

ปัญหาพิเศษ

เรื่อง

ค่าโลหิตวิทยาของปลานิลลูกผสมในระดับความเค็มที่ต่างกัน

HEAMOLYMP VALUE OF HYBRIDE TILAPIA (*Oreochromis niloticus* × *O.mossambicus*)
IN DIFFERENT SALINITIES



มหาวิทยาลัยแม่โจ้-ชุมพร

มหาวิทยาลัยแม่โจ้

ปีการศึกษา 2555

ปัญหาพิเศษ

เรื่อง

ค่าโลหิตวิทยาของปลานิลลูกผสมในระดับความเค็มที่ต่างกัน

HEAMOLYMP VALUE OF HYBRIDE TILAPIA (*Oreochromis niloticus* × *O.mossambicus*)
IN DIFFERENT SALINITIES



ปัญหาพิเศษนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรวิทยาศาสตรบัณฑิต

สาขาวิชา การประมง มหาวิทยาลัยแม่โจ้-ชุมพร

มหาวิทยาลัยแม่โจ้

ปีการศึกษา 2555

ค่าโลหิตวิทยาของปลานิลลูกผสมในระดับความเค็มที่ต่างกัน
HEAMOLYMP VALUE OF HYBRIDE TILAPIA (*Oreochromis niloticus* × *O. mossambicus*)
IN DIFFERENT SALINITIES



ได้พิจารณาและเห็นชอบโดย

.....

(อาจารย์กมลวรรณ ศุภวิญญู)

.....

(อาจารย์ยุทธนา สว่างอารมณ์)

อาจารย์ที่ปรึกษาปัญหาพิเศษ

วันที่.....เดือน.....พ.ศ.....

อาจารย์ที่ปรึกษาปัญหาพิเศษร่วม

วันที่.....เดือน.....พ.ศ.....

ชื่อเรื่อง:

ค่าโลหิตวิทยาของปลานิลลูกผสมในระดับความเค็มที่ต่างกัน

HEAMOLYMP VALUE OF HYBRIDE TILAPIA

**(*Oreochromis niloticus* × *O. mossambicus*) IN DIFFERENT
SALINITIES**

ชื่อผู้เขียน:

นางสาววาสนา คงวัน

ชื่อปริญญา:

วิทยาศาสตร์บัณฑิต สาขาวิชาการประมง

อาจารย์ที่ปรึกษา:

อาจารย์กมลวรรณ ศุภวิญญู

บทคัดย่อ

ค่าโลหิตวิทยาของปลานิลลูกผสม (*Oreochromis niloticus* × *O. mossambicus*) ที่เลี้ยงในระดับความเค็มที่ต่างกัน โดยนำลูกปลานิลขนาด 3 นิ้ว มาทำการทดลองเลี้ยงที่ระดับความเค็ม 0, 15, 30, และ 40 psu. อัตราความหนาแน่น 5 ตัว/ตู้ เป็นระยะเวลา 60 วัน

พบว่าปริมาณฮีมาโตคริตเฉลี่ยเท่ากับ 22.04 ± 2.54 , 22.57 ± 7.23 , 23.17 ± 6.19 และ 24.07 ± 6.85 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ ปริมาณฮีโมโกลบินเฉลี่ยเท่ากับ 8.38 ± 1.69 , 8.55 ± 1.99 , 8.07 ± 0.78 และ 9.15 ± 0.63 g% ตามลำดับ ปริมาณน้ำตาลกลูโคสเฉลี่ยเท่ากับ 38.17 ± 19.80 , 39.25 ± 9.40 , 46.67 ± 16.65 และ 40.84 ± 2.24 mg/dL ตามลำดับ โดยพบว่า ปริมาณฮีมาโตคริต, ปริมาณฮีโมโกลบิน และ ปริมาณน้ำตาลกลูโคส ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P > 0.05$) ดังนั้น การเลี้ยงปลานิลลูกผสมในระดับความเค็มที่แตกต่างกัน ไม่มีผลต่อค่าโลหิตวิทยา

กิตติกรรมประกาศ

ข้าพเจ้าขอขอบพระคุณ อาจารย์กมลวรรณ ศุภวิญญู ซึ่งได้กรุณารับเป็นอาจารย์ที่ปรึกษา
ปัญหาพิเศษให้แก่ข้าพเจ้า และได้ให้คำแนะนำในการวางแผนการดำเนินงานทดลอง ตลอดจนช่วย
สนับสนุนวัสดุอุปกรณ์สำหรับการดำเนินงาน จนกระทั่งงานทดลองครั้งนี้สำเร็จลุล่วงไป
ด้วยดี และช่วยตรวจสอบแก้ไขจนกระทั่งสำเร็จออกมาเป็นรูปเล่มปัญหาพิเศษอย่างสมบูรณ์

ขอขอบพระคุณ อาจารย์ยุทธนา สว่างอารมณ์ ที่เป็นกำลังใจและคอยช่วยเหลือในด้านการ
เลียงปลาด้วยดีตลอดมา ขอขอบคุณ ณิชพล แก้วชญา ที่ให้ความช่วยเหลือในการเก็บข้อมูลและให้
กำลังใจในการทำปัญหาพิเศษครั้งนี้ และขอขอบคุณเจ้าหน้าที่ห้องสมุด ที่เป็นส่วนหนึ่งในการศึกษา
ค้นคว้าข้อมูลเอกสารอ้างอิง และมีส่วนช่วยเหลือในการทำปัญหาพิเศษครั้งนี้ให้สำเร็จลุล่วงไป
ด้วยดี

นอกจากนี้ ข้าพเจ้าขอกราบขอบพระคุณ บิดา มารดา และญาติพี่น้องที่ได้สนับสนุนทุน
ทรัพย์ในการศึกษาเล่าเรียนมาโดยตลอด และขอขอบคุณทุกๆ คนในครอบครัวที่คอยเป็นกำลังใจให้
ตลอดระยะเวลาในการศึกษา

วาสนา ทงวัน

กรกฎาคม 2555

สารบัญ

เรื่อง	หน้า
บทคัดย่อ	
สารบัญ	ก
สารบัญตาราง	ค
สารบัญภาพ	ง
บทที่ 1 บทนำ	1
วัตถุประสงค์	1
บทที่ 2 การตรวจเอกสาร	2
ลักษณะทั่วไปของปลานิลลูกผสม	2
ลักษณะเพศของปลานิล	5
การเลี้ยงปลานิลในน้ำกร่อย	5
ฮีมาโตคริต (ปริมาตรเม็ดเลือดแดงอัดแน่น)	7
ดัชนีเม็ดเลือดแดง	8
ความเข้มข้นของน้ำตาลในเลือด	12
การตรวจระดับน้ำตาลในเลือด	16
องค์ประกอบของเลือดและการสร้างเลือด	17
การไหลเวียนของเลือด	18
กำเนิดของเลือดและเส้นเลือด	20
ส่วนประกอบของเลือดปลา	20
บทที่ 3 เวลาและสถานที่ทำการศึกษาวิจัย	24
อุปกรณ์และวิธีการทดลอง	25
อุปกรณ์	25
สัตว์ทดลอง	25
การเตรียมและเก็บตัวอย่างเลือดปลานิลลูกผสม	25
การวิเคราะห์ตัวอย่างเลือดในห้องปฏิบัติการ	26
การวิเคราะห์ข้อมูล	27

สารบัญ (ต่อ)

เรื่อง	หน้า
บทที่ 4 ผลและวิจารณ์ผลการทดลอง	28
ปริมาณฮีมาโตคริต	28
ปริมาณฮีโมโกลบิน	31
ค่าน้ำตาลกลูโคส	33
บทที่ 5 สรุปผลการทดลอง	35
บรรณานุกรม	36
ภาคผนวก	38
ภาคผนวก ก ประวัติผู้วิจัย	56



สารบัญตาราง

ตารางที่		หน้า
1	แสดงระดับน้ำตาลในเลือด	16
2	ปริมาณฮีมาโตคริตของเลือดปลานิลลูกผสมที่เลี้ยงในน้ำความเค็มต่างกัน	30
3	ปริมาณฮีโมโกลบินของเลือดปลานิลลูกผสมที่เลี้ยงในน้ำความเค็มต่างกัน	32
4	ปริมาณน้ำตาลกลูโคส ของเลือดปลานิลลูกผสมที่เลี้ยงในน้ำความเค็มต่างกัน	34
ตารางผนวกที่		หน้า
1	ANOVA ค่าโลหิตวิทยาปลานิลลูกผสม	46
2	ค่าฮีมาโตคริตของปลานิลลูกผสมระยะเวลา 30 วัน	47
3	ค่าฮีมาโตคริตของปลานิลลูกผสมระยะเวลา 60 วัน	48
4	ค่าฮีโมโกลบินของปลานิลลูกผสมระยะเวลา 30 วัน	49
5	ค่าฮีโมโกลบินของปลานิลลูกผสมระยะเวลา 60 วัน	50
6	ค่าน้ำตาลกลูโคสของปลานิลลูกผสมระยะเวลา 30 วัน	51
7	ค่าน้ำตาลกลูโคสของปลานิลลูกผสมระยะเวลา 60 วัน	52
8	ปริมาณฮีมาโตคริตของเลือดปลานิลลูกผสม	53
9	ปริมาณฮีโมโกลบินของเลือดปลานิลลูกผสม	54
10	ปริมาณน้ำตาลกลูโคสของเลือดปลานิลลูกผสม	55

สารบัญภาพ

ภาพที่		หน้า
1	ปลานิลลูกผสม	2
2	ลักษณะเพศของปลานิลลูกผสม	5
3	ปริมาณฮีมาโตคริตของปลานิลลูกผสมที่เลี้ยงในน้ำความเค็มต่างกัน	30
4	ปริมาณฮีโมโกลบินของเลือดปลานิลลูกผสมที่เลี้ยงในน้ำความเค็มต่างกัน	32
5	ปริมาณน้ำตาลกลูโคสของเลือดปลานิลลูกผสมที่เลี้ยงในน้ำความเค็มต่างกัน	34

ภาพผนวกที่		หน้า
1	ตู้ปลาที่ใช้ในการทดลอง	39
2	ปลานิลลูกผสมที่ใช้ในการทดลอง	39
3	การเปลี่ยนถ่ายน้ำในการทดลอง	40
4	สายยางที่ใช้เปลี่ยนถ่ายน้ำ	40
5	เครื่องเหวี่ยงเม็ดเลือด (Micro-hematocritcentrifuge)	41
6	หลอด Micro-capillary tube	41
7	Hematocrit-reader อ่านค่า Packed cell volume	42
8	การอ่านค่าฮีมาโตคริต	42
9	เครื่องมือตรวจวัดค่าฮีโมโกลบิน	43
10	การตรวจวัดค่าฮีโมโกลบิน	43
11	การหยด 0.1 N HCl	44
12	ดูดเลือดปลาใส่ใน Graduated tube	44
13	เครื่องตรวจปริมาณน้ำตาลกลูโคสในเลือด	45

บทที่ 1

บทนำ

ปัจจุบันปลานิลลูกผสม (*Oreochromis niloticus* × *O. mossambicus*) ก็คือปลานิลสายพันธุ์หนึ่งที่เติบโตเร็ว ปรับตัวเข้ากับสภาพแวดล้อมได้ดี มีความต้านทานโรคสูง ออกลูกได้เก่งและมาก ประสิทธิภาพการและประชาชนคณะผู้บริหารเครือข่ายเกษตรกรนำปลานิลจิตรลดาไปพัฒนาสายพันธุ์ใหม่โดยเลือกลักษณะเด่นของปลาแต่ละสายพันธุ์ ที่ต้องการนำมาผสมพันธุ์จนได้ปลาเนื้อพันธุ์ใหม่ เพื่อให้สามารถเจริญเติบโตได้ดีในน้ำเค็ม ในปี พ.ศ.2541 พระราชทานนามปลาชนิดใหม่ว่า "ปลาทับทิม" ตามลักษณะภายนอกอันโดดเด่น คือ สีของเกล็ดและตัวปลาที่มีสีแดงอมชมพู เป็นมงคล ปัจจุบันปลาทับทิมเป็นที่นิยมบริโภคอย่างกว้างขวาง เนื่องจากเป็นปลาที่มีรสชาติดี เนื้อขาวสะอาดสามารถนำไปประกอบอาหารได้หลายชนิด เลี้ยงง่าย มีอัตราการเจริญเติบโตที่รวดเร็ว สามารถกินอาหารได้เกือบทุกชนิด มีความทนทานต่อโรคสูง และ เป็นปลาที่กำลังได้รับความนิยมในการเพาะเลี้ยงเป็นอย่างมาก ปลานิลแดงมีชีวิตอยู่รอดในน้ำกร่อยได้การเจริญเติบโตที่เหมาะสม 10-15 psu. ปลาทับทิมเกิดจากการผสมข้ามสายพันธุ์สามารถปรับตัวให้เข้ากับสภาพแวดล้อมได้ดี ถ้าหากว่าปลาทับทิมสามารถอนุบาลในน้ำที่มีความเค็มได้ จะเป็นทางเลือกให้เกษตรกรที่สนใจนำไปใช้ประกอบอาชีพ

การเลี้ยงปลานิลลูกผสมให้ได้ผลดีนั้น ควรศึกษาถึงอุปนิสัยปลา วิธีการเลี้ยง รวมทั้งการให้อาหารแล้วจะต้องคำนึงถึงโรคที่จะเกิดขึ้นกับปลานิลลูกผสมด้วย ซึ่งค่าโลหิตวิทยาของปลาจัดเป็นข้อมูลพื้นฐานทางสรีรวิทยา บ่งบอกผิดปกติและความผิดปกติทางพยาธิวิทยา เนื่องจากเมื่อปลาได้รับความเครียด หรืออยู่ในสิ่งแวดล้อมที่ไม่เหมาะสม ดังนั้นค่าเคมีในเลือดจึงสามารถนำมาใช้ในการประเมินสุขภาพปลา และความผิดปกติที่เกิดขึ้น ได้แก่ ปริมาณฮีมาโตคริต , ปริมาณฮีโมโกลบิน และ ปริมาณน้ำตาลกลูโคสในเลือด โดยในการวิจัยครั้งนี้มีวัตถุประสงค์ เพื่อเลี้ยงปลานิลลูกผสมสายพันธุ์ทนความเค็มในความเค็มต่างกันโดยไม่ส่งผลต่อสุขภาพปลา

วัตถุประสงค์

ศึกษาค่าโลหิตวิทยาของปลานิลลูกผสมที่เลี้ยงในระดับความเค็มที่แตกต่างกัน

บทที่ 2

การตรวจเอกสาร



ภาพที่ 1 ปลานิลลูกผสม

ที่มา : ประสิทธิ์ศิลป์ (2552)

