บทที่ 4
ผลการวิเคราะห์ข้อมูล

1. การวิเคราะห์โภชนาการและกรดไขมันไม่อิ่มตัวสูงในพ่อพันธุ์กุ้งจากธรรมชาติและจากบ่อดิน วัสดุอาหารและ อาหารธรรมชาติ

1.1 การวิเคราะห์โภชนาการวัสดุอาหาร และอาหารธรรมชาติ

ผลการศึกษาโภชนาการในอาหารธรรมชาติดังแสดงในตารางที่ 3 หมึกกล้วยมีเปอร์เซ็นต์ของโปรตีนมากที่สุดคือ 84.53 รองลงมาคือ เพรียงทราย 63.87 หอยนางรม 51.66 และเพรียงเลือด 50.90 ตามลำดับ และพบว่าเพรียงทรายมีเปอร์เซ็นต์ไขมันรวมมากที่สุดคือ 14.19 รองลงมาคือ หอยนางรม 12.19 เพียงเลือด 5.25 และหมึกกล้วย 3.09 ตามลำดับ จากผลการวิเคราะห์โภชนาการในวัสดุอาหารพบว่า ปลาป่นสกัดไขมัน มีเปอร์เซ็นต์โปรตีนมากที่สุดคือ 84.56 รองลงมาคือหมึกป่น 70.85 กากถั่วเหลืองป่น 59.92เ หัวกุ้งป่น 53.56 และแป้งสาลี 17.61 ตามลำดับ

ตารางที่ 3.คุณค่าทางโภชนาการในวัสดุอาหาร และอาหารธรรมชาติ (เปอร์เซ็นต์น้ำหนักแห้ง) (Mean ± SD) (ตัวเลขในวงเล็บคือ จำนวนซ้ำการทดลอง)

ตัวอย่าง	เปอร์เซ็นต์โปรตีน	เปอร์เซ็นต์ไขมัน*	เปอร์เซ็นต์เยื่อใย*	เปอร์เซ็นต์ความชื้น	เปอร์เซ็นต์เถ้า
วัสดุ อาหาร					
ปลาป่นสกัดไขมัน	84.56±1.10(3)	4.82(1)	0.11(1)	10.92±0.08(3)	16.94±0.54(3)
หมึกป่น	70.85±2.38(3)	5.85(1)	4.96(1)	6.00±0.13(3)	10.80±0.78(3)
แป้งสาลี	17.61±0.44(3)	1.25(1)	0.32(1)	11.80±0.23(3)	0.70±0.23(3)
กากถั่วเหลืองป่น	59.92±0.03(3)	0..92(1)	3.76(1)	6.86±0.23(3)	6.18±3.76(3)
หัวกุ้งป่น	53.56±0.14(3)	0.57(1)	12.66(1)	7.09±0.07(3)	2.63±0.07(3)
อาหารธรรมชาติ					
หมึกกล้วย	84.53*(1)	3.09(1)	0.38(1)	3.82±0.13(3)	5.78±0.32(3)
หอยนางรม	51.66*(1)	12.19(1)	0.10(1)	4.73±0.15(3)	6.53±0.45(3)
เพรียงเลือด	50.90*(1)	5.25(1)	0.75(1)	8.04±0.16(3)	27.12±0.53(3)
เพรียงทราย	63.87±0.51(3)	14.19(1)	0.37(1)	9.26±0.20(3)	10.83±1.24(3)

*ตัวอย่างส่งวิเคราะห์ที่กรมปศุสัตว์

1.2 ผลการวิเคราะห์กรดไขมันไม่อิ่มตัวสูงในพ่อพันธุ์กุ้งกุลาดำจากธรรมชาติ พ่อพันธุ์กุ้งกุลาดำจากบ่อดิน วัสดุอาหาร และอาหารธรรมชาติ

นำตัวอย่างพ่อพันธุ์กุ้งที่เก็บรวบรวมได้จากธรรมชาติมาผ่าอวัยวะต่างๆได้แก่ อวัยวะสืบพันธุ์ ตับ และกล้ามเนื้อ รวมทั้งวัสดุอาหาร และอาหารธรรมชาติ นำไปวิเคราะห์หากรดไขมันไม่อิ่มตัวสูงบางชนิดและหาสัดส่วนของกรดไขมันเพื่อนำค่าที่ได้ไปพัฒนาสูตรอาหารที่เหมาะสมต่อพ่อพันธุ์กุ้ง จากการศึกษาในพ่อพันธุ์กุ้งพบว่ามีการวัดเฉพาะกรดไขมันไม่อิ่มตัวสูง 3 ชนิดคือ กรดอะราคิโดนิค (Arachidonic acid; AA; 20:4; *n*-6), กรดอิโคซะเพนทาโนอิค (Eicosapentanoic; EPA; 20:5; *n*-3) และกรดโดโคซะเฮกซะอิโนอิค (Docosahexaenoic acid; DHA; 22:6; *n*-3) ผลการวิเคราะห์กรดไขมันไม่อิ่มตัวสูงในอวัยวะต่างๆของพ่อพันธุ์กุ้งกุลาดำธรรมชาติ พบปริมาณ AA, EPA และ DHA ในอวัยวะสืบพันธุ์มีค่าใกล้เคียงกันคือ 5.73 6.65 และ 6.28 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ และมีสัดส่วนของ AA: EPA: DHA เป็น 1: 1: 1 ในกล้ามเนื้อมีปริมาณ AA EPA และ DHA เป็น 5.49 8.08 และ 8.67 เปอร์เซ็นต์ โดยมีสัดส่วนเป็น 1: 1.5: 1.6 และในตับจะพบปริมาณกรดไขมันน้อยกว่าในอวัยวะอื่นๆ คือมีปริมาณ AA, EPA และ DHA เป็น 2.03 2.94 และ 2.19 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ และมีสัดส่วนของกรดไขมันทั้ง 3 ชนิดเป็น 1: 1: 1

ส่วนในกุ้งบ่อดินก่อนการทดลองพบปริมาณ AA, EPA และ DHA ในอวัยวะสืบพันธุ์มีค่าใกล้เคียงกันคือ 12.44 10.67 และ 14.27 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ และมีสัดส่วนของ AA: EPA: DHA เป็น 1: 1: 1 ในกล้ามเนื้อมีปริมาณ AA, EPA และ DHA เป็น 8.87 10.95 และ 11.6 เปอร์เซ็นต์ โดยมีสัดส่วนเป็น 1: 1: 1 และในตับจะพบปริมาณกรดไขมัน AA, EPA และ DHA เป็น 9.24 9.95 และ 5.15 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ และมีสัดส่วนของกรดไขมันทั้ง 3 ชนิดเป็น 1.79: 1.93: 1 จากผลการทดลองพบว่าปริมาณกรดไขมันทั้ง 3 ชนิดพบมากที่สุดในอวัยวะสืบพันธุ์ของกุ้ง

ผลการวิเคราะห์กรดไขมันในอาหารธรรมชาติดังตารางที่ 4 การสะสมของกรดไขมัน 3 ชนิดมีมากที่สุดในหมึกกล้วย มีปริมาณ AA, EPA และ DHA เป็น 5.45, 8.55 และ 12.93 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ และมีสัดส่วนเป็น 1: 1.6: 2.4 อาจกล่าวได้ว่า DHA และ EPA มีปริมาณการสะสมที่สูงกว่า AA พบว่ารูปแบบปริมาณการสะสมคล้ายคลึงกับหอยนางรม โดยมีปริมาณเป็น 0.51 1.45 และ 0.73 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ และมีสัดส่วนเป็น 1: 3: 1.4 แต่อย่างไรก็ตาม หอยนางรมมีปริมาณการสะสมของกรดไขมันทั้ง 3 ชนิดต่ำกว่า และพบความแตกต่างของกรดไขมันทั้ง 3 ชนิดนี้ในเพียงทรายและเพรียงเลือด กล่าวคือมีปริมาณการสะสม AA EPA และ DHA ในเพรียงเลือดเป็น 7.78 7.52 และ 1.34 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ และในเพรียงทรายเป็น 6.40 3.94 และ 1.0.54 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ โดยเพรียงเลือดมีสัดส่วนเป็น 5.8: 5.6: 1 และเพรียงทรายมีสัดส่วนเป็น

12: 7: 1 ซึ่งแสดงให้เห็นว่าปริมาณการสะสมในเพรียงเลือดและเพรียงทรายเหมือนกัน โดยมีปริมาณการสะสม AA และ EPA มากกว่า DHA ให้เห็นอย่างเด่นชัด นอกจากนี้ได้วิเคราะห์กรดไขมันในวัสดุอาหาร

ตารางที่ 4. กรดไขมันไม่อิ่มตัวสูงในพ่อพันธุ์กุ้งกุลาดำจากธรรมชาติ และจากบ่อดิน วัสดุอาหาร และอาหารธรรมชาติ (เปอร์เซ็นต์กรดไขมันจากกรดไขมันรวม) (Mean ± SD) (ตัวเลขในวงเล็บคือ จำนวนซ้ำการทดลอง)

