 | 7.6 | 28 | 35 | 26 | 27 | 5.7 | 5.8 | | | | |
| 50 | 7.8 | 26 | 34 | 27 | 28 | 5.9 | 5.9 | 130 | 93 | 0.015 | 0.0028 |
| 51 | 7.8 | 29 | 36 | 27 | 28 | 6.0 | 6.1 | | | | |
| 52 | 7.6 | 26 | 34 | 26 | 28 | 6.0 | 6.0 | | | | |

ตารางผนวกที่ 14 (ต่อ)

| ตารางบันทึกคุณภาพน้ำประจำวัน ในโรงเพาะฟักไข่ปลานิล | | | | | | | | | | | |
|--|-----|--------------|-------|----------------|-------|---------|---------|------------------------------|------------------------------|--------------------|---------------------------------|
| Parameters | pH | Air temp. °C | | Water temp. °C | | DO เช้า | DO บ่าย | Alkalinity | Hardness | NH ₃ -N | NO ₂ ⁻ -N |
| Date | | 8.00 | 15.00 | 8.00 | 15.00 | mg/l | mg/l | mg/l as CaCO ₃ | mg/l as CaCO ₃ | mg/l | mg/l |
| 53 | 7.6 | 27 | 33 | 26 | 27 | 6.0 | 6.1 | | | | |
| 54 | 7.9 | 27 | 31 | 26 | 26 | 5.8 | 5.9 | | | | |
| 55 | 7.8 | 26 | 34 | 27 | 27 | 5.7 | 5.7 | | | | |
| 56 | 7.7 | 30 | 35 | 27 | 28 | 5.8 | 5.8 | | | | |
| 57 | 7.6 | 28 | 30 | 26 | 27 | 6.0 | 6.0 | 138 | 98 | 0.024 | 0.0031 |

ประวัติการศึกษา และการทำงาน

| | |
|--------------------------------|--|
| ชื่อ –นามสกุล | นายฉัตรชัย ไทยทุ่งฉิน |
| วัน เดือน ปี ที่เกิด | 12 มิถุนายน 2506 |
| สถานที่เกิด | จังหวัด ปราจีนบุรี |
| ประวัติการศึกษา | ประถมศึกษา ร.ร. วัดโลกปี่บ มัธยมศึกษาตอนต้น (ม.ศ. 3) ร.ร. มัชฌิมวัดใหม่กรงทอง มัธยมศึกษาตอนปลาย (ม.ศ. 5) ร.ร. วัดสุทธธีราราม ปริญญาตรี วท.บ. (ประมง) มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ |
| ตำแหน่งหน้าที่การงานปัจจุบัน | นักวิชาการประมง 6 |
| สถานที่ทำงานปัจจุบัน | ภาควิชาเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำ คณะประมง มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตบางเขน |
| ผลงานดีเด่นและรางวัลทางวิชาการ | - |
| ทุนการศึกษาที่ได้รับ | - |