ชื่อไทย ปลานิลลูกผสม

ชื่อสามัญ HYBRIDE TILAPIA

ชื่อวิทยาศาสตร์ *Oreochromis niloticus* × *O. mossambicus*

ลักษณะทั่วไป

ปลาทับทิม เป็นปลาเศรษฐกิจที่น่าสนใจ ปลาทับทิม เป็นปลาที่ได้รับการปรับปรุงสายพันธุ์ให้ดีขึ้น ลักษณะของปลาทับทิม เนื้อหนังช่องท้องสีขาวสะอาด ต่างจากเนื้อปลาชนิดอื่น โดยทั่วไปจะมีหนังช่องท้องเป็นสีเทาดำ โดยมีเกล็ดและผิวหนังเป็นสีแดงซึ่งถือเป็นสิ่งมงคล เหมาะกับการจัดเลี้ยงเทศกาลต่างๆ ซึ่งตรงกับความต้องการของผู้บริโภค โดยเฉพาะการส่งออกยังต่างประเทศ เช่น ยุโรป อเมริกา และญี่ปุ่น ประวัติความเป็นมาของปลาทับทิมที่น่าสนใจไม่แพ้ปลานิลญาติผู้พี่ เริ่มจากที่ประเทศไทยได้กำเนิดปลานิลสีแดง ซึ่งเป็นการกลายพันธุ์มาจากการผสมข้ามพันธุ์ระหว่างปลานิลกับปลาหมอเทศ ซึ่งนอกจากสีภายนอกที่แตกต่างจากปลานิลธรรมดาแล้ว ภายในตัวปลาที่หนังช่องท้องยังเป็นสีขาวเงินคล้ายหนังช่องท้องของปลากิน เนื้อและสีของเนื้อปลาเป็นสีขาวชมพูคล้ายเนื้อปลาทะเล เรียกว่า ปลานิลแดง ซึ่งแท้ที่จริงแล้วคือ ลูกปลานิลธรรมดาที่เกิดการกลายพันธุ์ โดยเกิดการเปลี่ยนแปลงทางสีของลำตัวเท่านั้น แต่ยังคงรูปร่างของปลานิลไว้เช่นเดิม แต่ลูกที่ผิดพ่อผิดแม่ของปลานิลชนิดนี้กลับมีผลในทางบวกหรือมีผลดีแก่ตัวของมันเอง คือเป็นปลาที่มีสีสวยเป็นสีชมพูอมแดง ซึ่งปลานิลแดงนี้ สามารถนำมาเลี้ยงเป็นปลาสวยงามได้ เมื่อนำปลานิลแดงมาประกอบอาหารแล้ว พบว่าปลานิลแดงกลับให้รสชาติและคุณภาพสูงกว่าปลานิลธรรมดา

ปลานิลแดงที่กำเนิดในเมืองไทยนั้น พบครั้งแรกเมื่อปีพุทธศักราช 2511 ที่สถานีประมงน้ำจืด อุบลราชธานี แต่ลักษณะสีของลำตัวปลายังไม่เด่นชัดนัก โดยเฉพาะที่ส่วนหัวยังมีสีกระดำกระด่าง และอาศัยปะปนอยู่กับฝูงปลานิลธรรมดา ต่อมาได้มีการปรับปรุงพันธุ์จนกลายเป็นปลานิลแดงที่มีสีสนิมขึ้นเมื่อ วันที่ 2 มกราคม 2527 คุณวนิช วารีกุล อธิบดีกรมประมงในขณะนั้น ได้นำอ้อมเกล้าฯ ถวายลูกปลานิลแดง 810 ตัว แต่สมเด็จพระเทพรัตนราชสุดาฯ สยามบรมราชกุมารี ซึ่งพระองค์ทรงเลี้ยงไว้ในบ่อวังสวนจิตรลดา ใช้เวลาเพียง 3 เดือน ก็ทรงพระราชทานลูกปลานิลแดง จำนวน 14,509 ตัว คืนแก่กรมประมงเพื่อนำไปเลี้ยงขยายพันธุ์ต่อไปเนื่องจากปลาทะเล ตามธรรมชาติได้ลดปริมาณลงทุกปีและมีคุณภาพเมื่อถึงมือ ผู้บริโภคไม่คงที่ ประกอบกับกระแสความนิยมบริโภคเนื้อปลาคุณภาพเพื่อรักษาสุขภาพมีมากขึ้น ภาคเอกชนเครือเจริญโภคภัณฑ์ จึงได้ทุ่มเทงบประมาณและเวลาด้านการศึกษาพัฒนาสายพันธุ์ปลาเนื้อ จนได้สายพันธุ์ปลาเนื้อเศรษฐกิจตัวใหม่ ในชื่อพระราชทานว่า “ปลาหับทิม” โดยใช้เทคโนโลยีในการเลี้ยงในน้ำทะเล ใช้อาหารสำเร็จรูปคุณภาพสูง มีการควบคุมคุณภาพน้ำให้เหมาะสมตลอด การเลี้ยงเพื่อให้ได้ผลิตภัณฑ์ที่สะอาด ถูกสุขลักษณะ ปลาหับทิมมีคุณสมบัติพิเศษที่จะเป็นปลาเนื้อเศรษฐกิจคือ หัวเล็ก สันหนา มีปริมาณเนื้อมากถึง 40% ของน้ำหนัก เติบโตเร็ว เนื้อขาวแน่นละเอียด รสชาติดีมาก และมีโภชนาการสูง ปลาหับทิมจึงเป็นปลาซึ่งเกษตรกรผู้มีทุนน้อยสามารถเลี้ยงได้ในเชิงเศรษฐกิจ ผลผลิตเป็นที่ต้องการของตลาด เนื่องจากมีผู้นิยมบริโภคเป็นจำนวนมาก ไม่ว่าจะเป็นประชาชนทั่วไป ร้านอาหาร ภัตตาคาร ต่างนิยมนำปลาหับทิมมาทำเป็นอาหาร

ลักษณะเด่น 9 ประการ ของปลาหับทิม

1. เส้นใยเนื้อละเอียดแน่น จึงมีรสชาติดีและปราศจากกลิ่น
2. มีไขมันต่ำมากจึงปราศจากกลิ่นที่เกิดจากไขมันในตัวปลา และเป็นไขมันไม่อิ่มตัวที่มีประโยชน์
3. ปริมาณเนื้อบริโภคได้ต่อน้ำหนักสูงถึง 40 เปอร์เซ็นต์ และมีส่วนสันหนามาก
4. ส่วนหัวเล็ก โครงกระดูกเล็ก ก้างน้อย
5. ผิวมีสีแดงอมชมพู เนื้อทุกส่วนสีขาว ทำให้น่ากิน
6. เจริญเติบโตในความเค็มสูงถึง 25 psu.
7. อัตราการเจริญเติบโตเร็วมาก
8. การกินอาหารเก่ง ปรับตัวเข้ากับสภาพแวดล้อมได้ดี และมีความต้านทานต่อโรคสัตว์น้ำได้ดี
9. สามารถเลี้ยงในกระชังมีความหนาแน่นสูงได้ โดยไม่มีผลเสียต่อปลา ให้ผลผลิตเฉลี่ย 40 กิโลกรัม ต่อลูกบาศก์เมตร

ปลา ทับทิมที่ดั้นนั้น เป็นปลาที่มีรสชาติดี เนื้อแน่น หวานหอม มีโภชนาการสูง อุดมด้วยกรดไขมันไม่อิ่มตัว ตรงนี้เอง ไขมันอิ่มตัวจากสัตว์บก อาจก่อให้เกิดการสะสมของไขมัน ซึ่งเป็นสาเหตุให้หลอดเลือดหัวใจตีบตัน โรคมะเร็งลำไส้ใหญ่ โรคที่เกี่ยวกับหลอดเลือดและเป็นอันตรายถึงชีวิต จึงเป็นการดีที่จะบริโภคเนื้อสัตว์น้ำให้มากขึ้น โดยเฉพาะเนื้อปลา เป็นเนื้อสัตว์ที่มีกรดไขมันชนิดไม่อิ่มตัว ทำให้ไม่เกิดการสะสมในผนังหลอดเลือด ลดความเสี่ยงจากโรคเกี่ยวกับหัวใจ โรคความดันโลหิตนอกจากนี้ ปลาทับทิมที่เลี้ยงด้วยอาหารเม็ดสำเร็จรูป คุณภาพสูงจะมีปริมาณกรดไขมันไม่อิ่มตัว ชนิดโอเมก้า 3 สูงกว่าปลาน้ำจืด ปลาน้ำกร่อย ตามธรรมชาติทั่วไปถึง 4 เท่าอีกด้วย โอเมก้า 3 คือ กรดไขมันที่จำเป็นประเภทไม่อิ่มตัว

มีผลดีมีประโยชน์ต่อร่างกายมากมายสรรพคุณของน้ำมันปลา (จากส่วนหัวและเนื้อปลาไม่ใช่ไขมันตับปลา) คือ

1. ช่วยลดคอเลสเตอรอลในเส้นเลือด ป้องกันการเกิดโรคหัวใจและหลอดเลือดอุดตัน
2. ช่วยบำรุงสมองเสริมสร้างความจำ
3. ช่วยบรรเทาอาการปวดบวมของโรคข้ออักเสบ
4. ช่วยป้องกันโรคความดันโลหิตสูงและโรคเบาหวาน ดังนั้น การบริโภคปลาหรือน้ำมันปลาเป็นประจำ จึงมีผลดีต่อสุขภาพอย่างยิ่งราคา ขายของปลาทับทิมในขณะนี้ (ช่วงเดือนกรกฎาคม) อยู่ที่ กิโลกรัมละ 45-60 บาท เปรียบเทียบกับช่วงเดียวกันของปีก่อน (2551) ราคาขายของปลาทับทิมอยู่ที่ กิโลกรัมละ 45-78 บาท

ปัจจุบันนี้ได้มี การนำสายพันธุ์ปลานิลแดงจากต่างประเทศที่มีคุณภาพเนื้อสูง และอยู่ในตระกูลเดียวกันมาผสมกับปลานิลแดง มีการคัดสายพันธุ์ให้เป็นพันธุ์แท้ ลดเปอร์เซ็นต์ของสีชมพูล้วน หรือบางตัวก็เจอสีเหลืองอ่อน ที่ส่วนครีบทุกครีบเป็นสีแดง สายพันธุ์ปลานิลแดงพันธุ์ใหม่นี้มีความแตกต่างจากปลานิลแดงที่เด่นชัด คือมีลำตัวหนากว่า ซึ่งหมายถึงการมีเนื้อมากกว่าและคุณภาพของเนื้อมีความหวานและนุ่ม แต่ในขณะเดียวกัน ก็มีส่วนหัวเล็กกว่า ได้มีการส่งเสริมให้มีการเลี้ยงปลานิลแดงนี้ในกระชังตามริมแม่น้ำ เพื่อให้ได้ผลผลิตปลาที่สะอาดและปราศจากโคลน ทั้งนี้เพราะมีเป้าหมายในการส่งออกปลานิลแดงไปยังต่างประเทศ และเนื่องจากปลาพันธุ์นี้มีลำตัวเป็นสีแดงชมพู สมกับชื่อว่า ปลาทับทิม ซึ่งคุณภาพของเนื้อแตกต่างจากปลานิลอย่างเห็นได้ชัด นอกจากนั้น ยังเป็นปลาที่เลี้ยงง่าย อดทน โตเร็ว และมีน้ำหนักมาก

ลักษณะเพศของปลานิล

ตามปกติปลานิลเพศผู้และเพศเมีย หากดูจากรูปร่างภายนอกจะมีลักษณะที่คล้ายคลึงกันมาก แต่ลักษณะรูปร่างเริ่มแตกต่างกันไปเมื่อเข้าสู่วัยเจริญพันธุ์ ปลานิลเพศผู้มักจะมีขนาดใหญ่กว่า และในฤดูผสมพันธุ์ จะมีสีสดใสมากกว่าเพศเมีย การแยกเพศต้องสังเกตจากอวัยวะเพศและลักษณะอื่นๆ ประกอบดังนี้

ปลานิลเพศผู้ อวัยวะเพศที่บริเวณใกล้กับช่องทวารจะมีลักษณะเรียวยาวยื่นออกมา ปลาเพศผู้ จะมีรูเปิด 2 รู คือ รูก้น (Anus) และรูเปิดรวมของท่อน้ำเชื้อและปัสสาวะ (Urogenital pore)

สีของตัวปลาจะเข้มสดใส แถบขวางข้างลำตัวมองเห็นไม่ชัดเจน ครีบจะมีสีชมพูเข้มออกแดง และใต้หางมีสีแดง



ภาพที่ 2 ลักษณะเพศของปลานิลลูกผสม

ที่มา : กรมประมง (2552)

ปลานิลเพศเมีย อวัยวะจะมีลักษณะเป็นรูค่อนข้างใหญ่และกลม ปลาเพศเมีย จะมีรูเปิด 3 รู คือ รูก้น (Anus) รูท่อน้ำเชื้อ (Genital pore) และรูท่อน้ำปัสสาวะ (Urinary pore) อวัยวะเพศจะมีลักษณะกลมใหญ่ และมีช่องเปิดเป็นขีดขวางตรงกลางของอวัยวะเพศ สีของตัวปลาซีดกว่าเพศผู้มองเห็นแถบขวาง ข้างลำตัวได้ชัดเจนได้หางมีสีเหลืองและขนาดของตัวปลาโดยทั่วไปจะเล็กกว่าตัวผู้

การเลี้ยงปลานิลในน้ำกร่อย

ในปัจจุบันพื้นที่และสภาพแหล่งน้ำจืดที่เหมาะสมในการเพาะเลี้ยงปลาที่มีปริมาณลดน้อยลง การใช้แหล่งน้ำกร่อยและทะเล เพื่อการเพาะเลี้ยงกำลังเป็นที่น่าสนใจ ปลาในสกุลปลานิลหลายชนิดสามารถเจริญเติบโตได้ดีในน้ำกร่อย ซึ่งการคัดเลือกปลานิลชนิดใดเพื่อเลี้ยงในน้ำความเค็มต่างๆ จะต้องพิจารณาให้เหมาะสมข้อดีของการเลี้ยงปลานิลในน้ำกร่อยคือจะมีปัญหาเรื่องกลิ่นน้อยและมีปริมาณแบคทีเรียน้อยกว่าการเลี้ยงในน้ำจืด แต่สำหรับปัญหาใหญ่ของการเลี้ยงปลาใน

น้ำที่มีระดับความเค็มสูงคือโรคปลาความเครียดและการทำร้ายร่างกายกันเอง

การเลี้ยงปลานิลชนิดต่างๆต้องพิจารณา ถึงความเหมาะสมของแต่ละชนิดให้สัมพันธ์กับ สภาพแวดล้อมที่จะเลี้ยง เช่น *Oreochromis niloticus* และ *O.aureus* เจริญเติบโตและเหมาะสมที่จะเลี้ยงในน้ำจืดและในน้ำกร่อยปลานิลแดงซึ่งเป็นลูกผสมของปลาหมอเทศ *O.mossambicus* กับ ปลานิล *O.niloticus* และ *O.spilurus* เจริญเติบโตได้ดีในน้ำที่มีระดับความเค็มสูงส่วนใหญ่ในประเทศไทยเลี้ยงปลานิล *O.niloticus* โดยปล่อยเลี้ยงในอัตรา 5 ตัว/ตรม. ได้ผลผลิต 11,000 กก./10,000 ตรม. ในระยะเวลาเลี้ยง 5 เดือน ปลาจะเจริญเติบโตเฉลี่ยวันละ 2.2 กรัม แต่ทั้งนี้ระดับความเค็มต้องต่ำกว่า 30 psu