ตัวอย่าง	เปอร์เซ็นต์กรดไขมันรวม	AA	EPA	DHA	AA:EPA:DHA
วัสดุอาหาร					
ปลาป่นสกัดไขมัน	84.26±3.63(2)	1.42±0.09(2)	2.58±0.06(2)	8.54±0.21(2)	1: 1.4: 6.6
ปลาหมึกป่น	66.56±23.17(2)	4.81±2.49(2)	5.77±2.87(2)	20.10±9.92(2)	1: 1: 4
แป้งสาลี	-	-	-	-	-
กากถั่วเหลืองป่น	-	-	-	-	-
หัวกุ้งป่น	67.76±14.84(2)	3.60±0.96(2)	5.51±1.52(2)	3.38±0.01(2)	1: 1.5: 1
fish soluble	81.41±0.10(3)	2.16±0.09(3)	6.53±0.07(3)	24.26±0.22(3)	1: 3: 11
AA oil	82.72±6.56(3)	32.78±7.85(3)	0.08±0.01(3)	1.44±0.02(3)	409.8: 1: 18
EPA oil	77.44±2.50(3)	0.95±0.19(3)	18.22±1.92(3)	10.04±1.37(3)	1: 19.2: 10.6
อาหารธรรมชาติ					
หมึกกล้วย	62.83±0.59(2)	5.45±0.04(2)	8.55±0.05(2)	12.93±1.48(2)	1: 1.6: 2.4
หอยนางรม	75.39±1.44(2)	0.51±0.00(2)	1.45±0.04(2)	0.73±0.02(2)	1: 3: 1.4
เพรียงเลือด	53.52±1.23(2)	7.78±0.06(2)	7.52±0.22(2)	1.34±0.16(2)	5.8: 5.6: 1
เพรียงทราย	64.32±1.98(2)	6.40±0.26(2)	3.94±0.21(2)	0.54±0.03(2)	12: 7: 1
พ่อกุ้งธรรมชาติ					
อวัยวะสืบพันธุ์	68.56±6.01(3)	5.73±0.85(3)	6.65±1.12(3)	6.28±1.36(3)	1: 1: 1
กล้ามเนื้อ	75.87±8.86(3)	5.49±2.05(3)	8.08±2.03(3)	8.67±2.02(3)	1: 1.5: 1.6
ตับ	61.91±7.49(3)	2.03±0.30(3)	2.94±0.16(3)	2.19±0.04(3)	1: 1: 1
พ่อกุ้งบ่อดิน					
อวัยวะสืบพันธุ์	53.74±1.14(3)	12.44±0.35(3)	10.67±1.14(3)	14.27±0.21(3)	1: 1: 1
กล้ามเนื้อ	58.63±3.48(3)	8.87±0.96(3)	10.95±1.05(3)	11.6±61.82(3)	1: 1: 1
ตับ	56.193±.98(3)	9.24±3.96(3)	9.95±2.42(3)	5.15±1.40(3)	1.79:1.93:1

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

2. การเตรียมอาหารทดลอง

นำผลการวิเคราะห์คุณค่าทางโภชนาการและกรดไขมันไม่อิ่มตัวสูงบางชนิดที่ได้จากการวิเคราะห์วัสดุอาหารนำมาพัฒนาสูตรอาหารทดลองโดยเทียบสัดส่วนของกรดไขมันไม่อิ่มตัวสูงบางชนิดในอาหารธรรมชาติ ซึ่งในที่นี้เลือกสัดส่วนของกรดไขมันไม่อิ่มตัวสูงบางชนิดในเพรียงเลือด เนื่องจากการสอบถามจากเกษตรกรผู้เพาะเลี้ยงพ่อพันธุ์กุ้งกุลาดำพบว่าการให้เพรียงเลือดและเพรียงทราย สามารถพัฒนาระบบสืบพันธุ์ของพ่อพันธุ์กุ้งได้ดีกว่าอาหารธรรมชาติชนิดอื่น แต่จากการศึกษาสัดส่วนของกรดไขมันในเพรียงทรายพบว่ามีสัดส่วนที่สูงเกินไป ไม่สามารถพัฒนาสูตรอาหารให้สัดส่วนใกล้เคียงได้จึงได้เลือกสัดส่วนกรดไขมันในเพรียงเลือดแทน โดยมีสัดส่วนของ AA: EPA: DHA เป็น 5.8: 5.6: 1 จากนั้นนำวัสดุอาหารที่วิเคราะห์ได้นำมาสร้างอาหารทดลอง และนำอาหารทดลองที่ได้ไปวิเคราะห์หาคุณค่าทางโภชนาการ และค่ากรดไขมันไม่อิ่มตัวสูงบางชนิด จากผลอาหารทดลองที่ได้มีเปอร์เซ็นต์โปรตีน ไขมัน เยื่อใย เถ้า และความชื้นเป็น 46.82 14.08 1.58 9.68 และ 30.46 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ (ตารางที่ 5) และมีสัดส่วนของกรดไขมัน AA: EPA: DHA เป็น 5: 1: 1 และวิเคราะห์องค์ประกอบของอาหารพ่อแม่พันธุ์ต่างประเทศ เพื่อนำไปเปรียบเทียบกับอาหารเม็ดทดลองที่ได้จากการพัฒนาสูตรอาหาร ดังตารางที่ 6

ตารางที่ 5. คุณค่าทางโภชนาการของอาหารเม็ดทดลอง และอาหารพ่อแม่พันธุ์ต่างประเทศ (เปอร์เซ็นต์น้ำหนักแห้ง) (Mean ± SD) (ตัวเลขในวงเล็บคือ จำนวนซ้ำการทดลอง)

วัสดุ อาหาร	เปอร์เซ็นต์โปรตีน	เปอร์เซ็นต์ไขมัน*	เปอร์เซ็นต์เยื่อใย*	เปอร์เซ็นต์ความชื้น	เปอร์เซ็นต์เถ้า
อาหารพ่อแม่พันธุ์ต่างประเทศ	48.62±0.38(3)	15.10(1)	0.71(1)	9.74±0.04(3)	15.32±0.84(3)
อาหารเม็ดทดลอง	46.82±0.26(3)	14.08(1)	1.58(1)	30.46±0.11(3)	9.68±0.53(3)

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ 6. กรดไขมันไม่อิ่มตัวสูงของอาหารเม็ดทดลอง และอาหารพ่อแม่พันธุ์ต่างประเทศ (เปอร์เซ็นต์กรดไขมันจากกรดไขมันรวม) (Mean ± SD) (ตัวเลขในวงเล็บคือจำนวนซ้ำการทดลอง)

วัสดุอาหาร	เปอร์เซ็นต์กรดไขมันรวม	AA	EPA	DHA	AA:EPA:DHA
อาหารพ่อแม่พันธุ์ต่างประเทศ	78.64±0.33(3)	1.02±0.28(3)	6.63±0.13(3)	5.51±0.11(3)	1: 6.5: 5.4
อาหารเม็ดทดลอง	72.66±0.28(3)	25.43±0.25(3)	5.00±0.09(3)	5.30±0.28(3)	5: 1: 1

ลักษณะทางกายภาพของอาหารเม็ดทดลองดังแสดงในรูปที่ 1 อาหารมีขนาดของเม็ดประมาณ 4 มิลลิเมตร สีน้ำตาลเข้ม เมื่อนำอาหารเม็ดทดลองทดสอบความคงทนในน้ำพบว่า หลังจากระยะเวลาผ่านไปครึ่งชั่วโมงจึงแตกตัว แต่หลังจากสองชั่วโมงผ่านไปแล้วจะมีลักษณะเปื่อยยุ่ย เมื่อนำอาหารทดลองให้กุ้งกินก่อนการทดลองเลี้ยงจริง พบว่าเมื่อใส่ลงไปในบ่อเลี้ยง กุ้งจะเข้าไปจับอาหารแทะกินทันที ลักษณะของอาหารเม็ดทดลอง อาหารธรรมชาติ และอาหารพ่อแม่พันธุ์ต่างประเทศ ที่ใช้ทดลองเลี้ยง

อาหารธรรมชาติ อาหารพ่อแม่พันธุ์ต่างประเทศ อาหารทดลอง

รูปที่ 1. ลักษณะของอาหารที่ใช้ทดลองเลี้ยงพ่อพันธุ์กุ้งกุลาดำ

จากนั้นนำอาหารเม็ดทดลองไปทดลองเลี้ยงกับพ่อพันธุ์กุ้งที่มาจากบ่อดินเพื่อศึกษาคุณภาพของระบบสืบพันธุ์เพศผู้ โดยดำเนินการที่ฉลองเบย์ฟาร์ม อำเภอเมือง จังหวัดภูเก็ต หลังจากทดลองเลี้ยงเป็นระยะเวลา 1 เดือน นำตัวอย่างกุ้งขึ้นมาศึกษาอิทธิพลของอาหารต่อระบบสืบพันธุ์ของพ่อพันธุ์กุ้งกุลาดำ ศึกษาคุณภาพของระบบสืบพันธุ์กุ้งกุลาดำเพศผู้ และกรดไขมันไม่อิ่มตัวสูงบางชนิดในเนื้อเยื่อกุ้งทั้งในอวัยวะสืบพันธุ์ กล้ามเนื้อ และตับ ผลการวิเคราะห์ที่ได้จะแสดงดังต่อไปนี้

3. ผลการศึกษาอิทธิพลของอาหารต่อระบบสืบพันธุ์ของพ่อพันธุ์กุ้งกุลาดำ

3.1 ผลการศึกษาคุณภาพของระบบสืบพันธุ์กุ้งกุลาดำเพศผู้

จากการนำพ่อพันธุ์กุ้งบ่อดินจากจังหวัดกระบี่มาทำการเลี้ยงที่ฉลองเบย์ฟาร์ม อำเภอเมือง จังหวัดภูเก็ต โดยการคัดเลือกพ่อพันธุ์กุ้งที่มีน้ำหนักประมาณ 80-110 กรัม ขึ้นมาทดลองเลี้ยงด้วยอาหารทั้ง 4 สูตร ในระหว่างเดือน มกราคม – กุมภาพันธ์ 2546 หลังจากทดลองลี้ยงกุ้งเป็นระยะเวลา 1 เดือน ได้นำกุ้งขึ้นมาวิเคราะห์คุณภาพของระบบสืบพันธุ์กุ้งกุลาดำเพศผู้ได้แก่ น้ำหนักของถุงสเปิร์ม, จำนวนสเปิร์มสุทธิ, เปอร์เซ็นต์สเปิร์มที่มีชีวิต และเปอร์เซ็นต์สเปิร์มที่ผิดปกติ

การศึกษาลักษณะของสเปิร์มที่ผิดปกติ ดูจากส่วนที่เรียกว่าหัว (head and body) มีลักษณะที่บิดเบี้ยว หรือขาดแหว่ง และส่วนที่เรียกว่า spike จะมีลักษณะคด งอ ขาดหรืออาจไม่พบส่วนนี้ และลักษณะของสเปิร์มที่ปกติ พบส่วนหัวมีลักษณะกลมมนไม่บิดเบี้ยวและส่วนหางมีลักษณะที่ตรงยาว ไม่คดงอ สามารถเห็นภายใต้กล้องจุลทรรศน์ได้อย่างชัดเจน ดังแสดงในรูปที่ 3 และ 4 ผลการทดลองดังแสดงในตารางที่ 7

3.1.1 จำนวนสเปิร์มสุทธิ

จำนวนสเปิร์มสุทธิ ของกุ้งทุกกลุ่มการทดลองไม่แตกต่างกันทางสถิติ ($P>0.05$) กุ้งทะเลและกุ้งบ่อดินก่อนการทดลองมีจำนวนสเปิร์มสุทธิใกล้เคียงกัน (34.69 และ 32.86 ล้านเซลล์ ตามลำดับ) หลังจากทดลองเลี้ยงเป็นระยะเวลา 1 เดือน พบว่ากุ้งที่ได้รับอาหารธรรมชาติเพียงอย่างเดียวและกุ้งที่ได้รับอาหารเม็ดทดลองสลับกับอาหารธรรมชาติ มีจำนวนสเปิร์มสุทธิเพิ่มขึ้น (50.61 และ 48.26 ล้านเซลล์ ตามลำดับ) ในขณะที่การให้อาหารเม็ดเพียงอย่างเดียว ไม่ว่าจะเป็นกุ้งที่รับอาหารเม็ดทดลอง หรืออาหารเม็ดพ่อแม่พันธุ์ตลาด ไม่สามารถทำให้จำนวนสเปิร์มสุทธิเพิ่มสูงขึ้นได้ (35.77 และ 31.92 ล้านเซลล์ตามลำดับ) แต่กลับพบว่าจำนวนสเปิร์มสุทธิมีแนวโน้มใกล้เคียงกุ้งบ่อดินก่อนการทดลอง และกุ้งทะเล (32.86 และ 34.69 ล้านเซลล์ ตามลำดับ) (รูปที่ 2-1)

3.1.2 เปอร์เซ็นต์สเปิร์มที่มีชีวิต

เปอร์เซ็นต์สเปิร์มที่มีชีวิตของกุ้งในทุกกลุ่มการทดลองไม่แตกต่างกันทางสถิติ ($P>0.05$) กุ้งทะเล และกุ้งบ่อดินก่อนการทดลองมีเปอร์เซ็นต์สเปิร์มที่มีชีวิตใกล้เคียงกัน (86.83 และ 78.63 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ) หลังจากทดลองเลี้ยงเป็นระยะเวลา 1 เดือน กุ้งที่ได้รับอาหารธรรมชาติ

อาหารเม็ดทดลองสลับกับอาหารธรรมชาติ และ อาหารพ่อแม่พันธุ์ตลาด มีเปอร์เซ็นต์สเปิร์มที่มีชีวิตใกล้เคียงกัน (88.62 85.61 และ 85.87 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ) และมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นจากก่อนเริ่มการทดลอง (78.63 เปอร์เซ็นต์) แต่กุ้งที่ได้รับอาหารทดลอง (76.70 เปอร์เซ็นต์) กลับมีแนวโน้มของเปอร์เซ็นต์สเปิร์มที่มีชีวิตลดลง ถึงแม้ว่าจะไม่มีความแตกต่างจากกุ้งบ่อดินก่อนการทดลอง (78.63 เปอร์เซ็นต์) (รูปที่ 2-2)

3.1.3 เปอร์เซ็นต์สเปิร์มที่ผิดปกติ

กุ้งบ่อดินก่อนการทดลอง มีแนวโน้มของเปอร์เซ็นต์สเปิร์มที่ผิดปกติน้อยกว่ากุ้งทะเล (24.57 และ 38.67เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ) หลังจากทดลองเลี้ยงเป็นระยะเวลา 1 เดือน พบว่ากุ้งที่ได้รับอาหารเม็ดทดลองสลับกับอาหารธรรมชาติ (26.91 เปอร์เซ็นต์) มีเปอร์เซ็นต์สเปิร์มที่ผิดปกติใกล้เคียงกับกุ้งบ่อดินก่อนการทดลอง (24.57 เปอร์เซ็นต์) และพบว่ากุ้งที่ได้รับอาหารธรรมชาติมีเปอร์เซ็นต์สเปิร์มที่ผิดปกติใกล้เคียงกับกุ้งที่ได้รับอาหารพ่อแม่พันธุ์ตลาด และกุ้งทะเล (34.90 34.88 และ 38.83 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ) ขณะที่กุ้งที่ได้รับอาหารเม็ดทดลองเพียงอย่างเดียว กลับมีจำนวนสเปิร์มผิดปกติสูงที่สุด (54.78 เปอร์เซ็นต์) และไม่สามารถส่งเสริมคุณภาพสเปิร์มในระบบสืบพันธุ์กุ้งเพศผู้ให้ดีขึ้นได้ การให้อาหารเม็ดทดลองเพียงส่วนหนึ่งสลับกับการให้อาหารธรรมชาติ (26.91 เปอร์เซ็นต์) สามารถพัฒนาระบบสืบพันธุ์กุ้งเพศผู้ได้ดีกว่าการให้อาหารเม็ดทดลองเพียงอย่างเดียว (54.78 เปอร์เซ็นต์) ($P< 0.05$) (รูปที่ 2-3)

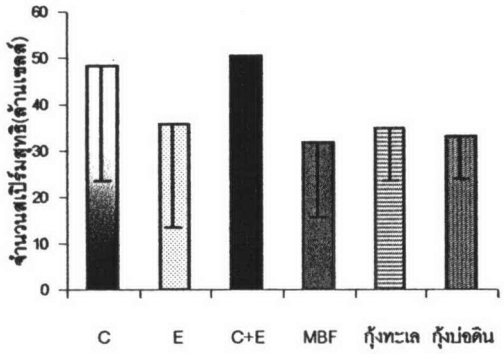
3.1.4 น้ำหนักถุงสเปิร์ม

น้ำหนักถุงสเปิร์มของกุ้งในทุกกลุ่มการทดลองไม่แตกต่างกันทางสถิติ ($P>0.05$) กุ้งทะเลและกุ้งบ่อดินก่อนการทดลองมีน้ำหนักถุงสเปิร์มใกล้เคียงกัน (0.1079 และ 0.0919 กรัม ตามลำดับ) หลังจากทดลองเลี้ยงเป็นระยะเวลา 1 เดือน กุ้งที่ได้รับอาหารธรรมชาติ และอาหารเม็ดทดลองสลับกับอาหารธรรมชาติสามารถพัฒนาคุณภาพสเปิร์มในระบบสืบพันธุ์กุ้งเพศผู้ ทำให้กุ้งในกลุ่มนี้มีน้ำหนักถุงสเปิร์มเพิ่มขึ้น และมีแนวโน้มน้ำหนักถุงสเปิร์มสูง (0.1200 และ 0.1200 กรัม ตามลำดับ) ขณะที่การให้อาหารเม็ดทดลองเพียงอย่างเดียว (0.0800 กรัม) ไม่สามารถพัฒนาคุณภาพของระบบสืบพันธุ์เพศผู้ได้ อีกทั้งยังทำให้น้ำหนักถุงสเปิร์มลดลงจากก่อนการทดลองด้วย (0.0919 กรัม) (รูปที่2-4)

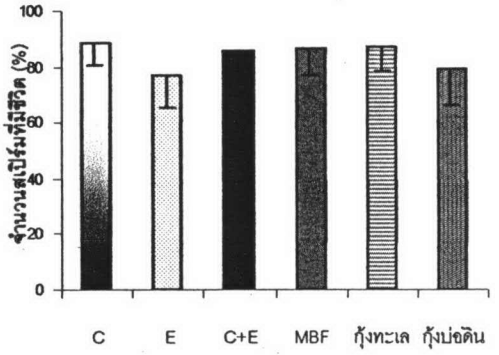
ตารางที่ 7. คุณภาพของระบบสืบพันธุ์กุ้งกุลาดำเพศผู้ (Mean ±Standard deviation)

ค่าการประเมิน	กุ้งทะเล	กุ้งบ่อดิน	(ชุดทดลอง)			
			C	E	C+E	MBF
จำนวนตัวอย่าง (ตัว)	5	4	14	13	10	7
น้ำหนัก (กรัม)	111.16±19.91	91.43±10.92	96.35±14.27	85.04±10.71	88.41±10.07	86.68±16.70
ความยาวของลำตัว (มิลลิเมตร)	219.40±13.28	213.75±2.99	208.07±11.22	205.0±12.87	202.50±12.96	201.29±13.30
น้ำหนักถุงสเปิร์ม (กรัม)	0.1079^{a}±0.0426	0.0919^{a}±0.0268	0.1200^{a}±0.04	0.0800^{a}±0.04	0.1200^{a}±0.03	0.1100^{a}±0.04
จำนวนสเปิร์มสุทธิ (x10^{6})	34.69^{a}±11.01	32.86^{a}±8.83	48.27^{a}±24.86	35.77^{a}±22.15	50.61^{a}±24.31	31.92^{a}±16.42
สเปิร์มผิดปกติ (เปอร์เซ็นต์)	38.67^{a,b}±14.09	24.57^{a}±21.91	34.90^{a,b}±15.44	54.78^{b}±27.21	26.91^{a}±8.41	34.88^{a,b}±18.10
สเปิร์มที่มีชีวิต (เปอร์เซ็นต์)	86.83^{a}±8.57	78.63^{a}±12.79	88.62^{a}±8.02	76.70^{a}±11.67	85.61^{a}±14.56	85.87^{a}±9.31

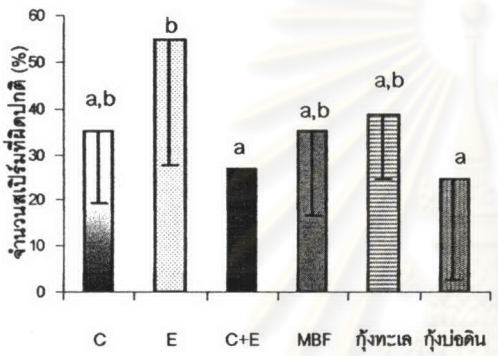
อักษรที่แสดงเหนือตัวเลขที่ต่างกันแสดงถึงความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P < 0.05$)