สรุปได้ว่าการจะพิจารณาเลี้ยงปลานิลในรูปแบบใดตั้งแต่ระบบพื้นฐานคือ ไม่พัฒนาไปจนถึงระบบการเลี้ยงพัฒนาขึ้นสูงย่อมขึ้นอยู่กับระบบชีววิทยา ระบบสังคมเศรษฐกิจ ปัจจัยของสภาพแวดล้อมและระบบตลาดจะเป็นปัจจัยที่สำคัญที่สุด

การเจริญเติบโตและผลผลิต

ปลานิลเป็นปลาที่มีการเจริญเติบโตเร็ว เมื่อได้รับการเลี้ยงดูอย่างถูกต้องจะมีขนาดเฉลี่ย 500 กรัม ในเวลา 1 ปี ผลผลิตไม่น้อยกว่า 500 กก./ไร่/ปี ในกรณีเลี้ยงในกระชังที่คุณภาพน้ำดี มีอาหารสมทบอย่างสมบูรณ์สามารถให้ผลผลิตไม่น้อยกว่า 5 กิโลกรัม/ลูกบาศก์เมตร

แนวโน้มการเลี้ยงปลานิลในอนาคต

ปลานิลเป็นปลาที่ตลาดผู้บริโภคยังมีความต้องการสูงขึ้นเรื่อยๆเนื่องจาก จำนวนประชากรมีอัตราการเจริญเติบโตสูงจึงส่งผลต่อแนวโน้มการเลี้ยงปลาชนิด นี้ให้มีลูทางแจ่มใสต่อไปโดยไม่ต้องกังวลปัญหาด้านการตลาดเนื่องจากเป็นปลาที่มีราคาดีไม่มีอุปสรรคเรื่องโรคระบาดเป็นที่นิยมบริโภคและเลี้ยงกันอย่างแพร่หลายในทั่วทุกภูมิภาคเพราะสามารถนำมาประกอบอาหารได้หลายรูปแบบโดยเฉพาะ อย่างยิ่งในปัจจุบันปลานิลสามารถส่งเป็นสินค้าออกไปสู่ต่างประเทศในลักษณะของปลาแช่เนื้อ ตลาดที่สำคัญๆ (จักรพงษ์,2553)

เลือด

เลือด นับว่าเป็นของเหลวมหัศจรรย์ที่ช่วยให้มนุษย์รวมทั้งสัตว์ ดำรงชีวิตอยู่ได้อย่างปกติสุข ทั้งนี้หากจะแยกตามหน้าที่แล้วพบว่า

1. เลือดเป็นของเหลวแห่งชีวิต (fluid of life) เนื่องจากเลือดเป็นผู้รับออกซิเจนจากปอด

พาไปแจกจ่ายส่งให้แก่เซลล์ทุกเซลล์ทั่วร่างกาย และรับเอาคาร์บอนไดออกไซด์มาส่งให้ปอด เพื่อปลดปล่อยให้พื้นออกไปนอกร่างกายเวลาใดนําส่งออกซิเจนได้น้อยกว่าปกติ ก็ย่อมจะเกิดปัญหาเกี่ยวกับสุขภาพแก่เจ้าของร่างกาย มากน้อยตามลำดับ เวลาใดที่ส่งออกซิเจนไม่ได้เลย ชีวิตก็จะดับลงทันที

2. เลือดเป็นของเหลวแห่งการเจริญเติบโต (fluid of growth) เนื่องจากเลือดเป็นผู้พาสารอาหาร วิตามิน และแร่ธาตุ ซึ่งย่อยสลายพร้อมที่จะใช้งานได้รวมทั้งฮอร์โมนที่ผลิตได้จากต่อมต่างๆ ไปส่งให้เซลล์สร้างความเจริญเติบโตหรือซ่อมแซมที่สึกหรอ ก็จะทำให้เกิดมีอวัยวะต่างๆ ของร่างกายสมบูรณ์เจริญเติบโตขึ้นตามขนาดและทำหน้าที่ได้ตามที่ควรจะเป็น

3. เลือดเป็นของเหลวแห่งสุขภาพ (fluid of health) เนื่องจากหากเลือดที่เซลล์เม็ดเลือดในน้ำเลือด มีขนาดและจำนวนสมบูรณ์แบบครบถ้วนก็ย่อมทำให้เจ้าของร่างกายมีสภาวะสุขภาพเป็นปกติดีเช่นคนทั่วไปตั้งแต่ในลำดับแรกของชีวิต และในกรณีหาร่างกายถูกล่วงล้ำโจมตีโดยสิ่งแปลกปลอมจากภายนอกในร่างกาย เช่น เชื้อไวรัส แบคทีเรีย เชื้อรา หรือสารพิษใดๆ หรือเกิดสิ่งแปลกปลอมจากร่างกายในร่างกายเอง เช่น เกิดมีเซลล์กลายพันธุ์ (ก่อนเป็นเซลล์มะเร็ง) เลือดโดยเซลล์เม็ดเลือดชนิดต่างๆ ก็มีวิธีจัดการกับสิ่งแปลกปลอมเหล่านั้น เพื่อธำรงรักษาไว้ซึ่งสุขภาพของเจ้าของร่างกายให้เป็นปกติสุขให้มากที่สุดเท่าที่จะทำได้ โดยที่เลือดเป็นของเหลวซึ่งไหลเวียนผ่านไปทุกอวัยวะและผ่านไปทุกซอกทุกมุมตลอดทั่วร่างกาย เลือดจึงเปรียบเสมือนเป็น พาหนะ รับเอกสารแปลกปลอมที่แสดงถึงความผิดปกติของอวัยวะต่างๆ ดิคมกับน้ำเลือดนั้นด้วย (ประสาร,2553)

ฮีมาโตคริต (ปริมาตรเม็ดเลือดแดงอัดแน่น) : Hematocrit

ชื่อภาษาอังกฤษ Hematocrit

ชื่อภาษาไทย ฮีมาโตคริต (ปริมาตรเม็ดเลือดแดงอัดแน่น)

ชื่อหลัก Hematocrit

ชื่ออื่น Hct, Crit, Packed cell volume (PCV)

การทดสอบที่เกี่ยวข้อง Complete blood count

ฮีมาโตคริต (hematocrit: Hct) คือ ค่าปริมาตรเม็ดเลือดแดงอัดแน่นที่เรียกว่าแพ็คเรดเซลล์ (pack red cell) หมายถึงร้อยละของปริมาตรเม็ดเลือดแดงต่อปริมาตรของเลือดทั้งหมด (whole blood) ที่เจาะจากหลอดเลือดดำหรือหลอดเลือดฝอยหลังจากปั่นแล้ว รายงานเป็นร้อยละ เป็นค่าที่สอดคล้องสัมพันธ์กับค่าฮีโมโกลบิน (HGB) มีประโยชน์ในการบอกความเข้มข้นของเม็ดเลือดแดง ถ้ามีน้อยบ่งบอกภาวะโลหิตจาง (anemia), ภาวะเม็ดเลือดข้น (polycythemia) หรือการขาดน้ำ

(dehydration) เมื่อมีการเพิ่มของเม็ดเลือดแดงระดับน้ำเลือด (plasma) จะลดลง เช่นในภาวะการขาดน้ำ หากระดับฮีมาโตคริตน้อยกว่าปกติบ่งชี้ภาวะโลหิตจาง หรือร่างกายมีการสร้างเม็ดเลือดลดลง หรือมีการทำลายเม็ดเลือดแดงเพิ่มมากขึ้น หรือเนื่องจากการเสียเลือดระดับฮีมาโตคริตจะสะท้อนถึงจำนวนของเม็ดเลือดแดงและปริมาตรของเม็ดเลือดแดงที่เรียกว่ามินคอปัสคิวลาร์โวลูม (mean corpuscular volume) หรือเอ็มซีวี (MCV)

การทดสอบฮีมาโตคริตเป็นส่วนหนึ่งของการตรวจนับเม็ดเลือดอย่างสมบูรณ์ (complete blood count) หรือซีบีซี (CBC) และอาจส่งตรวจซ้ำเพื่อวินิจฉัยภาวะโรคโลหิตจางและภาวะเม็ดเลือดข้น, ติดตามการรักษาโรคโลหิตจาง, ภาวะขาดน้ำ, และติดตามตรวจสอบความรุนแรงอย่างต่อเนื่องเมื่อพบความผิดปกติของการเสียเลือด หรือมีภาวะเลือดออก

การวัดปริมาตรของเม็ดเลือดแดงอัดแน่น (Packed red blood cell volume) หรือฮีมาโตคริตในปลาโดยทั่วไปจะใช้วิธี microhaematocrit method ซึ่งจะเป็นการบรรจุเลือดปลาเข้าไปในหลอด capillary ขนาดเล็กที่มีการเคลือบสารป้องกันการแข็งตัวของเลือด (heparinised) ไว้ที่ผิวด้านใน ปริมาณ 2/3 ของความยาวหลอด แล้วปิดปลายด้านหนึ่งของหลอดด้วยดินน้ำมัน นำหลอดไปปั่นตกตะกอนที่ความเร็วประมาณ 10,000 รอบต่อนาทีเป็นเวลา 5 นาที คำนวณเปอร์เซ็นต์ฮีมาโตคริตโดยวัดสัดส่วนของเม็ดเลือดแดงอัดแน่นต่อปริมาตรของเลือดทั้งหมด $\text{Percent haematocrit} = (\text{Packed cell volume} / \text{Total blood volume}) \times 100$ ปริมาณเม็ดเลือดแดงและเม็ดเลือดขาวทั้งหมด (Total erythrocyte/leucocyte count)

ดัชนีเม็ดเลือดแดง

ดัชนีเม็ดเลือดแดง (red blood cell indices, blood index) เป็นการคำนวณค่าเฉลี่ยของขนาดและปริมาณและความเข้มข้นของฮีโมโกลบินในเม็ดเลือดแดงจากค่าปริมาตรเม็ดเลือดแดงอัดแน่น ปริมาณฮีโมโกลบิน และจำนวนเม็ดเลือดแดง ค่านี้ถูกนำมาใช้ในการจำแนกภาวะโลหิตจางตามขนาด และการตัดสินใจของเม็ดเลือดแดงตั้งแต่ปี ค.ศ. 1929 โดย Wintrobe แต่เนื่องจากการนับจำนวนเม็ดเลือด - แดงด้วยกล้องจุลทรรศน์มีข้อผิดพลาดสูงดังนั้นค่าดัชนีเม็ดเลือดแดงจึงไม่ถูกนำมาใช้มากนัก ปัจจุบันการนับจำนวนเม็ดเลือดทำได้โดยเครื่องอัตโนมัติเพราะเป็นวิธีที่สะดวก รวดเร็วและมีความถูกต้อง แม่นยำสูง ทั้งยังคำนวณค่าดัชนีเม็ดเลือดแดงให้ด้วยค่าดัชนีเม็ดเลือดแดงจึงเป็นค่าที่มีประโยชน์ในการช่วยประกอบ การวินิจฉัยภาวะโลหิตจาง ได้แก่ ปริมาตรของเม็ดเลือดแดงโดยเฉลี่ย (mean corpuscular volume, MCV), ปริมาณเฉลี่ยของฮีโมโกลบินในเม็ดเลือดแดง (mean corpuscular hemoglobin, MCH) และความเข้มข้นเฉลี่ยของฮีโมโกลบินในเม็ด

เลือดแดง (mean corpuscular hemoglobin concentration , MCHC) ปัจจุบัน เครื่องอัตโนมัติ ได้คำนวณค่า red blood cell distribution width RDW) ซึ่งบอกถึงการกระจายตัวของปริมาตรเม็ดเลือดแดง และในเครื่องอัตโนมัติที่ใช้หลักการ laser light scattering ตัวอย่างเช่น เครื่อง Bayer Advia 120 ยังสามารถวัดค่าเฉลี่ยของฮีโมโกลบินในเม็ดเลือดแดง (cellular hemoglobin concentration mean , CHCM) และ hemoglobin distribution width (HDW) ซึ่งเป็นค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (standard deviation) ของ histogram ของฮีโมโกลบิน ค่าเฉลี่ยต่าง ๆ ของเม็ดเลือดแดงที่เพิ่มขึ้นมาโดยเฉพาะอย่างยิ่งค่า RDW มีผู้นำมาใช้ร่วมกับค่า MCV เพื่อการจำแนกชนิดของภาวะโลหิตจาง

ปริมาตรของเม็ดเลือดแดงโดยเฉลี่ย (mean corpuscular volume , MCV) MCV คือ ค่าเฉลี่ยของปริมาตรเม็ดเลือดแดงที่มีหน่วยเป็น เฟมโตลิตร (femtoliter , fl ; 1 fl = 10⁻¹⁵) ค่าปกติของ MCV 83 -97 fl จำนวนปริมาตรเม็ดเลือดแดงอัดแน่นหารด้วยจำนวนเม็ดเลือดแดง

$$MCV = \frac{Hct (\%) \times 10^{-15}}{Rbc \text{ count } (10^9 / l)}$$

สำหรับในเครื่องนับเม็ดเลือดอัตโนมัติที่ใช้หลักการ aperture impedance MCV จะได้จาก การวัดโดยตรง โดยจะได้จากการเปลี่ยนแปลงของกระแสไฟฟ้า ซึ่งจะแปรผันตรงกับปริมาตรเม็ดเลือดแดงแล้วคำนวณค่าเฉลี่ยโดยตรง ทำให้มีความแม่นยำมากกว่าการคำนวณข้างต้น ถ้าค่า MCV ต่ำกว่า 80 fl แสดงว่าเม็ดเลือดแดงมีขนาดเล็ก (microcyte) แต่ถ้า MCV มีค่าสูงกว่าค่าปกติ จะช่วยประกอบคำวินิจฉัยว่า ผู้ป่วยเป็นโลหิตจางที่มีเม็ดเลือดแดงขนาดใหญ่ (macrocytic anemia)

ปริมาณเฉลี่ยของฮีโมโกลบินในเม็ดเลือดแดง (mean corpuscular hemoglobin , MCH)

MCH คือ ค่าเฉลี่ยของน้ำหนักฮีโมโกลบินที่มีอยู่ในเม็ดเลือดแดง มีหน่วยเป็นพิโคกรัม (picogram , pg ; 1 pg = 10⁻¹² g) ค่าปกติของ MCH 27 - 33 pg คำนวณได้จากปริมาณฮีโมโกลบินหารด้วยจำนวนเม็ดเลือดแดง ค่า MCH ต่ำแสดงว่า เม็ดเลือดแดงมีฮีโมโกลบินน้อยกว่าปกติ (hypochromia)

$$MCH = \frac{Hb (g/dl) \times 10^{-12}}{Rbc \text{ count } (10^9 / l)}$$

ความเข้มข้นเฉลี่ยของฮีโมโกลบินในเม็ดเลือดแดง

(mean corpuscular hemoglobin concentration , MCHC)

MCHC คือ ความเข้มข้นเฉลี่ยของฮีโมโกลบินในเม็ดเลือดแดงมีหน่วยเป็น g / dl หรือ % ค่าปกติของ MCHC 31 - 35 g / dl คำนวณได้จากปริมาณฮีโมโกลบินหารด้วยปริมาตรเม็ดเลือดแดงอัดแน่น

$$\text{MCHC} = \frac{\text{Hb (g/dl)} \times 100}{\text{Hct (\%)}} \text{ g/dl}$$

เครื่องอัตโนมัติที่วัดค่า MCV โดยตรงและคำนวณค่าปริมาตรเม็ดเลือดแดงอัดแน่น ค่า MCHC จะคำนวณจากสูตร

$$\text{MCHC} = \frac{\text{Hb (g/dl)} \times 1000}{\text{MCV (fl)} \times \text{Rbc} (\times 10^9 / l)} \text{ g/dl}$$

ในภาวะโลหิตจางส่วนใหญ่เมื่อเกิดการเปลี่ยนแปลงของขนาดเม็ดเลือดแดง (MCV) มักจะมีความสัมพันธ์กับ MCH ซึ่งเป็นน้ำหนักของฮีโมโกลบินดังนั้นค่า MCHC ซึ่งเป็นสัดส่วนของฮีโมโกลบินและปริมาตร เม็ดเลือดแดงอัดแน่นจึงมักจะปกติ ยกเว้นภาวะโลหิตจางที่มี MCH น้อยลงมากกว่า MCV ที่ลดลงจึงจะทำให้ค่า MCHC ต่ำกว่าปกติ ดังนั้นค่า MCHC จึงมีประโยชน์มากกว่า MCH เพราะค่า MCH เพียงแต่บอกให้ทราบถึงปริมาณฮีโมโกลบินในเม็ดเลือดแดงที่มากขึ้นหรือน้อยลงกว่าปกติเท่านั้นซึ่งแตกต่างจากค่า MCHC ที่ทำให้ทราบถึงความเข้มข้นของฮีโมโกลบินเมื่อเทียบกับ ขนาดเม็ดเลือดแดง และมีความไวต่อภาวะเริ่มขาดเหล็ก MCHC มักจะไม่สูงกว่าปกติ ยกเว้นใน hereditary spherocytosis ซึ่งมักมีค่าไม่เกิน 37 g / dl เนื่องจากค่า MCH และ MCHC เป็นค่าซึ่งค่อนข้างคงที่ จึงมีประโยชน์ในการนำมาใช้ เป็นค่าควบคุมคุณภาพในเครื่องนับเม็ดเลือด อัตโนมัติ ตัวอย่างเช่น Bull' s algorithm (นันทริกา และมนทกานต์ , 2549)

ข้อระวังในการใช้ค่าดัชนีเม็ดเลือดแดง

เนื่องจากการคำนวณดัชนีของเม็ดเลือดแดงต้องใช้ค่าจำนวนของเม็ดเลือดแดง ฮีโมโกลบิน และปริมาตรเม็ดเลือดแดงอัดแน่น ดังนั้นเมื่อค่าใดค่าหนึ่งผิดพลาด ย่อมทำให้ค่าดัชนีต่าง ๆ ผิดพลาด ไป และทำให้ผลไม่ตรงกับรูปร่างเม็ดเลือดแดงในสเมียร์เลือด ค่าดัชนีเม็ดเลือดแดงที่คำนวณจากการ นับเม็ดเลือดแดงกล้องจุลทรรศน์ไม่นิยมใช้เพราะมีความผิดพลาดสูง และทำให้ดัชนีเม็ดเลือดแดงมี coefficient of variation (CV) ประมาณ 10 % ค่าดัชนีเม็ดเลือดแดงที่ได้จากเครื่องนับ เม็ดเลือดอัตโนมัติ จึงเป็นที่นิยมใช้เพราะให้ precision ที่ดีกว่า และค่า CV ต่ำ คือ ประมาณ 1 % ค่า MCV ที่ได้ จากค่าเฉลี่ยของการวัดการเปลี่ยนแปลงของกระแสไฟฟ้าซึ่งจะแปรผันโดยตรงกับปริมาตร เม็ดเลือดแดง ที่วัดโดยเครื่องอัตโนมัติที่ใช้หลักการ impedance จะมีความแม่นยำมากกว่าการคำนวณข้างต้นเนื่องจากไม่มีความผิดพลาดที่เกิดจาก plasma trapped ในการปั่นสีมาโตรีต ดังนั้นข้อควรระวังที่สำคัญจึงควรอยู่ที่การควบคุมคุณภาพ (quality control) ทุกขั้นตอนตั้งแต่การเก็บตัวอย่าง ตรวจ , การเจือจางเลือดเพื่อนับด้วยเครื่อง , ประสิทธิภาพของเครื่อง , น้ำยาที่ใช้ ตลอดจนการรายงานผลและสิ่งซึ่งยังจำเป็นอย่างยิ่งที่สุดก็คือ การเตรียมสเมียร์เลือดที่มีคุณภาพดีเพื่อการตรวจรูปร่างและลักษณะ ของเม็ดเลือดแดงเพราะค่าดัชนีเม็ดเลือดแดงไม่สามารถบอกความผิดปกติของตัวอย่างตรวจที่มี mixed cell population ตัวอย่างเช่น ใน sideroblastic anemia ซึ่งผู้ป่วยจะมีเม็ดเลือดที่เป็นทั้ง hypochromia และ normochromia หรือ ในกรณีที่มีทั้งเม็ดเลือดแดงขนาดเล็ก, ขนาดใหญ่อยู่ร่วมกัน และเครื่องรายงานผลของค่าดัชนีเม็ดเลือดแดงปกติแต่ถ้าเป็นเครื่องอัตโนมัติที่มี histogram แสดงการกระจาย-ตัวของปริมาตรเม็ดเลือดแดง อาจเห็นลักษณะที่มีเส้นโค้งผิดปกติ ทำให้ทราบว่ามี mixed cell population นอกจากนี้การใช้ ดัชนีเม็ดเลือดแดงอาจคลาดเคลื่อนจากที่เป็นจริง ในกรณีที่ผู้ป่วยมีภาวะ hemodilution เพราะจะตรวจพบจำนวนเม็ดเลือดแดง, ฮีโมโกลบิน , ปริมาตรเม็ดเลือดแดง อัดแน่นต่ำกว่าความเป็นจริง เช่นในผู้ป่วยที่บวมมาก ๆ ผู้ป่วยมีม้ามโต เป็นต้น ในทางตรงกันข้าม ผู้ป่วยที่มีภาวะ hemoconcentrationจะทำให้ตรวจพบ relative erythrocytosis ตัวอย่างเช่น ผู้ที่มีภาวะ dehydration , ผู้ป่วยที่เสียพลาสมาออกไปนอกหลอดเลือด ในกรณีที่มีโรคไขเลือดออก (สมพงษ์,2554)

ความเข้มข้นของน้ำตาลในเลือด หรือ ระดับกลูโคสในเลือด คือ จำนวนกลูโคส (น้ำตาล) ที่มีอยู่ในเลือดของมนุษย์หรือสัตว์ โดยปกติในสัตว์เลี้ยงลูกด้วยนม ร่างกายจะควบคุมระดับกลูโคสในเลือดให้อยู่ที่ 3.6 - 5.8 mM (mmol/L, เช่น millimoles/liter) หรือ 64.8 - 104.4 mg/dL. โดยธรรมชาติแล้วร่างกายมนุษย์จะควบคุมระดับน้ำตาลในเลือดอย่างเข้มงวดซึ่งเป็นส่วนหนึ่งของการรักษาสมดุลของร่างกาย (homeostasis)

กลูโคสเป็นแหล่งพลังงานแห่งแรกสำหรับเซลล์ของร่างกาย ส่วนไขมันในเลือดในรูปของไขมันและน้ำมันเป็นแหล่งสะสมพลังงานของร่างกาย กลูโคสจะถูกปล่อยจากลำไส้หรือตับไปยังเซลล์ของร่างกายโดยกระแสเลือดและจะถูกทำให้เหมาะสมสำหรับการดูดซึมของเซลล์โดยฮอร์โมนอินซูลินซึ่งถูกผลิตขึ้นที่ตับอ่อน

ค่าเฉลี่ยของระดับกลูโคสปกติในเลือดมนุษย์อยู่ที่ประมาณ 4 mM (4 mmol/L หรือ 72 mg/dL, เช่น milligrams/deciliter) อย่างไรก็ตาม ค่านี้จะมีค่าผันผวนตลอดทั้งวัน ระดับกลูโคสจะมีระดับต่ำมากในช่วงเช้า ก่อนการรับประทานอาหารมื้อแรก (เรียกว่า "the fasting level") และจะเพิ่มขึ้นหลังจากรับประทานอาหาร

ระดับน้ำตาลในเลือดที่อยู่ในช่วงค่าปกติอาจเป็นตัวบ่งชี้ทางการแพทย์ ระดับที่สูงอย่างเรื้อรังบ่งบอกว่าอยู่ในภาวะระดับน้ำตาลในเลือดสูง (hyperglycemia) และระดับต่ำบ่งบอกว่าอยู่ในภาวะระดับน้ำตาลในเลือดต่ำ (hypoglycemia) โรคเบาหวานจะมีระดับน้ำตาลในเลือดสูงอย่างเรื้อรังซึ่งเกิดได้จากหลายสาเหตุและเป็นโรคที่เป็นที่รู้จักมากที่สุดที่เกี่ยวข้องกับการสูญเสียการควบคุมระดับน้ำตาลในเลือด การเพิ่มขึ้นของระดับน้ำตาลในเลือดอย่างชั่วคราวอาจเกิดจากภาวะเครียดสูง เช่น trauma, โรคหลอดเลือดสมอง, กล้ามเนื้อหัวใจตายเหตุขาดเลือด, ผ่าตัด หรือป่วยการดื่มแอลกอฮอล์จะทำให้ระดับน้ำตาลในเลือดเพิ่มขึ้นและจะลดลงหลังจากนั้น นอกจากนี้ ยาบางชนิดก็มีผลต่อการเพิ่มขึ้นหรือลดลงของระดับกลูโคสด้วย

หน่วย

การวัดระดับน้ำตาลในเลือดในมาตรฐานระดับนานาชาติจะระบุหน่วยเป็นความเข้มข้นโมลาร์ (molar concentration) เช่น mmol/L (มิลลิโมลต่อลิตรหรือมิลลิโมลาร์ ย่อเป็น mM) ในสหรัฐอเมริกาความเข้มข้นโดยมวลถูกวัดในหน่วย mg/dL (มิลลิกรัมต่อเดซิลิตร)

น้ำหนักโมเลกุลของกลูโคส $C_6H_{12}O_6$ อยู่ที่ 180 g/mol โดยประมาณ ดังนั้น ความแตกต่างระหว่างทั้ง 2 หน่วยอยู่ที่ 18 กล่าวคือ 1 mmol/L ของกลูโคสจะเท่ากับ 18 mg/dL

ช่วงค่าปกติ

มีหลายปัจจัยที่ส่งผลกระทบต่อระดับน้ำตาลในเลือด ด้วยกระบวนการรักษาสมดุลของร่างกายจะรักษาระดับน้ำตาลในเลือดให้อยู่ที่ 4.4 - 6.1 mmol/L (82 - 110 mg/dL)

ถึงแม้ว่าระดับน้ำตาลในเลือดจะมีความผันผวนในระหว่างมื้ออาหารหรือการรับประทานคาร์โบไฮเดรตในปริมาณที่มาก แต่ระดับกลูโคสในเลือดของมนุษย์ก็จะถูกควบคุมให้อยู่ในระดับที่ปกติ อย่างไรก็ตาม หลังจากรับประทานอาหารแล้วระดับน้ำตาลในเลือดอาจจะเพิ่มขึ้นเล็กน้อยที่ระดับ 7.8 mmol/L (140 mg/dL) ซึ่งเป็นการเพิ่มขึ้นอย่างชั่วคราวเท่านั้น สมาคมโรคเบาหวานแห่งสหรัฐอเมริกาแนะนำว่าระดับน้ำตาลในเลือดหลังรับประทานอาหารควรจะอยู่ที่ระดับน้อยกว่า 10 mmol/L (180 mg/dl) และ ระดับกลูโคสในพลาสมาก่อนรับประทานอาหารควรอยู่ที่ระดับ 5 - 7.2 mmol/L (90–130 mg/dL).

ปริมาณกลูโคสในเลือดและของเหลวในร่างกายจะมีปริมาณที่น้อยมาก ในชายที่มีสุขภาพดีที่มีน้ำหนัก 75 kg และมีปริมาณเลือด 5 ลิตรนั้นจะมีระดับกลูโคสในเลือดที่ 5.5 mmol/L (100 mg/dL) หรือมีน้ำตาล 5 กรัม ซึ่งเป็นปริมาณที่น้อยกว่าปริมาณน้ำตาลสำหรับกาแฟหรือชาในร้านอาหารของชาวอเมริกันเหตุผลหนึ่งที่ทำให้น้ำตาลมีปริมาณน้อย คือ การรักษาการไหลเข้าของกลูโคสเข้าสู่เซลล์นั้นจะมีเอนไซม์ที่ทำการเปลี่ยนแปลงกลูโคสโดยการเติมหมู่ฟอสเฟตหรือหมู่อื่นๆ เข้าไปยังโมเลกุลของกลูโคส

การควบคุม

การรักษาภาวะสมดุลของร่างกายจะช่วยรักษาให้ระดับน้ำตาลในเลือดอยู่ในช่วงแคบๆ ประกอบด้วยหลายระบบที่ทำงานร่วมกันและการควบคุมฮอร์โมนเป็นสิ่งที่มีความสำคัญมาก

มีฮอร์โมน 2 ชนิดที่ทำงานร่วมกันแบบตรงข้ามซึ่งจะส่งผลกระทบต่อระดับกลูโคสในเลือด

- catabolic hormones เช่น กลูคาгон, cortisol และ catecholamines) จะทำให้ระดับกลูโคสในเลือดเพิ่มมากขึ้น
- anabolic hormone เช่น อินซูลิน จะทำให้ระดับกลูโคสในเลือดลดลง

ผลกระทบต่อสุขภาพ

ถ้าหากระดับน้ำตาลในเลือดต่ำลง อาจส่งผลให้เกิดภาวะที่เรียกว่า ภาวะน้ำตาลในเลือดต่ำ โดยจะมีอาการเฉื่อยชา การทำงานของจิตใจไม่เป็นปกติ หงุดหงิดง่าย ตัวสั่น กล้ามเนื้อแขนขา

อ่อนแรง ผิวน้ำตาล เหงื่อออก หวาระแวงหรือก้าวร้าว และสูญเสียการควบคุมสติ หรืออาจส่งผลกระทบให้สมองเกิดความเสียหายก็เป็นไปได้

แต่ถ้าระดับน้ำตาลในเลือดสูง ความอยากอาหารจะลดลงในช่วงเวลาสั้นๆ และถ้าหากระดับน้ำตาลในเลือดสูงเป็นระยะเวลานานจะส่งผลกระทบต่อสุขภาพต่างๆ ที่เกี่ยวกับโรคเบาหวาน รวมทั้ง ตา ไต โรคหัวใจ และทำลายเส้นประสาท