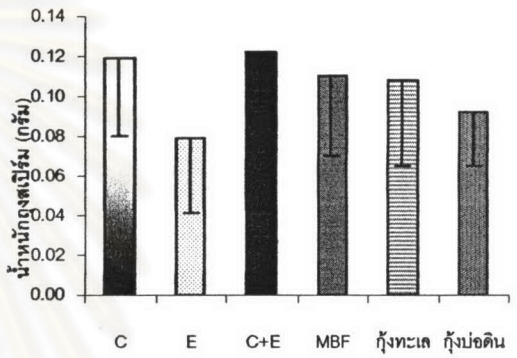
รูปที่2-1. จำนวนสเปิร์มสุทธิ



รูปที่2-2. เปอร์เซ็นต์ที่มีชีวิต



รูปที่2-3. เปอร์เซ็นต์สเปิร์มที่ผิดปกติ

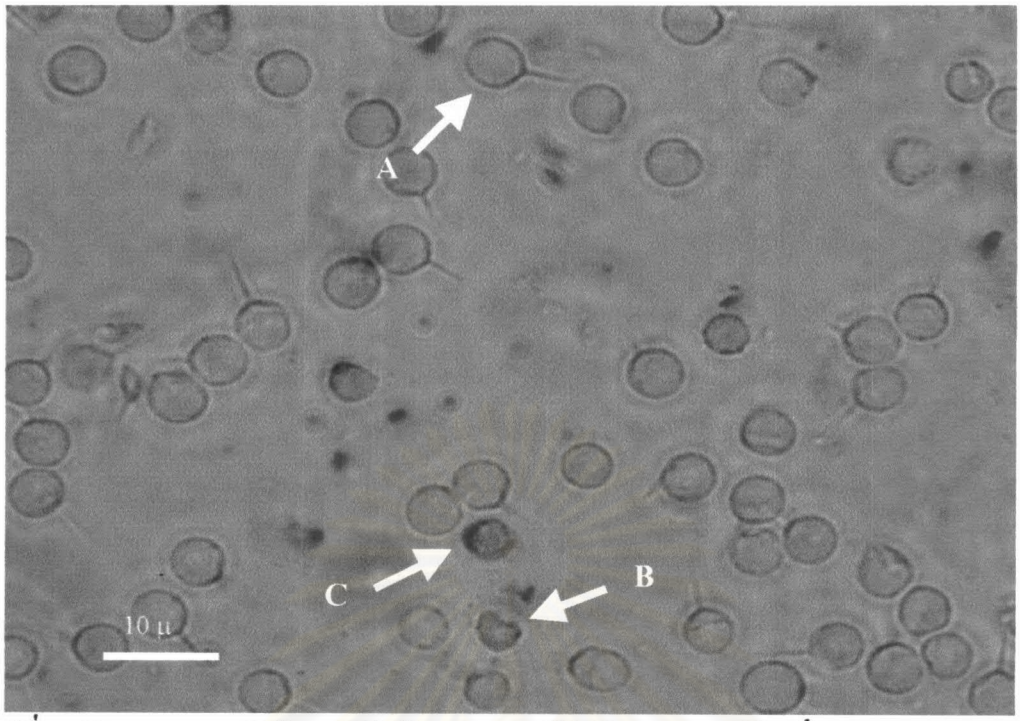


รูปที่2-4. น้ำหนักของถุงสเปิร์ม

รูปที่ 2. คุณภาพของระบบสืบพันธุ์กุ้งกุลาดำเพศผู้ แสดงจำนวนสเปิร์มสุทธิ (รูปที่2-1) เปอร์เซ็นต์สเปิร์มที่มีชีวิต (รูปที่2-2) เปอร์เซ็นต์สเปิร์มที่ผิดปกติ (รูปที่2-3) และน้ำหนักของถุงสเปิร์ม (รูปที่2-4) อักษรที่แสดงเหนือกราฟแท่งที่ต่างกันแสดงถึงความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P < 0.05$)

หมายเหตุ

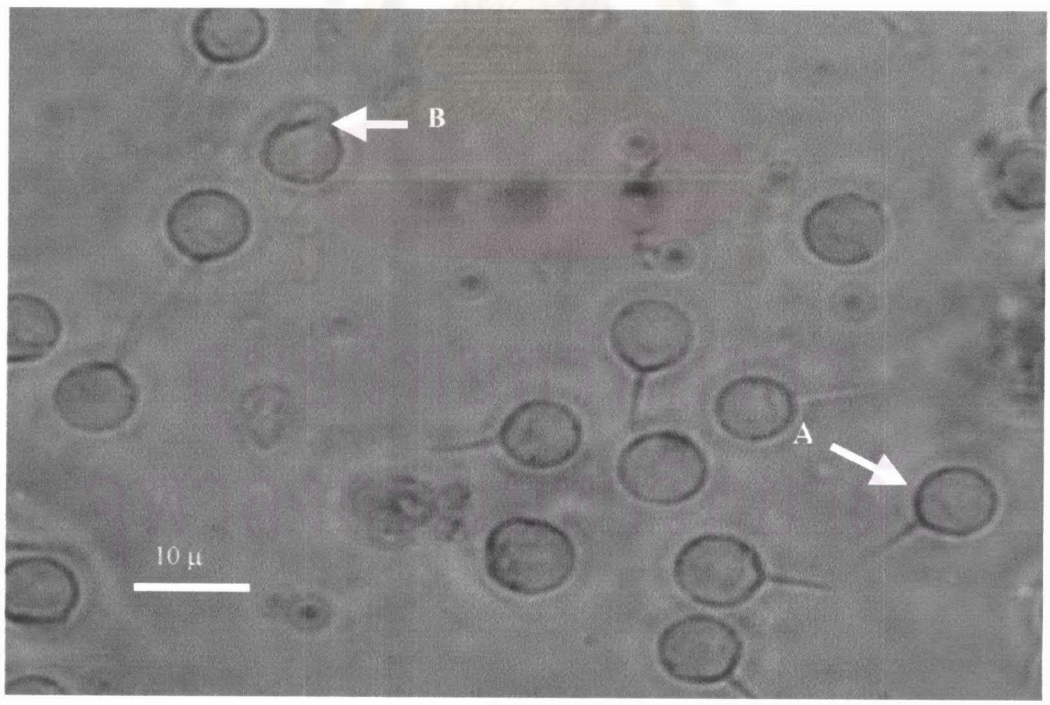
C	=	กุ้งที่ได้รับอาหารธรรมชาติ (ชุดควบคุมการทดลอง)
E	=	กุ้งที่ได้รับอาหารทดลอง
C+E	=	กุ้งที่ได้รับอาหารธรรมชาติสลับกับอาหารทดลอง
MBF	=	กุ้งที่ได้รับอาหารพ่อแม่พันธุ์ต่างประเทศ (Maturation broodstock feed)
กุ้งบ่อดิน	=	กุ้งที่ได้จากการเลี้ยง
กุ้งทะเล	=	กุ้งที่จับได้จากธรรมชาติ



รูปที่ 3. ลักษณะของสเปิร์มภายใต้กล้องจุลทรรศน์กำลังขยาย 100x โดยที่

A - ลักษณะสเปิร์มที่ปกติ พบหัว (head and body) และ spikeที่เห็นอย่างชัดเจน

B – ลักษณะสเปิร์มที่ผิดปกติพบหัวเบี้ยวและ spike ขาด C - สเปิร์มตายติดสี Trypan blue



รูปที่ 4. ลักษณะของสเปิร์มภายใต้กล้องจุลทรรศน์ กำลังขยาย 100x โดยที่

A - ลักษณะสเปิร์มปกติจะพบหัว (head and body) และ spike ที่เห็นได้อย่างชัดเจน และ

B - ลักษณะสเปิร์มที่ผิดปกติ จะพบสเปิร์มมีลักษณะของ spike คด งอ

3.2 ปริมาณกรดไขมันบางชนิดในเนื้อเยื่อ กุ้ง

การศึกษาปริมาณการสะสมกรดไขมันบางชนิดในอวัยวะทั้ง 3 ส่วนได้แก่ อวัยวะสืบพันธุ์ ตับ และกล้ามเนื้อ

3.1.5 ปริมาณกรดไขมันบางชนิดในอวัยวะสืบพันธุ์

อวัยวะสืบพันธุ์เพศผู้ของกุ้งทะเล และกุ้งบ่อดินที่รับอาหารธรรมชาติ อาหารทดลอง อาหารทดลองสลับอาหารธรรมชาติ มีปริมาณ AA อยู่ในระดับใกล้เคียงกัน (12.44 –18.46 เปอร์เซ็นต์กรดไขมันรวม) และไม่มีความแตกต่างทางสถิติในทุกกลุ่มการทดลอง (P> 0.05) กุ้งบ่อดินก่อนการทดลองมีปริมาณ AA เริ่มต้นต่ำสุด (12.44 เปอร์เซ็นต์กรดไขมันรวม) ใกล้เคียงกับกุ้งได้รับอาหารพ่อแม่พันธุ์ตลาด (12.44 เปอร์เซ็นต์กรดไขมันรวม) และมีปริมาณ AA อยู่ในระดับที่น้อยกว่ากุ้งที่ได้รับอาหารทดลอง อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (P < 0.05) (ตารางที่ 8-1 และรูปที่ 5-1)

ปริมาณ EPA ในอวัยวะสืบพันธุ์ของกุ้งทะเล และกุ้งบ่อดินที่รับอาหารธรรมชาติ อาหารทดลอง อาหารทดลองสลับอาหารธรรมชาติ มีปริมาณ EPA อยู่ในระดับใกล้เคียงกัน (5.39 –7.06 เปอร์เซ็นต์กรดไขมันรวม) โดยมีรูปแบบการสะสมปริมาณ EPA ในกลุ่มทดลองนี้คล้ายคลึงกันกับการสะสม AA แต่เป็นไปในทางตรงกันข้าม เนื่องจากพบในปริมาณที่น้อยกว่าและในกลุ่มนี้ยังพบในปริมาณน้อยกว่ากุ้งที่ได้รับอาหารพ่อแม่พันธุ์ตลาดและกุ้งบ่อดินก่อนการทดลองอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (9.81 และ 10.67 เปอร์เซ็นต์กรดไขมันรวม ตามลำดับ)