การส่งเลือดเพื่อตรวจวิเคราะห์

กลูโคสสามารถวัดได้จากในเลือดครบส่วน (whole blood) พลาสมา หรือ ซีรัม ในอดีตการตรวจระดับกลูโคสจะหมายถึงการตรวจในเลือดครบส่วน แต่ในปัจจุบันห้องปฏิบัติการทางการแพทย์โดยส่วนมากจะตรวจจากซีรัมแทน เนื่องจากในเม็ดเลือดแดงนั้นมีความเข้มข้นของโปรตีน เช่น ฮีโมโกลบิน ในระดับที่สูงมากกว่าในซีรัม ในขณะที่ซีรัมนั้นประกอบด้วยน้ำมากกว่า ซึ่งทำให้กลูโคสจะละลายได้ในซีรัมมากกว่าในเลือดครบส่วน ดังนั้น ในการเปลี่ยนค่าระดับกลูโคสในเลือดครบส่วนเป็นระดับกลูโคสในซีรัมหรือพลาสมาให้คูณด้วย 1.15

การเก็บเลือดในหลอดสำหรับแยกซีรัม (clot tubes) เพื่อใช้ในการตรวจทางเคมีคลินิกนั้น กระบวนการเผาผลาญกลูโคสจะยังดำเนินการอยู่โดยเซลล์เม็ดเลือดจนกว่าจะทำการปั่นแยกเสียก่อน ปริมาณเม็ดเลือดขาวและเม็ดเลือดแดงที่สูงผิดปกติสามารถทำให้เกิดกระบวนการ glycolysis ในสิ่งส่งตรวจซึ่งจะมีผลทำให้ระดับกลูโคสที่ได้น้อยกว่าความเป็นจริงได้ หากเราไม่ทำการแยกซีรัมออกมาอย่างรวดเร็ว นอกจากนี้ อุณหภูมิในการเก็บรักษาส่งตรวจก่อนที่จะทำการปั่นเหวี่ยงและแยกซีรัมหรือพลาสมาก็มีผลต่อระดับกลูโคสเช่นกัน โดยถ้าเก็บไว้ในตู้เย็นระดับกลูโคสจะค่อนข้างเสถียรอยู่ได้เป็นเวลาหลายชั่วโมง การสูญเสียกลูโคสในสิ่งส่งตรวจสามารถป้องกันได้โดยใช้หลอดที่ใส่สารฟลูออไรด์ (เช่น หลอดฟาสีเทา) ซึ่งฟลูออไรด์จะทำการยับยั้งการเกิด glycolysis อย่างไรก็ตาม ควรใช้เมื่อต้องทำการขนย้ายสิ่งส่งตรวจจากห้องปฏิบัติการทางการแพทย์หนึ่งไปยังอีกที่หนึ่ง หลอดที่มีฟาสีแดงสำหรับแยกซีรัม หลอดที่มีฟาสีแดงสำหรับแยกซีรัมนั้นก็สามารัรักษาสภาพของกลูโคสได้เช่นกันหลังจากแยกซีรัมออกจากเซลล์แล้ว

การป้องกันการปนเปื้อนของสิ่งส่งตรวจจากของเหลวทดแทนทางหลอดเลือด (intravenous fluids) ควรเก็บเลือดจากแขนที่ตรงข้ามกับแขนที่เสียบสายให้ของเหลวทดแทนทางหลอดเลือดอยู่ หรือถ้าต้องเก็บเลือดจากแขนข้างที่เสียบสาย IV ควรเก็บเลือดหลังจากหยุดการให้ของเหลวทาง IV แล้วเป็นเวลาอย่างน้อย 5 นาทีและยกแขนขึ้นเพื่อให้ของเหลวนั้นระบายออกไปจากหลอดเลือดดำเสียก่อน หากละเลยในข้อนี้จะส่งผลให้ค่าของระดับกลูโคสที่วัดได้มีความผิดพลาดอย่างมาก โดยถ้าเกิดการปนเปื้อนเพียง 10% จาก 5% ของสารละลายกลูโคส (D5W) จะทำให้ระดับกลูโคสที่วัดได้

สูงถึง 500 mg/dl หรือมากกว่า ฟังระลึกไว้เสมอว่าความเข้มข้นของกลูโคสที่แท้จริงนั้นมีระดับที่ต่ำมากถึงแม้จะอยู่ในภาวะน้ำตาลในเลือดสูงก็ตาม

การตรวจระดับกลูโคสก่อนการรับประทานอาหารจากหลอดเลือดแดง หลอดเลือดฝอย และหลอดเลือดดำ จะมีค่าที่ใกล้เคียงกันในแต่ละบุคคล แต่หลังจากรับประทานอาหารแล้วระดับกลูโคสที่ตรวจจากหลอดเลือดดำจะมีค่าต่ำกว่าหลอดเลือดแดงหรือหลอดเลือดฝอยประมาณ 10% (สาริต, 2550)

เทคนิคการตรวจวัด

การตรวจระดับกลูโคสมียุ 2 วิธีหลัก วิธีแรก คือ วิธีทางเคมีที่ใช้ประโยชน์จากคุณสมบัติ *nonspecific reducing* ของกลูโคสซึ่งตัวบ่งชี้จะเปลี่ยนแปลงสีเมื่อเกิดปฏิกิริยาขึ้น วิธีนี้ยังคงมีการใช้อยู่ในบางแห่ง แต่เนื่องจากสารประกอบอื่นๆ ในเลือดก็มีคุณสมบัติ *reducing* ได้ เช่น ยูเรีย ทำให้วิธีนี้สามารถเกิดความผิดพลาดได้ในบางกรณี (ประมาณ 5 - 15 mg/dl) อีกวิธีหนึ่งคือ การใช้เอนไซม์ที่มีความจำเพาะต่อกลูโคส โดยเอนไซม์พื้นฐานที่สุดที่ใช้สำหรับวิธีนี้คือ *glucose oxidase* และ *hexokinase*

การตรวจด้วยระบบสารเคมีโดยทั่วไปจะอยู่ในรูปแบบของแถบตรวจซึ่งสามารถใส่เข้าไปในเครื่องอ่านและหยดลงไป สำหรับรูปร่างของแถบตรวจและการจัดวางองค์ประกอบของเคมีจะแตกต่างกันระหว่างเครื่องอ่านและไม่สามารถใช้ด้วยกันได้ แต่เดิมนั้นแถบตรวจกลูโคสจะถูกอ่านด้วยตาและแปลผลโดยเทียบกับสีข้างขวดใส่แถบตรวจ แถบตรวจชนิดนี้ยังใช้สำหรับการตรวจระดับกลูโคสในปัสสาวะ แต่สำหรับการตรวจกลูโคสในเลือดถือว่าเป็นสิ่งที่ล้าสมัย เนื่องจากอัตราความผิดพลาดของมันค่อนข้างสูง

การตรวจกลูโคสในปัสสาวะเป็นประโยชน์น้อย เนื่องจากในสภาวะการทำงานของไตที่ปกติแล้วเราไม่สามารถตรวจพบกลูโคสได้ การตรวจพบกลูโคสในปัสสาวะนั้นแสดงว่าอยู่ในภาวะระดับกลูโคสสูงอย่างรุนแรงแล้ว นอกจากนี้ ปัสสาวะที่เก็บอยู่ในกระเพาะปัสสาวะนั้นเป็นระดับกลูโคสที่ผลิตขึ้น ณ เวลาใดเวลาหนึ่งเท่านั้นถ้าหากเกิดการเปลี่ยนแปลงทางเมตาบอลิซึมอย่างรวดเร็วการตรวจระดับกลูโคสจากปัสสาวะจึงเป็นการได้ข้อมูลที่ล่าช้าและไม่เป็นประโยชน์สักเท่าไรนัก การตรวจระดับกลูโคสจากเลือดจึงเป็นทางเลือกที่ดีกว่าทั้งในแง่ทางคลินิกและการสามารถตรวจได้เองที่บ้าน ระดับกลูโคสในปัสสาวะของผู้ที่มีสุขภาพดีถูกนำมาใช้เป็นค่ามาตรฐานและตีพิมพ์เป็นครั้งแรกเมื่อ ค.ศ. 1965 โดย Hans Renschler

การตรวจระดับน้ำตาลในเลือด (Fasting Blood Sugar)

เป็นการตรวจเพื่อหาโรคเบาหวาน โดยใช้วิธีการตรวจวัดระดับกลูโคส (น้ำตาล) ในเลือด หลังจากอดอาหารมาก่อน อย่างน้อย 8 ชั่วโมง การมีเบาหวาน หมายถึง มีน้ำตาลในเลือดสูงกว่าปกติ และก่อให้เกิดโรคแทรกซ้อนตามมาได้ ทั้งชนิดเฉียบพลัน และชนิดเรื้อรัง เช่น โรคเบาหวานขึ้นตา โรคไตจากเบาหวาน และนำไปสู่ภาวะไตวาย ซึ่งต้องอาศัยการรักษาด้วยการฟอกเลือด ซึ่งลำบากไม่น้อย เบาหวานยังก่อให้เกิดโรคของหลอดเลือดสมอง โรคอัมพาต และโรคหลอดเลือดหัวใจตีบ และหลอดเลือดของแขนขาตีบ ซึ่งชักนำไปสู่เกิดภาวะแผลหายยาก เนื้อตาย และอาจต้องสูญเสียอวัยวะบางส่วน ในผู้ที่เพิ่งค้นพบว่าเป็นโรคเบาหวาน มีการตรวจพบว่า มีโรคเบาหวานขึ้นตาแล้ว ถึงร้อยละ 20 ซึ่งแสดงว่า คนเหล่านี้เป็นเบาหวานมาแล้วอย่างน้อย 4-7 ปี โดยไม่รู้ตัว ซึ่งคนเหล่านี้ ถ้าทราบว่าตนเองเป็นเบาหวาน และรักษาควบคุมให้ดีก็สามารถป้องกันโรคแทรกซ้อนเหล่านี้ได้ (การี และคณะ, 2552)

ตารางที่ 1 แสดงระดับน้ำตาลในเลือด

ค่าการตรวจเลือด	ผล
110 มก./ดล.	ปกติ
110 - 125 มก./ดล.	มีแนวโน้มเป็นโรคเบาหวาน
≥ 126 มก./ดล.	เป็น โรคเบาหวาน

องค์ประกอบของเลือดและการสร้างเลือด

หน้าที่ของเลือด

ในสัตว์ชั้นสูงร่างกายมีเซลล์จำนวนมาก มีอวัยวะต่างๆ หลายระบบซึ่งแต่ละระบบต้องการสารอาหารเพื่อให้เกิดพลังงานและการเจริญเติบโต ร่างกายจึงมีความจำเป็นต้องขนส่งสารอาหารตลอดจนแก๊สออกซิเจนเพื่อสันดาปสารอาหารให้เกิดพลังงานภายในเซลล์ตัวที่ทำหน้าที่ในการขนส่งนี้คือ เลือด ซึ่งจะไหลเวียนไปทั่วร่างกายเพื่อนำสิ่งที่ร่างกายต้องการใช้เพื่อการดำรงชีวิต และขณะเดียวกันก็นำสิ่งที่ร่างกายไม่ต้องการออกไปขับทิ้ง เลือดจึงเป็นตัวกลางในการขนส่ง สรุปหน้าที่ของเลือดได้ดังนี้

1. ขนส่งแก๊สออกซิเจนโดยไหลเวียนไปตามเส้นเลือดแดงและรับแก๊สคาร์บอนไดออกไซด์จากทุกส่วนของร่างกายไปตามเส้นเลือดดำ และขับทิ้งที่เหงือก
2. ขนส่งสารอาหารจากระบบทางเดินอาหารไปยังส่วนต่าง ๆ ของร่างกายบางส่วนนำไปเก็บสะสมที่ตับไว้ใช้คราวจำเป็น
3. ขนส่งของเสียที่ร่างกายไม่ต้องการไปขับทิ้ง เช่นจากเซลล์ไปยังไต
4. ขนส่งสารบางชนิด เช่น ฮอร์โมน ไปยังเซลล์หรืออวัยวะเป้าหมาย
5. ส่วนประกอบของเลือด

การสร้างเลือด (haematopoiesis)

การสร้างเลือดในสัตว์เลือดอุ่น เม็ดเลือดเกิดจากไขกระดูก ม้าม และต่อมน้ำเหลือง แต่ในปลา มีอวัยวะหลายอย่างทำหน้าที่นี้ ในปลาที่โตเต็มวัยแล้วเม็ดเลือดยังคงเกิดจากไขกระดูกในเส้นเลือด และยังมีบริเวณสร้างเม็ดเลือดจากแหล่งอื่นๆ ด้วย คือ ม้าม โดยม้ามจะแบ่งเป็น 2 ส่วน คือ ส่วนนอก (cortex) มีสีแดง สร้างเม็ดเลือดและเกล็ดเลือด ส่วนใน (medulla) มีสีขาวย สร้างเม็ดน้ำเหลืองและแกรนูโลไซต์ เม็ดเลือดแดงที่หมดอายุจะถูกทำลายในม้ามด้วย เกล็ดเลือดในปลาปากกลม และปลาฉลามจะถูกสร้างในท่อไต ส่วนแกรนูโลไซต์ถูกสร้างจากสับมิวโคซา (submucosa) ของทางเดินอาหาร ตับ อวัยวะสืบพันธุ์และท่อไต ในปลาปอดและปลากระดูกอ่อนยังมีลำไส้ม้วน สร้างเม็ดเลือดขาวอีกหลายชนิด ในปลาฉลามบางชนิด ปลาการ์ และปลาโบว์ฟิน (bowfin, Amia) สามารถสร้างเม็ดเลือดทุกชนิดได้ในเนื้อเยื่อของกระดูกอ่อนของกะโหลกศีรษะ คล้ายกับไขกระดูกของสัตว์ชั้นสูง

การไหลเวียนของเลือด

ระบบเส้นเลือด

เลือดที่ได้รับออกซิเจนจากเหงือกจะไปเลี้ยงส่วนหัวทางเส้น เลือดแดง คาโรติด (carotid artery) และไปเลี้ยงส่วนลำตัวและหางทางคอร์ซอล เอโอตา ในส่วนหางเส้นเลือดนี้จะเปลี่ยนชื่อเป็นคอคอด อาร์ทีรี (caudal artery) และเลือดเสียจะถูกรวบรวมในคอคอด เวน (caudal vein) ทอดอยู่ใต้คอคอด อาร์ทีรี แล้วแยกเข้าสู่ไตทางระบบพอร์ทัล โพรแทล (renal portal system) จากนั้นจะผ่านไปด้านหน้ารับเลือดเสียจากส่วนอื่นๆ ด้วย แล้วเข้าสู่ไซนัส ีโนซัส ซึ่งมีเลือดเสียจากตับ (hepatic vein) ทางเดินอาหารและอวัยวะภายในมาเปิดด้วย แล้วเลือดเสียทั้งหมดจึงเข้าสู่หัวใจและถูกฉีดไปฟอกที่เหงือก แยกนำเข้าสู่เหงือกทางเส้นเลือดแขนง (afferent branchial artery) 3 - 7 คู่ มีการแตกเป็นเส้นเลือดฝอยในเส้นเหงือกฝอยเพื่อแลกเปลี่ยนแก๊ส ปลาฉลามส่วนใหญ่และปลากระดูกแข็งมีเส้นเลือดแขนงนำเข้าเหงือก 4 คู่ เลือดที่ฟอกแล้วจะออกทางเส้นเลือดแขนงส่งออก (efferent branchial artery) แล้วรวมกันเป็นคอร์ซอล เอโอตา แบ่งระบบเส้นเลือดเป็น 2 ระบบ คือ

ระบบเส้นเลือดแดง (arterial system)

เส้นเลือดที่อยู่ในระบบนี้มีทั้งเลือดดีและเลือดเสียผ่าน จึงแบ่งเป็น 3 พวก คือ

- 1.1 ระบบเส้นเลือดที่นำเลือดไปฟอกที่เหงือก เลือดที่อยู่ในระบบนี้เป็นเลือดเสียที่ออกจากหัวใจผ่านเวนทรอล เอโอตา และแยกเข้าสู่เหงือกทางเส้นเลือดแขนง 4 - 5 คู่
- 1.2 ระบบเส้นเลือดที่นำเลือดออกจากเหงือก เลือดดีที่ผ่านการฟอกแล้วจะออกจากเหงือกทางเส้นเลือดแขนงนำออก แล้วรวมกันเป็นเส้นเดียว คือ คอร์ซอล เอโอตา ทอดไปตามยาวของลำตัว และอีกเส้นหนึ่งแยกมาจากแขนงคู่ที่หนึ่งเรียก คาโรติด อาร์ทีรี นำเลือดไปเลี้ยงสมอง
- 1.3 ระบบเส้นเลือดที่นำเลือดไปเลี้ยงส่วนต่างๆ ของร่างกาย คือ คอร์ซอล เอโอตา โดยทอดไปตามยาวของร่างกายใต้กระดูกสันหลัง เมื่อเลยส่วนท้องไปจะเล็กลงกลายเป็นคอคอด อาร์ทีรี (caudal artery) เข้าไปในช่องฮีมอล ของกระดูกสันหลังเหนือคอคอด เวน เส้นเลือดนี้จะมีแขนงแยกไปเลี้ยงส่วนต่างๆ ของร่างกาย ทั้งเส้นเดียวและเส้นคู่ เช่น ไปเลี้ยงบริเวณทางเดินอาหาร อวัยวะสืบพันธุ์ และส่วนของกล้ามเนื้อลำตัว

ระบบเส้นเลือดดำ (venous system)

ระบบเส้นเลือดดำส่วนมากจะไปคู่กับเส้นเลือดแดง โดยเฉพาะในส่วนปลายที่อยู่ตามอวัยวะต่าง ๆ และปลายทางของเส้นเลือดดำทั้งหมดจะส่งเข้าสู่ ไซนัส ีโนซัส ระบบนี้จะมีโพรงรับเลือดหลายแห่ง แบ่งได้ 3 พวก คือ

2.1 เส้นเลือดที่นำเลือดเข้าสู่ไซนัส วิโนซัส ประกอบด้วยเฮพาติก ไซนัส (hepatic sinus) ทำหน้าที่รับเลือดจากตับส่งเข้าไปไซนัส วิโนซัส นอกจากนี้ก็มีคูไวเรียน ไซนัส (cuvierian sinuses) รับเลือดเสียจากลำตัวมาเปิดเข้า

2.2 ระบบเส้นเลือดที่รับเลือดเสียกลับจากกระเพาะอาหาร ม้าม และลำไส้ (hepatic portal system) โดยรวบรวมไว้ในเฮพาติก โพรแทล เวน แล้วไหลเข้าสู่ตับ จากตับไหลเข้าสู่เฮพาติก เวน (hepatic vein) ก่อนเข้าไซนัส วิโนซัส

2.3 ระบบเส้นเลือดที่รับเลือดเสียจากส่วนหาง (renal portal system) ประกอบด้วย คอคคอล เวน ทอดอยู่ในช่องอิมมอล รับเลือดเสียจากส่วนหาง เมื่อถึงไตจะแยกเข้าสู่ไตทางรีนอล โพรแทล เวน (renal portal vein) หลังจากนั้นเลือดจะถูกรวบรวมเข้าสู่โพสท์ การ์ดินอล เวน (post cardinal vein) ไปสิ้นสุดที่คัคต์ ออฟ คูวีย (duct of Cuvier) หรือ คูไวเรียน ไซนัส ก่อนเข้าสู่ไซนัส วิโนซัส การไหลเวียนของเลือดในปลาเป็นระบบปิดและเป็นแบบทางเดียว คือ เลือดที่ไหลเข้าสู่หัวใจจะมีแต่เลือดเสียเพียงอย่างเดียว การไหลเวียนเริ่มจากเลือดเสียถูกฉีดออกจากหัวใจไปตามเส้นเลือดเข้าสู่เหงือกภายในเหงือกเลือดเสียจะรับแก๊สออกซิเจนและถ่ายเทแก๊สคาร์บอนไดออกไซด์ออกไป เลือดดีจะไหลไปตามเส้นเลือดแดง แยกไปเลี้ยงส่วนต่างๆ ของร่างกาย เมื่อเลือดถูกใช้จนเป็นเลือดเสียจะไหลมาตามเส้นเลือดดำกลับสู่หัวใจ

ระบบน้ำเหลือง

ระบบน้ำเหลืองในตัวปลาดัดแปลงมาจากส่วนของเส้นเลือดดำในระบบไหลเวียนโลหิต ระบบน้ำเหลืองนี้มีลักษณะคล้ายกับในสัตว์มีกระดูกสันหลังชนิดอื่น น้ำเหลืองจะถูกเก็บไว้ในท่อเดี่ยวท่อคู่หรือในแอ่งไซนัสที่ไม่เชื่อมต่อกับระบบไหลเวียนโลหิตแต่ในปลาปากกลมจะมีท่อน้ำเหลืองที่สามารถเชื่อมต่อกับระบบเลือดดำปลาปากกลมและปลากระดูกแข็งบางชนิดมีหัวใจ (lymph heart) ที่สามารถบีบหดได้ดีสำหรับทำหน้าที่สูบฉีดน้ำเหลืองโดยเฉพาะ ปลากระดูกอ่อนมีท่อน้ำเหลืองมากมายเช่นกัน แต่ไม่มีแอ่งไซนัสหรือหัวใจสำหรับสูบฉีดน้ำเหลือง

ระบบหมุนเวียนโลหิต

ระบบหมุนเวียนโลหิตของปลา เป็นแบบการไหลเวียนจังหวะเดียว (Single Circulation) คือ เลือดเสียจะถูกบีบออกจากหัวใจ และถูกนำไปฟอกที่เหงือก หลังจากนั้นจะส่งไปหล่อเลี้ยงเซลล์ทั่วร่างกาย โดยเลือดดี ไม่ต้องไหลย้อนกลับมายังหัวใจ เพื่อสูบฉีดออกไปเลี้ยงร่างกาย ซึ่งต่างจากการไหลเวียนโลหิตของสัตว์เลี้ยงลูกด้วยนม ที่เลือดดี เมื่อผ่านการฟอกแล้วและไหลกลับมายังหัวใจ

อีกครั้งหนึ่ง เพื่อสูบน้ำไปยังเซลล์ต่างๆทั่วร่างกาย เราเรียกระบบการไหลเวียนโลหิตแบบนี้ว่า การไหลเวียนแบบสองจังหวะ (Double Circulation)

กำเนิดของเลือดและเส้นเลือด

เส้นเลือดของปลากำเนิดมาตั้งแต่ปลายังเป็นตัวอ่อนที่กำลังมีการพัฒนาอยู่ภายในไข่ เส้นเลือดทำหน้าที่เป็นถนนลำเลียงอาหารและอากาศ รวมทั้งของเสียที่ถูกขับออกจากเซลล์ทั่วร่างกายออกสู่ภายนอก

สำหรับอวัยวะที่ทำหน้าที่สร้างเลือดปลานั้น มีหลายชนิด คือ ม้าม (Spleen), ช่องกระดูก (Bone marrow), เซลล์ในกระดูกสมองปลาฉลาม (Squaliformes) และปลาโบราณ (Chimaeridae), กระดูกของปลากระดูกแข็งและปลาไบร์ฟีน, เซลล์ในท่อทางเดินอาหารของปลาปากกลมและลำไส้เล็กของปลาปอด

ส่วนประกอบของเลือดปลา

เลือดปลามีส่วนประกอบเหมือนกับสัตว์มีกระดูกสันหลังทั่วไป ยกเว้นปลาบางชนิด ซึ่งทั่วไปแล้ว เลือดปลาประกอบด้วย ส่วนที่เป็นของเหลว ได้แก่ น้ำเลือดหรือพลาสมา (Plasma) และส่วนที่เป็นของแข็ง ได้แก่ เม็ดเลือดแดง (Erythrocyte), เม็ดเลือดขาว (Leucocyte) และเม็ดน้ำเหลือง (Lymphocyte) แต่มีปลาบางชนิดที่ไม่มีเม็ดเลือดแดง และไม่มีฮีโมโกลบิน (Haemoglobin) ได้แก่ ปลา Ice-fish ที่อาศัยอยู่ในแถบขั้วโลกใต้ ปลาพวกนี้เลือดจะมีสีใส จากนั้นในลูกปลาไหล (Leptocodile) เลือดก็ไม่มีสี และในปลาที่ไม่ใช่ฮีโมโกลบิน

1. น้ำเลือด (Plasma)

เป็นของเหลวใสสีเหลืองอ่อน มีเกลือแร่ สารอาหารที่ย่อยแล้ว ของเสีย เอนไซม์ แอนติบอดี แก๊ส น้ำเหลือง และฮอร์โมนละลายอยู่หน้าที่ของน้ำเลือด คือ ช่วยละลายเกลือแร่ ดูดซึมอาหารที่ย่อยแล้ว รับของเสียจากเนื้อเยื่อและขับถ่ายอื่น ๆ รวมทั้งเอนไซม์ (Enzyme) แอนติบอดี (Antibody) และก๊าซที่ละลายอยู่

2. เม็ดเลือดแดง (Red blood cell)

ในเม็ดเลือดแดง มีสารที่เรียกว่า ฮีโมโกลบิน (haemoglobin) บรรจุอยู่ ซึ่งเป็นตัวที่ทำให้เม็ดเลือดแดงดูดซึมเอาแก๊สออกซิเจนได้มากกว่าน้ำ เม็ดเลือดแดงมีรูปร่างลักษณะแตกต่างกันไปตามชนิดของปลา ปกติจะมีรูปไข่มีความยาว 7-36 ไมครอน จำนวนของเม็ดเลือดแดงก็ขึ้นอยู่กับชนิดของปลา คือ ปลาที่ว่ายน้ำเร็วจะมีเม็ดเลือดแดงมากกว่าปลาที่ว่ายน้ำช้า เช่น ปลาอินทรีมีเม็ดเลือดแดง 3 ล้านเซลล์ต่อมิลลิเมตร ในขณะที่ปลาทองมี 1.4 ล้านเซลล์ต่อมิลลิเมตร

3. เม็ดเลือดขาว (White blood cell)

เป็นเซลล์ไม่มีสี ส่วนใหญ่มีรูปไข่หรือทรงกลม มีประมาณ 20,000-150,000 เซลล์ต่อ มิลลิลิตร เม็ดเลือดขาวเป็นตัวการสำคัญในการทำลายเชื้อโรคที่เข้าสู่ร่างกาย แบ่งได้หลายชนิดคือ

1. แกรนูโลไซต์ (Granulocyte) มีประมาณ 4-40 % ของเม็ดเลือดขาวทั้งหมด มีเส้นผ่าศูนย์กลางประมาณ 10 ไมครอน มีหลายชนิดขึ้นอยู่กับปฏิกิริยาการติดสีคือ นิวโทรฟิล (Neutrophil) แอซิโดฟิล (Acidophil) และเบโซฟิล (Basophil) โดยที่นิวโทรฟิลมีหน้าที่ย่อยแบคทีเรียที่บุกรุกเข้ามา แอซิโดฟิลจะกินแบคทีเรีย ส่วนเบโซฟิลยังไม่ทราบหน้าที่แน่นอน
2. อะแกรนูลาร์ ลิวโคไซต์ (Agranular leucocyte) มีจำนวนมากที่สุด
3. โมโนไซต์ (Monocyte) มีลักษณะเหมือนอะแกรนูลาร์ แต่มีขนาดเล็กกว่า มีหน้าที่ป้องกันเชื้อโรค
4. เม็ดน้ำเหลือง (Lymphocyte) ช่วยในการสร้างภูมิคุ้มกันให้แก่ร่างกาย (Antibody)
5. พลาสทิน (Thromboplastin) ไปทำปฏิกิริยากับสารในพลาสมาจับกันเป็นร่างแห เม็ดเลือดจะมาติดร่างแหเกิดก้อนแข็งขึ้นอุดรูบาดแผลเป็นการห้ามเลือด เส้นร่างแห จะยึดกับผนังหลอดเลือดและเนื้อเยื่อข้างๆ แล้วหดตัวรัดแน่นทำให้บาดแผลเชื่อมติดกัน (อมพร,2545)

ระบบหมุนเวียนโลหิต

ในสัตว์ที่มีกระดูกสันหลังทุกชนิดมีระบบหมุนเวียนเลือดแบบปิดและมีหัวใจ ตั้งแต่ 2 ห้องคือ พวกลา หัวใจ 3 ห้อง ในพวกกบ หรือสัตว์ครึ่งน้ำครึ่งบกหัวใจ 4 ห้องไม่สมบูรณ์ หรือ 3 ห้องได้แก่ พวกสัตว์เลื้อยคลาน จนถึงพวกนกและสัตว์เลี้ยงลูกด้วยนมมีหัวใจ 4 ห้องสมบูรณ์ การหมุนเวียนเลือดในร่างกาย แบ่งเป็น 2 ระบบ คือ

1.การหมุนเวียนของเลือดผ่านปอด เป็นการไหลเวียนของเลือดจากเอเทรียมขวาไปสู่เวนทริคิลขวาของหัวใจแล้วส่งไปยังปอดเพื่อปล่อย คาร์บอนไดออกไซด์ และรับ ออกซิเจน กลายเป็นเลือดที่มี ออกซิเจน สูง (Oxygenated blood)เลือดออกจากปอดทางเส้นเลือดพัลโมนารีเวนเพื่อส่งเข้าสู่เอเทรียมซ้าย

2.การหมุนเวียนของเลือดผ่านส่วนต่างๆของร่างกาย เป็นการไหลเวียนของเลือดจากเอเทรียมซ้ายลงสู่เวนทริคิลซ้ายแล้วเลือดส่งเข้าอาร์เทอร์รี่ซึ่งจะนำเลือดที่มี ออกซิเจนสูงและอาหารไปเลี้ยงส่วนต่างๆของร่างกายแล้วเลือดจะไหลกลับเข้าสู่ระบบเวนเพื่อส่งกลับเข้าสู่หัวใจเอเทรียมขวา การหมุนเวียนของเลือดทั้ง 2 วงจรนี้ จะเกิดขึ้นต่อเนื่องกันแบบอนุกรมและมีหัวใจเปรียบเสมือนศูนย์กลางโยกระหว่างการหมุนเวียนเลือดภายในร่างกาย บางคนอาจแบ่งให้มีอีกระบบ คือ Portal

system เป็นระบบของเส้นเลือดเวนที่รับเลือดเสียจากเส้นเลือดฝอยแล้วรวมเป็นเส้นเลือดใหญ่ และแตกเป็นเส้นเลือดฝอยอีกครั้งหนึ่ง ตัวอย่างเช่น