ปริมาณ DHA ในอวัยวะสืบพันธุ์ของกุ้งทะเล และกุ้งบ่อดินที่รับอาหารธรรมชาติ อาหารทดลอง อาหารทดลองสลับอาหารธรรมชาติ และกุ้งบ่อดินก่อนการทดลองมีปริมาณ DHA อยู่ในระดับใกล้เคียงกัน (9.98–14.27 เปอร์เซ็นต์กรดไขมันรวม) กุ้งที่ได้รับอาหารธรรมชาติมีปริมาณ DHA เริ่มต้นต่ำสุด (9.98 เปอร์เซ็นต์กรดไขมันรวม) ทั้งกลุ่มทดลองมี DHA ในอวัยวะสืบพันธุ์น้อยกว่ากุ้งที่ได้รับอาหารพ่อแม่พันธุ์ตลาด (20.64 เปอร์เซ็นต์กรดไขมันรวม) อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (P<0.05)

ปริมาณการสะสม Σ *n*-3 ในอวัยวะสืบพันธุ์เพศผู้ของกุ้งทะเล และกุ้งบ่อดินที่รับอาหารธรรมชาติ อาหารทดลอง อาหารทดลองสลับอาหารธรรมชาติ อยู่ในระดับใกล้เคียงกัน (17.48 – 19.29 เปอร์เซ็นต์กรดไขมันรวม) แม้ว่าจากการทดสอบจะไม่มีความแตกต่างทางสถิติในทุกกลุ่มการทดลอง (P> 0.05) กุ้งได้รับอาหารพ่อแม่พันธุ์ตลาด มีปริมาณ Σ *n*-3 สูงสุดและอยู่ในระดับใกล้

เดียงกับกุ้งบ่อดินก่อนการทดลอง (31.21 และ 24.95 เปอร์เซ็นต์กรดไขมันรวม ตามลำดับ) แตกต่างทางสถิติจากกุ้งทะเล กุ้งบ่อดินที่รับอาหารธรรมชาติ และอาหารทดลอง ($P < 0.05$)

กุ้งบ่อดินก่อนการทดลองมีกรดไขมันกลุ่ม Σ *n*-6 สะสมในอวัยวะสืบพันธุ์น้อยที่สุด (13.54 เปอร์เซ็นต์กรดไขมันรวม) และแตกต่างทางสถิติ ($P<0.05$) จากกลุ่มของกุ้งทะเล กุ้งบ่อดินที่รับอาหารธรรมชาติ อาหารทดลองสลับกับอาหารธรรมชาติ และ อาหารเม็ดพ่อแม่พันธุ์ตลาด กุ้งในกลุ่มนี้พบกรดไขมันกลุ่ม Σ *n*-6 ในระดับใกล้เคียงกัน (18.46-20.76 เปอร์เซ็นต์กรดไขมันรวม) และไม่มีความแตกต่างทางสถิติในทุกกลุ่มการทดลอง ($P> 0.05$) แต่กลับพบว่า ทั้งกุ้งบ่อดินก่อนการทดลอง (13.54 เปอร์เซ็นต์กรดไขมันรวม) และในกลุ่มของกุ้งทะเล กุ้งบ่อดินที่ได้รับอาหารธรรมชาติ อาหารเม็ดทดลองสลับอาหารธรรมชาติและอาหารพ่อแม่พันธุ์ตลาด (18.46-20.76 เปอร์เซ็นต์กรดไขมันรวม) กลับพบความแตกต่างทางสถิติจากกุ้งที่ได้รับอาหารทดลอง (24.64 เปอร์เซ็นต์กรดไขมันรวม) อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.05$)

อวัยวะสืบพันธุ์เพศผู้ของกุ้งทะเล และกุ้งบ่อดินที่รับอาหารธรรมชาติ อาหารทดลอง อาหารทดลองสลับกับอาหารธรรมชาติ มีสัดส่วน Σ *n*-3/Σ *n*-6 อยู่ในระดับใกล้เคียงกัน (0.73–1.04 เปอร์เซ็นต์กรดไขมันรวม) แม้ว่าจากการทดสอบจะไม่มีความแตกต่างทางสถิติ ($P> 0.05$) ยกเว้นในกุ้งที่ได้รับอาหารทดลอง แตกต่างจากกุ้งที่ได้รับอาหารทดลองสลับกับอาหารธรรมชาติ อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.05$) (0.73 และ1.04 เปอร์เซ็นต์กรดไขมันรวม ตามลำดับ) กุ้งที่ได้รับอาหารพ่อแม่พันธุ์ตลาด มีสัดส่วน Σ *n*-3/Σ *n*-6 อยู่ในระดับใกล้เคียงกับกุ้งบ่อดินก่อนการทดลอง (1.58 และ 1.85 เปอร์เซ็นต์กรดไขมันรวม ตามลำดับ) แตกต่างทางสถิติจากกุ้งทะเล และกุ้งบ่อดินที่รับอาหารธรรมชาติ อาหารทดลอง อาหารทดลองสลับกับอาหารธรรมชาติอย่างมีนัยสำคัญ ($P < 0.05$)

ปริมาณการสะสม HUFA ในอวัยวะสืบพันธุ์เพศผู้ของกุ้งทะเล และกุ้งบ่อดินการทดลอง กุ้งที่รับอาหารธรรมชาติ อาหารทดลอง อาหารทดลองสลับอาหารธรรมชาติ อยู่ในระดับใกล้เคียงกัน (30.95-37.07 เปอร์เซ็นต์กรดไขมันรวม) แม้ว่าจากการทดสอบจะไม่มีความแตกต่างทางสถิติในทุกกลุ่มการทดลอง ($P> 0.05$) กุ้งได้รับอาหารพ่อแม่พันธุ์ตลาด มีปริมาณ HUFA สูงสุด (42.88 เปอร์เซ็นต์กรดไขมันรวม) แตกต่างทางสถิติจากกุ้งทะเล กุ้งบ่อดินที่รับอาหารธรรมชาติ และอาหารทดลอง ($P < 0.05$) ยกเว้นกุ้งบ่อดินก่อนการทดลองที่ไม่แตกต่างกัน ($P>0.05$)

3.1.6 ปริมาณกรดไขมันบางชนิดในกล้ามเนื้อ

ปริมาณ AA ในกล้ามเนื้อไม่แตกต่างทางสถิติในกุ้งทุกกลุ่มการทดลอง (P>0.05) พบแนวโน้มปริมาณ AA ในกล้ามเนื้อของกุ้งที่รับอาหารเม็ดทดลอง อยู่ในระดับเดียวกับกุ้งที่รับอาหารพ่อแม่พันธุ์ตลาด (11.25 และ 10.06 เปอร์เซ็นต์กรดไขมันรวม ตามลำดับ) เช่นเดียวกันกับกุ้งบ่อดินที่รับอาหารธรรมชาติ อาหารทดลองสลับกับอาหารธรรมชาติ กุ้งบ่อดินก่อนการทดลอง และ กุ้งทะเล ที่มีแนวโน้ม AA ในกล้ามเนื้อใกล้เคียงกัน (ตารางที่ 8-2 รูปที่ 6-1)

กล้ามเนื้อของกุ้งบ่อดินที่รับอาหารธรรมชาติ อาหารทดลอง อาหารทดลองสลับกับอาหารธรรมชาติ และกุ้งทะเล มีปริมาณ EPA อยู่ในระดับใกล้เคียงกัน (5.35-6.69 เปอร์เซ็นต์กรดไขมันรวม) แตกต่างจากกุ้งที่รับอาหารพ่อแม่พันธุ์ตลาดและกุ้งบ่อดินก่อนการทดลองอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (P<0.05) (7.98 และ 10.95 เปอร์เซ็นต์กรดไขมันรวม ตามลำดับ) ยกเว้นกุ้งทะเลและกุ้งบ่อดินที่รับอาหารธรรมชาติ ไม่แตกต่างจากกุ้งที่รับอาหารพ่อแม่พันธุ์ตลาด (P>0.05)

กล้ามเนื้อของกุ้งทะเลมีปริมาณ DHA ใกล้เคียงกันทั้งหมดยกเว้นในกุ้งบ่อดินก่อนการทดลองมีการสะสม DHA มากที่สุด (11.66 เปอร์เซ็นต์กรดไขมันรวม) แตกต่างจากกุ้งทะเล และกุ้งบ่อดินที่รับอาหารธรรมชาติ อาหารทดลอง อาหารทดลองสลับกับอาหารธรรมชาติ และอาหารพ่อแม่พันธุ์ตลาด (5.74-7.56 เปอร์เซ็นต์กรดไขมันรวม) อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (P< 0.05)

3.1.7 ปริมาณกรดไขมันบางชนิดในตับ

ปริมาณ AA ในตับของกุ้งเพศผู้ในทุกกลุ่มการทดลองไม่มีความแตกต่างทางสถิติ (P> 0.05) โดยมีปริมาณ AA อยู่ในระดับใกล้เคียงกันทั้งหมด (6.71 –9.56 เปอร์เซ็นต์กรดไขมันรวม) กุ้งบ่อดินที่รับอาหารธรรมชาติ มีปริมาณ AA ในตับน้อยที่สุด (6.71 เปอร์เซ็นต์กรดไขมันรวม) พบมากที่สุดในกุ้งทะเล (9.56 เปอร์เซ็นต์กรดไขมันรวม) (ตารางที่ 8-3 รูปที่ 6-2)

ตับของกุ้งในทุกกลุ่มการทดลองมีปริมาณ EPA ไม่แตกต่างกัน (P>0.05) ยกเว้นกุ้งบ่อดินก่อนการทดลอง พบ EPA ในตับมากที่สุด (9.95 เปอร์เซ็นต์กรดไขมันรวม) แตกต่างจากกุ้งทะเลและกุ้งบ่อดินที่ได้รับอาหารธรรมชาติ อาหารทดลอง อาหารทดลองสลับกับอาหารธรรมชาติ และกุ้งที่รับอาหารพ่อแม่พันธุ์ตลาด (2.19-4.73 เปอร์เซ็นต์กรดไขมันรวม) อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (P<0.05)

ปริมาณ DHA ในตับของกุ้งเพศผู้ในทุกกลุ่มการทดลองไม่มีความแตกต่างทางสถิติ (P> 0.05) โดยมีปริมาณ DHA อยู่ในระดับใกล้เคียงกันทั้งหมด (2.75–5.15 เปอร์เซ็นต์กรดไขมันรวม) กุ้งที่รับอาหารทดลองมีปริมาณ DHA ในตับน้อยที่สุด (2.15 เปอร์เซ็นต์กรดไขมันรวม) พบมากที่สุดในกุ้งบ่อดินก่อนการทดลอง (5.15 เปอร์เซ็นต์กรดไขมันรวม)

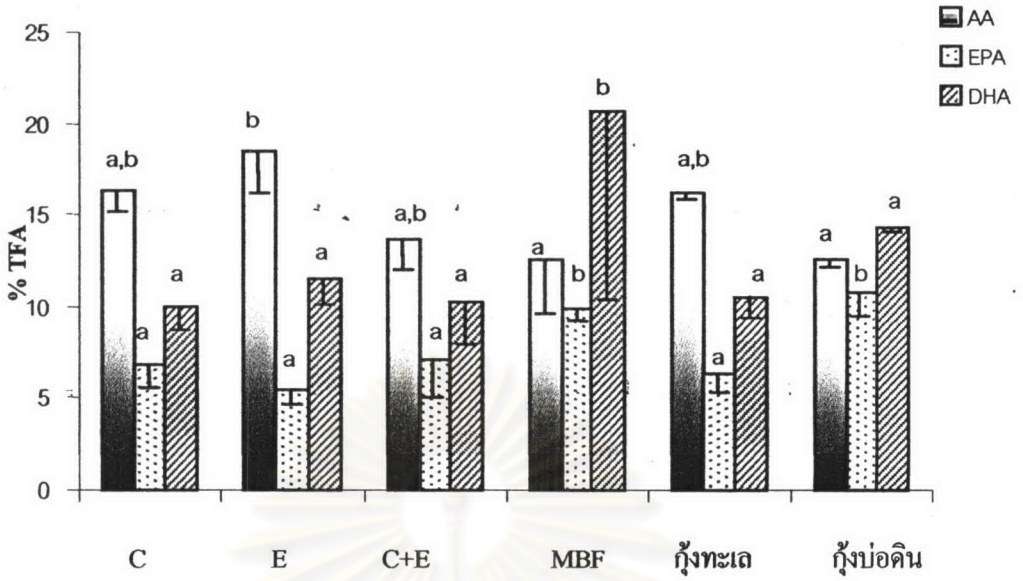
3.1.8 สัดส่วนของกรดไขมันบางชนิดในเนื้อเยื่อกุ้ง

หลังจากทำการทดลองเลี้ยงกุ้งด้วยอาหารทั้ง 4 สูตรแล้วได้นำตัวอย่างกุ้งในแต่ละชุดการทดลองมาศึกษากรดไขมันในเนื้อเยื่อกุ้งซึ่งได้แก่อวัยวะสืบพันธุ์ ตับและกล้ามเนื้อพบว่า การสะสมของ HUFA มีอยู่ทั้งในอวัยวะสืบพันธุ์ ตับ และในกล้ามเนื้อ ก่อนการทดลอง

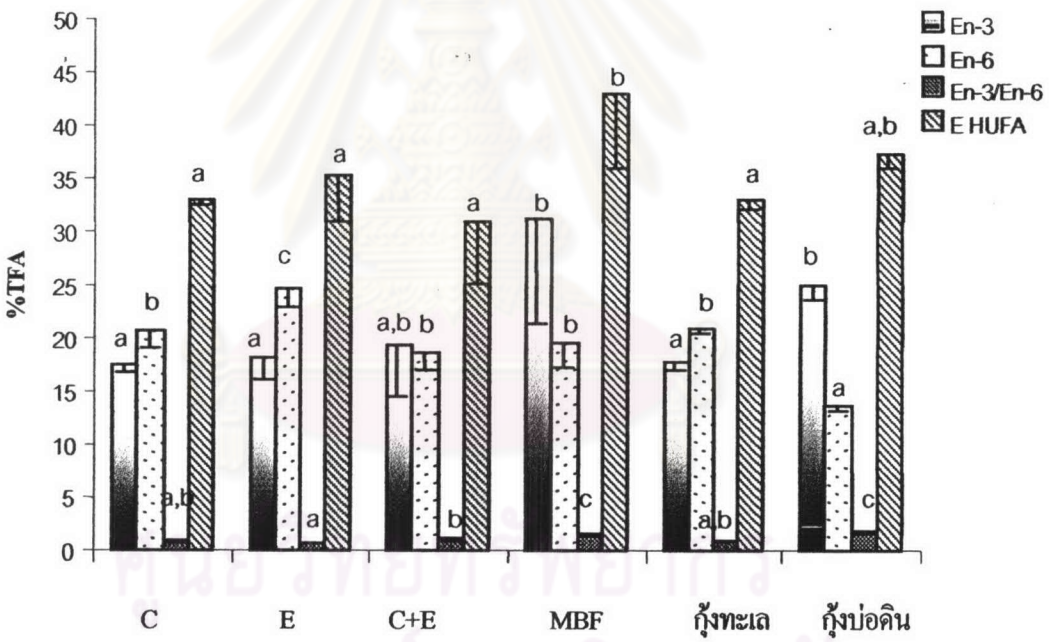
ในอวัยวะสืบพันธุ์ และกล้ามเนื้อของกุ้งพ่อพันธุ์บ่อดินก่อนการทดลองเลี้ยง มีอัตราส่วน AA: EPA: DHA เป็น 1: 1: 1 โดยพบ AA และ EPA มากกว่าเป็น 2 เท่าในตับ (2: 2: 1) ในกุ้งทะเล มีอัตราส่วนของ AA มากกว่า 1 เท่าในอวัยวะทั้ง 3 ดังแสดงในตารางที่ 9

เมื่อทดลองเลี้ยงด้วยอาหารต่างๆ พบว่าอาหารทดลอง ทำให้อวัยวะทั้งในอวัยวะสืบพันธุ์ ตับ และกล้ามเนื้อ มีอัตราส่วนของ AA: EPA: DHA ใกล้เคียงกับอาหารธรรมชาติ (กลุ่มควบคุม) และอาหารทดลองสลับอาหารธรรมชาติ โดยพบการสะสมในกล้ามเนื้อใกล้เคียงกัน ส่วนการสะสมในตับ พบว่าอาหารธรรมชาติและอาหารทดลอง มีสัดส่วนเท่ากันคือ 4: 1: 1 แต่ในอาหารทดลองสลับอาหารธรรมชาติมี AA มากกว่า 1 เท่า และในอวัยวะสืบพันธุ์พบว่า อาหารทดลองมี AA เป็น 1 เท่า ของอาหารธรรมชาติ และมี AA และ DHA เป็น 1 เท่า ของอาหารทดลองสลับกับอาหารธรรมชาติ นั่นคือ มีอัตราส่วนของ AA และ DHA เพิ่มขึ้น (ตารางที่ 9)

เช่นเดียวกันกับในกุ้งทะเลพบว่าอาหารธรรมชาติ (กลุ่มควบคุม) ทำให้อวัยวะทั้งสาม มีอัตราส่วนของ AA: EPA: DHA กลับมาใกล้เคียงกับกุ้งทะเล นั่นคือ มีอัตราส่วนของ AA และ DHA เพิ่มขึ้นเช่นกัน อาหารทดลองสลับอาหารธรรมชาติ ให้อัตราส่วน AA สะสมในกล้ามเนื้อมากกว่ากุ้งทะเล 2 เท่า และกุ้งทดลองกลุ่มควบคุมประมาณ 1 เท่าตัว แต่ในอวัยวะสืบพันธุ์กลับพบว่ามีน้อยกว่ากุ้งที่ได้รับอาหาร MBF มีอัตราส่วนคงที่เมื่อเทียบกับก่อนการทดลอง ยกเว้นใน อวัยวะสืบพันธุ์ ที่พบการสะสมของ DHA เพิ่มขึ้น 1 เท่าตัว