- hepatic portal system เกิดจากเส้นเลือดฝอยรับเลือดมาจากทางเดินอาหารเช่น กระเพาะ ลำไส้เล็ก ลำไส้ใหญ่ แล้วรวมเป็นเส้นเลือดใหญ่ที่มีชื่อว่า hepatic portal vein จากนั้นจึงแตกเป็นเส้นเลือดฝอย เข้าตับเพื่อสกัดสารพิษจากอาหาร และสร้างยูเรีย

ระบบหมุนเวียนเลือด ประกอบด้วย 2 ส่วน คือ

1. ส่วนที่เป็นของเหลว มี 55% โดยปริมาตร เรียกว่า น้ำเลือด หรือ พลาสมา(Plasma) ประกอบด้วยน้ำประมาณ 91% นอกนั้นเป็นสารอื่นๆ ได้แก่อาหารต่างๆ เอนไซม์ และแก๊ส น้ำเลือดจะทำหน้าที่ลำเลียงอาหารไปยังเซลล์และนำของเสียรวมทั้งก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์จากเซลล์ไปยังอวัยวะขับถ่ายเพื่อกำจัดออกนอกร่างกาย นักวิทยาศาสตร์ชาวอังกฤษชื่อ วิลเลียม ฮาร์วีย์เป็นผู้ที่พบการค้นพบการหมุนเวียนของเลือด และอธิบายว่าเลือดมีการไหลไปในทิศทางเดียวกัน

2. ส่วนที่เป็นของแข็ง มี 45% โดยปริมาตร ได้แก่

- เซลล์เม็ดเลือดแดง (Red blood cell) รูปร่างค่อนข้างกลมแบน ตรงกลางบุ๋มไม่มีนิวเคลียส มีรงควัตถุสีแดง เรียกว่า ฮีโมโกลบิน (Haemoglobin) ทำหน้าที่ลำเลียงก๊าซออกซิเจนไปยังส่วนต่างๆ ของร่างกายแหล่งที่สร้างเม็ดเลือดแดง คือ ไชกระดูก มีอายุอยู่ประมาณ 110 - 120 วัน หลังจากนั้นจะถูกส่งไปทำลายที่ตับและม้าม เซลล์เม็ดเลือดขาว (White blood cell) รูปร่างกลมมีขนาดใหญ่กว่าเซลล์เม็ดเลือดแดง แต่มีจำนวนน้อยกว่า ไม่มีสี มีนิวเคลียสแหล่งที่สร้างเม็ดเลือดขาว คือ ม้าม ไชกระดูก และต่อมน้ำเหลือง ทำหน้าที่ทำลายเชื้อโรค มีอายุประมาณ 7 - 14 วัน

- เกล็ดเลือดหรือแผ่นเลือด (Blood platelet) ไม่ใช่เซลล์แต่เป็นชิ้นส่วนของเซลล์ มีรูปร่างกลม ไม่มีสี ไม่มีนิวเคลียส มีอายุประมาณ 4 วัน ทำหน้าที่ช่วยในการแข็งตัวของเลือด เส้นเลือด เส้นเลือดแบ่งเป็น 3 ระบบ

1. ระบบอาร์เทอร์รี่ (Artery) คือ ระบบของเส้นเลือดที่มีทิศทางออกจากหัวใจไปปอดและส่วนต่างๆ ของร่างกาย เลือดที่บรรจุอยู่ภายในเป็นเลือดที่มีออกซิเจนสูง มักเรียกว่า เส้นเลือดแดง

2. ระบบเวน (Vein) คือ ระบบเส้นเลือด ที่มีทิศทางออกจากปอดและส่วนต่างๆ ของร่างกาย เข้าสู่หัวใจ เลือดที่บรรจุอยู่ภายในเป็นเลือดที่มีออกซิเจนต่ำ มักเรียกว่า เส้นเลือดดำ

3. ระบบเส้นเลือดฝอย จะอยู่ระหว่างระบบอาร์เทอร์รี่ และระบบเวนจะติดต่อเชื่อมโยงกัน เส้นเลือดฝอย ซึ่งแทรกอยู่ตามส่วนต่างๆ ของร่างกายเป็นบริเวณที่มีการแลกเปลี่ยนอาหาร ก๊าซ สารต่างๆ และของเสียระหว่างเลือดกับเซลล์ของร่างกาย ปอด (lung) พบในสัตว์มีกระดูกสันหลังที่อยู่

บนบกทั่วไปอากาศจากภายนอกจะผ่านเข้าทางรูจมูก ผ่านหลอดลมเข้าสู่ปอด ภายในปอดอากาศจะเข้าไปยังถุงลมเล็กๆ ที่กระจายอยู่ทั่วไป รอบๆ ถุงลมเหล่านี้มีเส้นเลือดฝอยมาล้อมรอบในเม็ดเลือดแดงมีฮีโมโกลบินซึ่งเป็นรงควัตถุที่เกี่ยวข้องกับการหายใจ (respiratory pigment) ทำหน้าที่ลำเลียงออกซิเจนจากถุงลมที่แพร่ผ่านเข้าไปในกระแสเลือดไปยังเซลล์ทั่วร่างกายเพื่อช่วยในการสร้างพลังงานและในการนี้จะปล่อยคาร์บอนไดออกไซด์ ที่เป็นของเสียออกนอกเซลล์และนอกร่างกาย การไหลเวียนเลือดในปลา ปลา มีหัวใจ 2 ห้องโดยเลือดจะ บั้มออกจาก เวนทริเคิล ไปยังเส้นเลือดฝอยบริเวณเหงือกเพื่อแลกเปลี่ยนก๊าซเลือดที่ฟอกแล้วจะออกไปตามระบบเส้นเลือดแดงไปยังเส้นเลือดฝอยเลี้ยงส่วนต่าง ๆ ของร่างกายก่อนที่จะไหลกลับไปตามเส้นเลือดดำเข้าสู่เอเทรียมของหัวใจ (สุภาพ, 2545)



บทที่ 3
เวลาและสถานที่ทำการศึกษาวิจัย

1. สถานที่ทำการทดลอง

- อาคารบุญรอดศุภอุดมฤกษ์ มหาวิทยาลัยแม่โจ้-ชุมพร ต.ละแม อ.ละแม จ.ชุมพร

2. ระยะเวลาการศึกษาวิจัย

- เวลาเริ่มดำเนินการ เดือน พฤษภาคม 2554
- เวลาเสร็จสิ้น เดือน มิถุนายน 2555

3. แผนการดำเนินงาน

ขั้นตอนการศึกษา	พ.ศ. 2554			พ.ศ.2555	
	พ.ค.-ก.ค.	ส.ค.-ต.ค.	พ.ย.-ธ.ค.	ม.ค.-มี.ค.	เม.ย.-มิ.ย.
1.ศึกษาหาข้อมูล	↔				
2.วางแผนการดำเนินงาน	↔				
3.เสนอโครงร่าง ปัญหาพิเศษ	↔				
4.ดำเนินงานตามแผน		↔			
5.สรุปผลการ เปรียบเทียบ			↔		
6.จัดทำรูปเล่ม สมบูรณ์				↔	

อุปกรณ์และวิธีการทดลอง

อุปกรณ์

1.สัตว์ทดลอง

ใช้ปลานิลลูกผสม ขนาด 3 นิ้ว ใส่ตู้ละ 5 ตัว จำนวน 12 ตู้ รวมทั้งหมด 60 ตัว เตรียมน้ำจากน้ำทะเลให้ได้ระดับความเค็ม 0, 15, 30 และ 40 psu. ด้วยสูตร $C_1 V_1 = C_2 V_2$ การคำนวณ ต้องการเตรียมน้ำให้ได้ระดับความเค็มที่ 20 psu. ปริมาตร 30 ลิตร จากน้ำทะเลที่มีความเค็ม 30 psu.

$$C_1 V_1 = C_2 V_2$$

$$30 \times V_1 = 20 \times 30$$

$$V_1 = \frac{20 \times 30}{30}$$

$$V_1 = 20 \text{ ลิตร}$$

ดังนั้นการเตรียมน้ำทะเลที่ระดับความเค็ม 20 psu. จะใช้น้ำทะเล (ความเค็ม 30 psu.) ปริมาตร 20 ลิตร และเติมน้ำจืดเพิ่มอีก 10 ลิตร เตรียมตู้กระจกขนาดความจุ 30 ลิตร สำหรับการอนุบาลปลาตัวเต็ม

2.การเตรียมและเก็บตัวอย่างเลือดปลานิลลูกผสม

จับปลานิลลูกผสม ตู้ละ 1 ตัว จากนั้นสลบปลาด้วย Quinaldine ความเข้มข้น 5 ppm. ทำการเก็บตัวอย่างเลือดโดยการดูดเลือดด้วยเข็มฉีดยาแบบ Monovette ที่เคลือบด้วยสารละลาย EDTA (Ethylene Diamine Tetra Acetic Acid di-Sodium salt) ความเข้มข้น 15 % เพื่อนำไปตรวจหาค่าโลหิตวิทยา และเก็บเลือดใส่หลอดเก็บเลือดที่เคลือบด้วยสารละลาย EDTA เพื่อไม่ให้เลือดแข็งตัวในระหว่างการตรวจเลือด

3.การวิเคราะห์ตัวอย่างเลือดในห้องปฏิบัติการ

3.1 ตรวจวัดค่าฮีมาโตคริต (Haematocrit value) เป็นอัตราส่วนของปริมาตรเม็ดเลือดแดงต่อปริมาตรของเลือดทั้งหมด มีหน่วยเป็นเปอร์เซ็นต์ เนื่องจากเม็ดเลือดแดงมีความถ่วงจำเพาะมากที่สุด สามารถแยกจากส่วนประกอบของเลือดอื่นๆ ได้โดยปั่น (Centrifuge) ที่ใช้ความเร็วสูง ส่วนประกอบของเลือดจะแยกเป็นชั้นๆ ดังนี้

1. Plasma อยู่ชั้นบนสุดมีสีเหลือง
2. Buffy coat เป็นชั้นที่อยู่ถัดมามีสีเทาปนแดง
3. Red blood cell เม็ดเลือดแดงอยู่ชั้นล่างสุดมีสีแดงเข้ม หมายถึง Packed cell volume

วิธีการหาค่าฮีมาโตคริต โดยวิธี Micro-capillary hematocrit method

1. ใช้หลอด Micro-capillary tube ที่มีสาร Heparin สีแดงเคลือบที่ปลายหลอดดูดเลือดเข้าหลอดโดยการเอียงหลอดให้เลือดเข้าไปเกือบเต็มหลอด ให้เลือดอยู่ห่างจากปลายอีกด้านประมาณ 1 เซนติเมตร
2. อุดปลายหลอดข้างที่ว่างด้วยดินน้ำมัน
3. ทำข้อ 1 และ 2 กลุ่มละ 5 หลอด จากนั้นนำไปวางบนจานเครื่องปั่น (Micro-hematocrit centrifuge) ควรวางปลายหลอดด้านที่มีดินน้ำมันอุดให้อยู่ชิดขอบนอกของจาน เพื่อป้องกันหลอดแตก
4. ปิดฝาให้เข้าล็อก และปั่น 1-2 นาที ด้วยความเร็ว 10,000 รอบต่อนาที ปิดเครื่องร่อนเครื่องหยุดเอาหลอดมาเทียบกับ Hematocrit-reader อ่านค่า Packed cell volume

3.2 ตรวจวัดค่าฮีโมโกลบิน (Hemaglobin value) มีหน่วยเป็นกรัมต่อ 100 ml. ของเลือด โดยมีการตรวจวัดค่าด้วยวิธี Sahli-hemoglobinometer ส่วนประกอบของเครื่องมือชุดนี้คือ

- Permanent coloured glass comparative standards
- Graduated tube
- Sahli pipette 2.0 ul
- 0.1 N HCl

วิธีการตรวจวัด

1. หยด 0.1 N HCl ลงใน Graduated tube ประมาณ 5 หยด
2. ใช้ Sahli pipette ดูดเลือดจนถึงขีด 2.0 ul นำเลือดใส่ใน Graduated tube ใช้หลอดแก้วคนทิ้งไว้ 3 นาที เพื่อให้มีการฟอร์ม Acid hematin สีของสารละลายจะเป็นสีน้ำตาล

3. นำ Graduated tube ใส่ Permanent coloured glass comparative standard แล้วค่อยๆหยดน้ำกลั่นลงไปจนสีของสารละลายในหลอดเหมือนสีมาตรฐานที่ใช้เทียบ จากนั้นอ่านค่ากรัมเปอร์เซ็นต์ที่ข้างหลอด

3.3 **ตรวจระดับน้ำตาลในเลือด (Fasting Blood Sugar)** นำเลือดที่เจาะไว้มาหยดลงบนแถบตรวจที่ใส่เข้าไปในเครื่องจากนั้นก็อ่านค่า หน่วยเป็น (mg/dl)

4. การวิเคราะห์ข้อมูล

วิเคราะห์ความแปรปรวนของข้อมูลด้วยโปรแกรมทางสถิติ โดยวิธี One-Way Analysis of Variance (ANOVA) ที่ระดับความเชื่อมั่น 95% ในแต่ละตัวอย่าง และทำการหาค่าเฉลี่ย (Average) และค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน (Standard Deviation) เพื่อใช้อธิบายลักษณะทั่วไปของข้อมูล แล้วนำข้อมูลไปวิเคราะห์ความแตกต่างของค่าเฉลี่ย ด้วย Duncan's new multiple rang test.