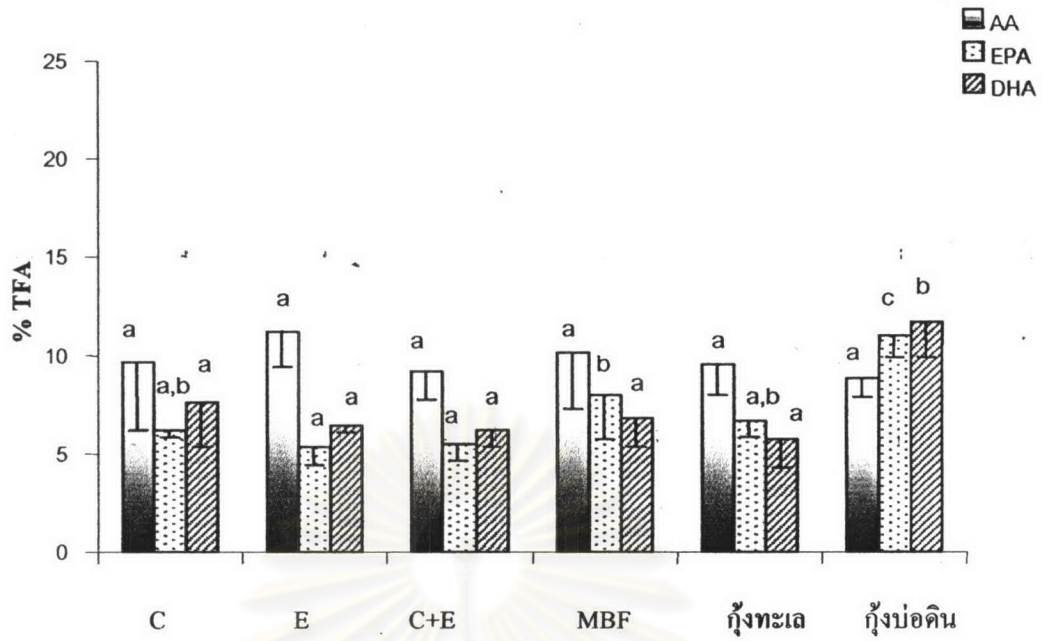


รูปที่ 5-1

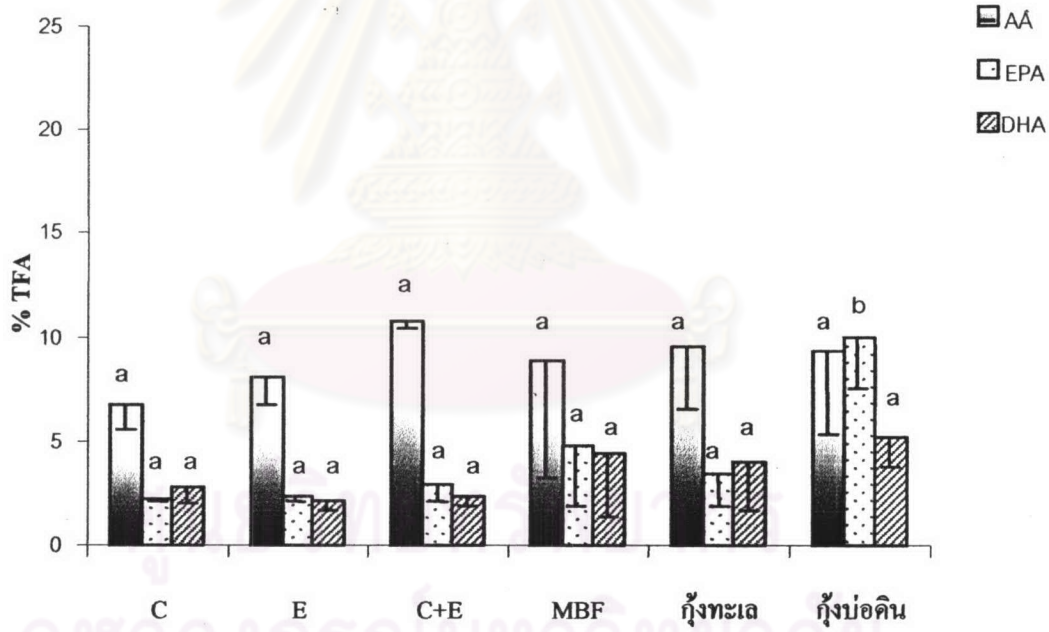


รูปที่ 5-2

รูปที่ 5. แสดงกรดไขมันไม่อิ่มตัวสูงในอวัยวะของกุ้งกุลาดำเพศผู้ แสดงเป็นเปอร์เซ็นต์ AA, EPA และ DHA ในอวัยวะสืบพันธุ์กุ้ง (รูปที่ 5-1) และเปอร์เซ็นต์ Σn-3 Σn-6 Σn-3/Σn-6 และ HUFA ในอวัยวะสืบพันธุ์กุ้ง (รูปที่ 5-2) อักษรที่แสดงเหนือกราฟแท่งที่ต่างกัน แสดงถึงความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P < 0.05$)



รูปที่ 6-1



รูปที่ 6-2

รูปที่ 6. แสดงกรดไขมันไม่อิ่มตัวสูงในอวัยวะของกุ้งกุลาดำเพศผู้ แสดงเป็นเปอร์เซ็นต์ AA, EPA และ DHA ในกล้ามเนื้อกุ้ง (รูปที่ 6-1) และตับกุ้ง (รูปที่ 6-2) อักษรที่แสดงเหนือกราฟแท่งที่ต่างกันแสดงถึงความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P < 0.05$)

ตารางที่ 8-1 เปอร์เซ็นต์กรดไขมันแต่ละชนิดในอวัยวะสืบพันธุ์ ของกุ้งทดลองที่ได้รับอาหารต่างกัน จากการสุ่มตัวอย่าง 3 ซ้ำ (เปอร์เซ็นต์กรดไขมันรวม, Mean ± SD)

ชนิดของกรดไขมัน	C	E	C + E	MBF	กุ้งทะเล	กุ้งบ่อดิน
C14:0	0.71±0.06	0.88±0.20	0.27±0.25	1.16±0.37	0.79±0.15	0.30±0.47
C14:1	0.07±0.08	0.00±0.00	0.06±0.05	0.09±0.13	0.00±0.00	0.00±0.00
C16:0	11.04±1.86	11.22±1.97	9.82±1.63	9.75±0.24	10.09±2.55	9.41±0.49
C16:1	2.17±0.83	1.48±0.73	1.94±0.30	1.61±0.72	2.02±0.68	1.61±0.03
C18:0	9.29±1.58	9.63±1.34	11.30±6.12	7.90±0.21	8.98±1.45	2.05±0.12
C18:1	8.15±3.55	8.01±2.73	4.18±3.78	6.86±1.15	7.71±2.60	0.00±0.00
C18:2	2.49±0.53	4.22±0.51	2.59±0.25	5.13±2.40	2.25±0.37	0.00±0.00
C18:3	0.60±0.38	0.66±0.39	1.25±0.52	0.76±0.07	0.63±0.64	0.00±0.00
C20:0	1.53±1.65	1.16±0.45	1.82±0.97	1.10±0.48	1.45±0.85	1.88±0.25
C20:1	2.13±0.50	1.83±1.34	3.33±0.22	2.62±0.26	3.66±1.32	0.00±0.00
C20:2	1.72±0.13	1.96±0.44	2.22±0.31	1.90±2.69	2.35±0.45	1.10±1.10
C20:3	0.08±0.13	0.54±0.15	0.76±0.31	0.00±0.00	0.31±0.35	0.00±0.00
C20:4*n*-6 (AA)	$16.32^{a,b}$±1.21	18.46^{b}±2.25	$13.65^{a,b}$±1.68	12.44^{a}±2.81	$16.16^{a,b}$±0.41	12.44^{a}±0.35
C20:5*n*-3 (EPA)	6.82^{a}±1.28	5.39^{a}±0.70	7.06^{a}±2.00	9.81^{b}±0.56	6.27^{a}±0.93	10.67^{b}±1.14
C22:0	0.79±0.59	0.00±0.00	0.44±0.76	0.00±0.00	0.00±0.00	0.00±0.00
C22:1	0.33±0.49	0.00±0.00	0.37±0.64	0.00±0.00	0.00±0.00	0.00±0.00
C22:6*n*-3 (DHA)	9.98^{a}±1.33	11.43^{a}±1.39	10.21^{a}±2.28	20.64^{b}±10.34	10.51^{a}±1.19	14.27^{a}±0.21

ตารางที่ 8-1 (ต่อ) เปอร์เซ็นต์กรดไขมันแต่ละชนิดในอวัยวะสืบพันธุ์ ของกุ้งทดลองที่ได้รับอาหารต่างกัน จากการสุ่มตัวอย่าง 3 ซ้ำ (เปอร์เซ็นต์กรดไขมันรวม, Mean ± SD)

ชนิดของกรดไขมัน	C	E	C + E	MBF	กุ้งทะเล	กุ้งบ่อดิน
Σ *n*-3 PUFA	17.48^{a}±0.64	18.02^{a}±1.91	19.29^{a,b}±4.70	31.21^{b}±9.85	17.71^{a}±0.85	24.95^{b}±1.32
Σ *n*-6 PUFA	20.53^{b}±1.51	24.64^{c}±1.86	18.46^{b}±1.56	19.47^{b}±2.29	20.76^{b}±0.32	13.54^{a}±0.48
n-3 / *n*-6	0.86^{a,b}±0.09	0.73^{a}±0.03	1.04^{b}±0.19	1.58^{c}±0.32	0.85^{a,b}±0.04	1.85^{c}±0.16
HUFA	33.13^{a}±0.57	35.28^{a}±4.23	30.93^{a}±5.79	42.88^{b}±6.98	32.94^{a}±0.80	37.39^{a,b}±1.37

อักษรที่แสดงเหนือตัวเลขที่ต่างกันแสดงถึงความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P < 0.05$)

ตารางที่ 8-2 เปอร์เซ็นต์กรดไขมันแต่ละชนิดในกล้ามเนื้อของกุ้งทดลองที่ได้รับอาหารต่างกัน จากการสุ่มตัวอย่าง 3 ซ้ำ (เปอร์เซ็นต์กรดไขมันรวม, Mean ± SD)

ชนิดของกรดไขมัน	C	E	C + E	MBF	กุ้งทะเล	กุ้งบ่อดิน
C14:0	0.71±0.30	0.47±0.18	0.21±0.25	0.55±0.18	0.22±0.04	1.21±0.10
C14:1	0.07±0.08	0.00±0.00	0.02±0.03	0.00±0.00	0.02±0.03	0.00±0.00
C16:0	11.44±2.91	8.48±2.11	7.33±0.84	9.18±0.42	6.76±2.10	17.55±1.51
C16:1	2.91±0.64	1.46±0.47	1.62±0.32	1.73±0.24	1.46±0.29	3.64±0.53
C18:0	14.10±6.14	11.84±2.14	9.14±0.92	12.09±0.82	13.13±2.83	3.07±0.45
C18:1	4.91±5.01	9.17±1.19	7.73±2.04	8.15±1.31	7.43±1.89	0.00±0.00
C18:2	4.83±1.27	6.00±0.70	3.71±0.21	5.97±1.48	2.81±0.68	0.08±0.19
C18:3	1.41±0.40	1.04±1.54	1.49±0.99	0.34±0.29	1.11±0.69	0.06±0.15
C20:0	1.02±0.24	2.30±1.90	1.90±0.77	0.92±0.24	1.86±0.66	0.51±0.35
C20:1	1.26±1.48	2.66±2.42	1.77±1.33	0.75±0.83	0.83±0.85	0.36±0.28
C20:2	7.64±8.49	0.86±0.79	1.37±0.56	1.16±0.77	1.08±0.42	0.76±0.46
C20:3	0.11±0.19	0.64±0.36	0.75±0.19	0.00±0.00	0.18±0.31	0.00±0.00
C20:4*n*-6 (AA)	9.59^{a}±3.38	11.25^{a}±1.83	9.11^{a}±1.34	10.06^{a}±2.83	9.48^{a}±1.52	8.78^{a}±0.96
C20:5*n*-3 (EPA)	6.17^{a,b}±0.37	5.35^{a}±0.99	5.47^{a}±0.86	7.98^{b}±2.29	6.69^{a,b}±0.86	10.95^{c}±1.05
C22:0	0.11±0.19	0.40±0.69	0.55±0.96	0.48±0.45	0.00±0.00	0.00±0.00
C22:1	0.00±0.00	0.31±0.54	0.62±1.08	0.28±0.29	0.00±0.00	0.00±0.00
C22:6*n*-3 (DHA)	7.56^{a}±2.26	6.38^{a}±0.34	6.24^{a}±0.91	6.83^{a}±1.15	5.74^{a}±1.40	11.66^{b}±1.82

ตารางที่ 8-2 (ต่อ) เปอร์เซ็นต์กรดไขมันแต่ละชนิดในกล้ามเนื้อของกุ้งทดลองที่ได้รับอาหารต่างกัน จากการสุ่มตัวอย่าง 3 ซ้ำ (เปอร์เซ็นต์กรดไขมันรวม, Mean $\pm$ SD)

ชนิดของกรดไขมัน	C	E	C + E	MBF	กุ้งทะเล	กุ้งบ่อดิน
Σ *n*-3 PUFA	15.25^{a}±1.80	13.41^{a}±3.02	13.95^{a}±1.87	15.15^{a}±3.78	13.72^{a}±1.27	22.67^{b}±1.57
Σ *n*-6 PUFA	22.07^{c}±6.40	18.11^{b,c}±1.74	14.19^{a,b}±0.87	17.19^{b}±1.78	13.37^{a,b}±1.69	9.62^{a}±1.15
n-3 / *n*-6	0.69^{a}±0.21	0.74^{a}±0.12	0.99^{a}±0.18	0.89^{a}±0.23	1.03^{a}±0.09	2.39^{b}±0.36
HUFA	23.32^{a}±5.64	22.98^{a}±2.96	20.82^{a}±1.83	24.86^{a}±3.98	21.90^{a}±3.69	31.39^{a}±2.20

อักษรที่แสดงเหนือตัวเลขที่ต่างกันแสดงถึงความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P < 0.05$)

ตารางที่ 8-3 เปอร์เซ็นต์กรดไขมันแต่ละชนิดในตับ ของกุ้งทดลองที่ได้รับอาหารต่างกัน จากการสุ่มตัวอย่าง 3 ซ้ำ (เปอร์เซ็นต์ กรดไขมันรวม, Mean ± SD)

ชนิดของกรดไขมัน	C	E	C + E	MBF	กุ้งทะเล	กุ้งบ่อดิน
C14:0	1.09±0.37	1.41±0.34	0.57±0.34	1.01±0.52	0.51±0.15	0.60±0.85
C14:1	0.12±5.60	0.59±0.07	0.09±0.13	0.21±0.33	0.08±0.11	0.24±0.26
C16:0	14.72±7.32	16.13±0.65	16.16±1.14	13.50±3.15	15.04±1.92	17.78±4.55
C16:1	4.97±2.91	3.58±0.66	1.32±1.32	3.79±0.88	6.53±8.31	4.88±1.89
C18:0	6.80±1.55	6.40±5.75	8.68±0.33	13.04±7.31	9.59±0.52	4.38±0.90
C18:1	11.40±4.56	13.00±4.92	9.37±1.26	5.26±4.61	18.57±9.92	0.12±0.13
C18:2	3.15±0.45	4.03±1.73	3.97±0.76	4.83±2.00	1.76±0.49	0.11±0.12
C18:3	2.11±1.31	2.92±1.89	1.73±0.09	1.44±0.52	1.44±0.29	0.00±0.00
C20:0	0.72±0.21	2.21±2.30	0.81±0.14	1.23±0.34	1.08±0.82	1.37±1.38
C20:1	2.57±2.79	4.61±0.35	3.88±0.04	2.80±1.30	2.69±0.73	1.22±0.22
C20:2	3.35±2.96	2.77±0.41	2.33±0.57	2.05±0.79	2.23±1.06	1.16±0.08
C20:3	1.16±0.48	1.78±1.52	1.12±0.13	0.61±0.55	0.59±0.71	0.00±0.00
C20:4*n*-6 (AA)	6.71^{a}±1.51	8.11^{a}±1.36	10.74^{a}±0.38	8.80^{a}±5.57	9.56^{a}±3.00	9.24^{a}±3.96
C20:5*n*-3 (EPA)	2.19^{a}±7.73	2.37^{a}±0.23	3.24^{a}±0.41	4.73^{a}±2.80	3.41^{a}±1.49	9.95^{b}±2.42
C22:0	0.65±0.66	0.00±0.00	0.89±1.25	0.97±1.22	0.00±0.00	0.00±0.00
C22:1	0.00±0.00	0.00±0.00	0.62±0.88	0.49±0.67	0.00±0.00	0.00±0.00
C22:6*n*-3 (DHA)	2.75^{a}±1.92	2.15^{a}±0.47	2.27^{a}±0.49	4.46^{a}±3.18	3.98^{a}±2.36	5.15^{a}±1.40

ตารางที่ 8-3 (ต่อ) เปอร์เซ็นต์กรดไขมันแต่ละชนิดในตับ ของกุ้งทดลองที่ได้รับอาหารต่างกัน จากการสุ่มตัวอย่าง 3 ซ้ำ (เปอร์เซ็นต์กรดไขมันรวม, Mean ± SD)

ชนิดของกรดไขมัน	C	E	C + E	MBF	กุ้งทะเล	กุ้งบ่อดิน
Σ *n*-3 PUFA	7.14[a]±8.19	9.22[a]±3.38	8.36[a]±0.94	11.24[a]±4.95	9.42[a]±4.55	15.10[a]±3.81
Σ *n*-6 PUFA	13.20[a]±3.93	14.91[a]±3.09	17.04[a]±0.19	15.68[a]±4.70	13.55[a]±4.50	10.51[a]±3.88
n-3 / *n*-6	0.55[a]±0.32	0.61[a]±0.10	0.49[a]±0.05	0.73[a]±0.36	0.67[a]±0.15	1.49[b]±0.19
HUFA	10.57[a]±10.91	12.63[a]±1.37	16.24[a]±1.28	18.00[a]±8.78	16.95[a]±6.69	24.35[a]±7.76

อักษรที่แสดงเหนือตัวเลขที่ต่างกันแสดงถึงความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P < 0.05$)

* *n*-3 PUFA ได้แก่ 18:3 *n*-3 20:5*n*-3 และ 22:6*n*-3

* *n*-6 PUFA ได้แก่ 18:2 *n*-6 20:2*n*-6 20:3*n*-6 และ 20:4*n*-6

* *n*-3 /*n*-6 ได้แก่ *n*-3 PUFA/ *n*-6 PUFA

*HUFA ได้แก่ 20:4*n*-6 20:5*n*-3 และ 22:6*n*-3

* Saturated ได้แก่ 14:0 16:0 18:0 20:0 และ 22:0

*Monoenes ได้แก่ 14:1 16:1 18:1 20:0 และ 22:1

ตารางที่ 9. แสดงอัตราส่วนของ AA: EPA: DHA ในอวัยวะสืบพันธุ์ กล้ามเนื้อ และตับ ของกุ้งที่ได้รับอาหารทดลองต่างๆกัน (จากตัวอย่าง 3 ซ้ำ) โดยแสดงเป็นเปอร์เซ็นต์ (เปอร์เซ็นต์กรดไขมันรวม) และน้ำหนักแห้ง (มิลลิกรัมต่อกรัมน้ำหนักแห้ง)

เนื้อเยื่อ		C	E	C + E	MBF	กุ้งทะเล	กุ้งบ่อดิน
		AA:EPA:DHA	AA:EPA:DHA	AA:EPA:DHA	AA:EPA:DHA	AA:EPA:DHA	AA:EPA:DHA
อวัยวะสืบพันธุ์	เปอร์เซ็นต์ กรดไขมันรวม	16.32: 6.82: 9.98	18.46: 5.39: 11.43	13.65: 7.06: 6.24	12.44: 9.81: 20.64	16.16: 6.27: 10.51	12.44: 10.67: 14.27
	สัดส่วน	2.4: 1: 1.5	3.4: 1: 2	2: 1: 1	1: 1: 2	2.6: 1: 1.7	1: 1: 1
	มิลลิกรัมต่อกรัม น้ำหนักแห้ง	1.24: 0.52: 0.73	1.17: 0.33: 0.69	1.08: 0.57: 0.80	0.35: 0.49: 0.82	0.86: 0.35: 0.53	0.32: 0.27: 0.35
	สัดส่วน	2.4: 1: 1.4	3.5: 1: 2	2: 1: 1	1: 1: 2	2.5: 1: 1.5	1: 1: 1
กล้ามเนื้อ	เปอร์เซ็นต์กรดไขมันรวม	9.59: 6.17: 7.56	11.25: 5.35: 6.38	9.11: 5.47: 6.24	10.06: 7.98: 6.83	9.48: 6.69: 5.74	8.78: 10.95: 11.66
	สัดส่วน	1.5: 1: 1	2: 1: 1	2: 1: 1	1.5: 1: 1	1.7: 1: 1	1: 1: 1
	มิลลิกรัมต่อกรัม น้ำหนักแห้ง	0.14: 0.10: 0.11	0.25: 0.11: 0.13	0.16: 0.10: 0.11	0.30: 0.24: 0.20	0.17: 0.12: 0.11	1.70: 2.09: 2.12
	สัดส่วน	1.4: 1: 1	2: 1: 1	2: 1: 1	1.5: 1: 1	1.5: 1: 1	1: 1: 1
ตับ	เปอร์เซ็นต์กรดไขมันรวม	6.91: 2.19: 2.75	8.11: 2.37: 2.15	10.74: 3.24: 2.27	8.8: 4.73: 4.46	9.56: 3.41: 3.98	9.24: 9.95: 5.15
	สัดส่วน	3.16: 1: 1.25	4: 1: 1	5: 1: 1	2: 1: 1	3: 1: 1	2: 2: 1
	มิลลิกรัมต่อกรัม น้ำหนักแห้ง	2.56:0.88: 0.58	1.97: 0.55: 0.52	3.38: 1.04: 0.74	1.14: 0.62: 0.57	1.36: 0.51: 0.63	1.1: 1.34: 0.66
	สัดส่วน	4: 1.5: 1	4: 1: 1	5: 1: 1	2: 1: 1	3: 1: 1	2: 2 :1