บทที่ 4

ผลและวิจารณ์ผลการทดลอง

การศึกษาค่าโลหิตวิทยาของปลานิลลูกผสม (*Oreochromis niloticus* × *O. mossambicus*) ในระดับความเค็มที่ต่างกัน โดยมีระดับความเค็มที่ 0, 15, 30, และ 40 psu. ตามลำดับ

ปริมาณฮีมาโตคริต

ปริมาณฮีมาโตคริตในเลือดปลานิลลูกผสมที่เลี้ยงในระดับความเค็มที่ต่างกัน โดยมีความเค็มในการทดลองอยู่ที่ 0, 15, 30 และ 40 psu. โดยมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 22.04 ± 2.54 , 22.57 ± 7.23 , 23.17 ± 6.19 และ 24.07 ± 6.85 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ (ตารางที่ 2 และภาพที่ 3) โดยพบว่าปลานิลลูกผสมที่เลี้ยงที่ความเค็ม 40 psu. มีปริมาณฮีมาโตคริตสูงที่สุดแต่ ไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P > 0.05$)

จากการทดลองเห็นได้ว่าปริมาณฮีมาโตคริตในเลือดปลานิลลูกผสมที่เลี้ยงในระดับความเค็มที่ต่างกันั้น พบว่าในระดับความเค็มที่ 40psu. ในการเลี้ยงระยะเวลา 30 วันมีค่าเฉลี่ย 30.33 ± 11.72 เปอร์เซ็นต์ และการเลี้ยงระยะเวลา 60 วัน มีค่าเฉลี่ยที่ 17.80 ± 1.98 เปอร์เซ็นต์ ซึ่งระยะเวลา 30 วันจะมีค่ามากกว่าการเลี้ยงระยะเวลา 60 วัน เนื่องจากในช่วงระยะเวลา 30 วันแรกที่ทำกรทดลองนั้นปลาังคงอยู่ในช่วงปรับตัวกับความเค็มของน้ำที่ใช้เลี้ยง ทำให้ปลามีภาวะเครียด เพราะปริมาณฮีมาโตคริตจะบอกถึงความเข้มข้นของเม็ดเลือดแดง ถ้ามีน้อยบ่งบอกภาวะโลหิตจาง, ภาวะเม็ดเลือดข้น, หรือการขาดน้ำ ภาวะขาดน้ำหากเราได้รับน้ำทดแทนไม่ทันเวลา และปริมาณไม่พอก็อาจจะทำให้เกิดภาวะแทรกซ้อนซึ่งอาจจะอันตรายทำให้ปลาตายได้ ภาวะขาดน้ำจะเกิดขึ้นเมื่อร่างกายสูญเสียน้ำอย่างรุนแรง ส่งผลให้ระดับของโซเดียมโพแทสเซียม และคลอไรด์ในร่างกายไม่สมดุลโดยปกติแล้วภาวะขาดน้ำจะเกิดขึ้นเมื่อร่างกายสูญเสียน้ำอย่างรวดเร็ว เมื่อมีการเพิ่มของเม็ดเลือดแดงระดับน้ำเลือดจะลดลง เช่นในภาวะการขาดน้ำ หากระดับฮีมาโตคริตน้อยกว่าปกติซึ่งชี้ภาวะโลหิตจางหรือร่างกาย มีการสร้างเม็ดเลือดลดลงหรือมีการทำลายเม็ดเลือดแดงเพิ่มมากขึ้น นันทริกา และสมหวัง (2550) ซึ่งในสภาวะที่ปลานิลอาศัยอยู่ในน้ำความเค็ม 40 psu. ภายนอกเป็น hypertonic solution สารละลายภายนอกเซลล์มีความเข้มข้นสูง เมื่อเทียบกับความเข้มข้นของสารละลายภายในเซลล์ ดังนั้น ถ้าเซลล์อยู่ในสภาวะที่มีสารละลาย hypertonic solution อยู่ล้อมรอบ เยื่อหุ้มเซลล์จะหดตัวและเหี่ยวแฟบลง เนื่องจากการสูญเสียน้ำออกจากเซลล์

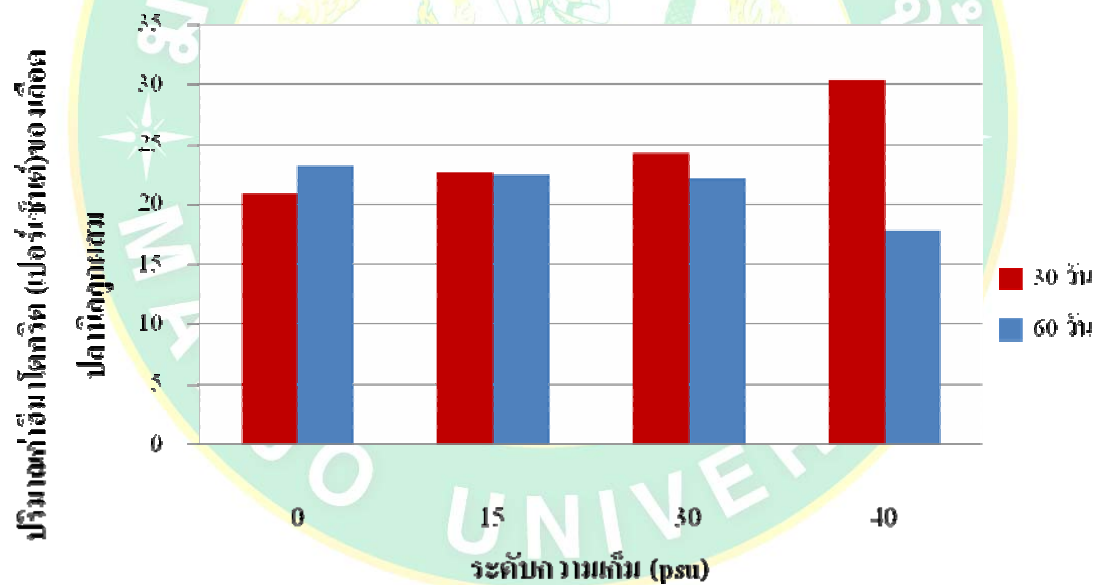
ส่วนภายในร่างกายปลาเป็น hypotonic solution ปลานิสลือกผสมที่วิวัฒนาการมาจากปลาน้ำจืดเข้าไปอยู่ในน้ำที่มีระดับความเค็มสูง ทำให้เลือดเป็น hypotonic solution ต่อน้ำเค็ม หากมีการสูญเสียน้ำออกจากร่างกายก็จะเป็นอันตราย เพราะจะทำให้ปลาสมาเข้มข้นมากเกินไปจนเซลล์และเนื้อเยื่อไม่สามารถมีชีวิต อยู่ได้ สัตว์พวกนี้จึงชดเชยการสูญเสียน้ำ โดยการดื่มน้ำเค็มเพื่อช่วยรักษาระดับของน้ำไว้แต่จะมีปัญหาตามมา ก็คือต้องกำจัดเกลือมากเกินไปออกจากร่างกาย ปลาพวกนี้จะมีเหงือกที่มีคุณสมบัติพิเศษสามารถขจัดเกลือส่วนที่เกินออกไปจึงทำให้ปลากระดูกแข็งพวกนี้ดำรงชีวิตอยู่ในทะเลได้ทั้งที่เลือดเป็น hypotonic solution กับน้ำทะเล



ตารางที่ 2 ปริมาณสีมาโตคริตของเลือดปลานิลลูกผสมที่เลี้ยงในน้ำความเค็มต่างกัน

ปริมาณสีมาโตคริตของเลือดปลานิลลูกผสมที่เลี้ยงในน้ำความเค็มต่างกัน		
ระดับความเค็ม (psu)	ระยะเวลา 30 วัน	ระยะเวลา 60 วัน
0	20.88±2.85 ^a	23.20±2.23 ^a
15	22.63±9.78 ^a	22.50±4.67 ^a
30	24.20±8.41 ^a	22.13±3.97 ^a
40	30.33±11.72 ^a	17.80±1.98 ^a
P-value	0.605	0.399

หมายเหตุ อักษร a ที่เหมือนกันในแนวดิ่ง หมายถึง ไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p>0.05$)



ภาพที่ 3 ปริมาณสีมาโตคริตของปลานิลลูกผสมที่เลี้ยงในน้ำความเค็มต่างกัน

ปริมาณฮีโมโกลบิน

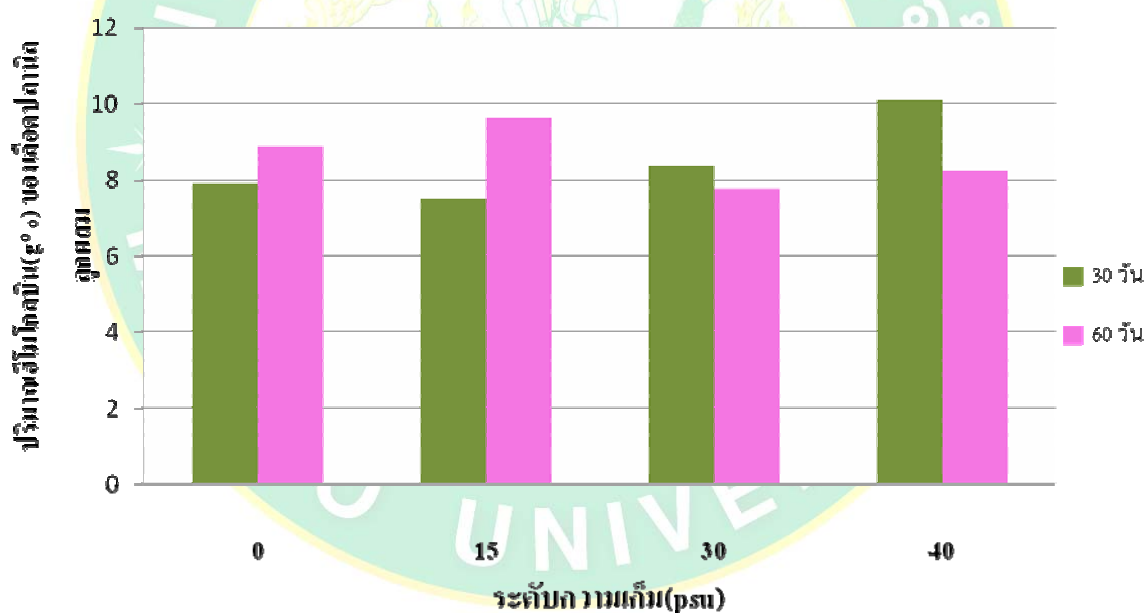
ปริมาณฮีโมโกลบินในเลือดปลานิลลูกผสมที่เลี้ยงในระดับความเค็มที่ต่างกัน โดยมีความเค็มในการทดลองอยู่ที่ 0, 15, 30 และ 40 psu. โดยมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 8.38 ± 1.69 , 8.55 ± 1.99 g% และ 8.07 ± 0.78 , 9.15 ± 0.63 g% ตามลำดับ (ตารางที่ 3 และภาพที่ 4) โดยพบว่าปลานิลลูกผสมที่เลี้ยงที่ความเค็ม 40 psu. มีปริมาณฮีโมโกลบินสูงที่สุดแต่ ไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P > 0.05$)

จากการทดลองเห็นได้ว่าปริมาณฮีโมโกลบินในเลือดปลานิลลูกผสมที่เลี้ยงในระดับความเค็มที่ต่างกันนั้นพบว่าในระดับความเค็มที่ 40 psu. ในการเลี้ยงระยะเวลา 30 วันมีค่าเฉลี่ย 8.36 ± 0.86 g% ซึ่งเป็นปริมาณที่มากกว่าการเลี้ยงระยะเวลา 60 วัน มีค่าเฉลี่ยที่ 8.23 ± 0.14 g% ตามลำดับ เนื่องจากปริมาณฮีโมโกลบินเป็นโปรตีนชนิดหนึ่งที่มีส่วนสำคัญภายในเม็ดเลือดมีหน้าที่สำคัญคือ รับส่งแก๊สออกซิเจนที่ปรับความสมดุลของกรดและเบส เป็นสภาวะที่เลือดมีปริมาณฮีโมโกลบินสูงกว่าปกติ ซึ่งเกิดได้จากหลายสาเหตุ ทำให้มีผลต่อปริมาณฮีโมโกลบิน ศิลป์ชัย (2550) ได้ศึกษาค่าโลหิตวิทยาและปริมาณแร่ธาตุบางชนิดในเลือดปลาแรดที่มีสุขภาพสมบูรณ์แข็งแรง 3 ขนาด คือ ขนาดเล็ก, ขนาดกลาง, ขนาดใหญ่ตามลำดับ ผลการศึกษาค่าโลหิตวิทยา พบว่า จำนวนเซลล์เม็ดเลือดแดง (RBC) และ ค่าฮีโมโกลบิน (HGB) แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P < 0.05$) โดยปลาแรดขนาดใหญ่มีจำนวนเม็ดเลือดแดง และค่าฮีโมโกลบินมากกว่าปลาแรดขนาดกลางและปลาแรดขนาดเล็ก ทำให้ทราบว่าขนาดปลา มีผลต่อปริมาณฮีโมโกลบิน

ตารางที่ 3 ปริมาณฮิวโมกลบินของเลือดปลานิลลูกผสมที่เลี้ยงในน้ำความเค็มต่างกัน

ปริมาณฮิวโมกลบินของเลือดปลานิลลูกผสมที่เลี้ยงในน้ำความเค็มต่างกัน		
ระดับความเค็ม(psu)	ระยะเวลา 30 วัน	ระยะเวลา 60 วัน
0	7.89±1.35 ^a	8.87±2.02 ^a
15	7.49±0.97 ^a	9.60±3.01 ^a
30	8.36±0.86 ^a	7.78±0.69 ^a
40	10.07±1.11 ^a	8.23±0.14 ^a
P-value	0.080	0.700

หมายเหตุ อักษร a ที่เหมือนกันในแนวดิ่ง หมายถึง ไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p>0.05$)



ภาพที่ 4 ปริมาณฮิวโมกลบินของเลือดปลานิลลูกผสมที่เลี้ยงในน้ำความเค็มต่างกัน

ปริมาณน้ำตาลกลูโคส

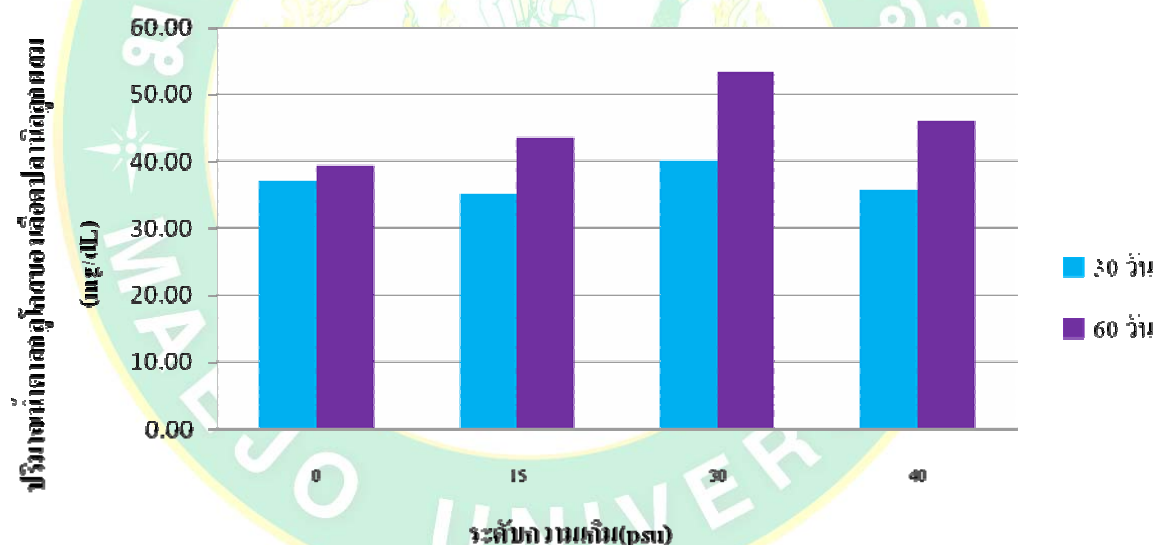
ปริมาณน้ำตาลกลูโคสในเลือดปลานิลลูกผสมที่เลี้ยงในระดับความเค็มที่ต่างกัน โดยมีความเค็มในการทดลองอยู่ที่ 0, 15, 30 และ 40 psu. โดยมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 38.17 ± 19.80 , 39.25 ± 9.40 , 46.67 ± 16.65 และ 40.84 ± 2.24 mg/dL ตามลำดับ (ตารางที่ 4 และภาพที่ 5) โดยพบว่าปลานิลลูกผสมที่เลี้ยงที่ความเค็ม 30 psu. มีปริมาณน้ำตาลกลูโคสสูงที่สุดแต่ ไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P > 0.05$)

จากการทดลองพบว่าปริมาณน้ำตาลกลูโคสในแต่ละระดับความเค็ม ไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P > 0.05$) แต่ในระดับความเค็มที่ 30 psu. จะมีค่ามากที่สุด เนื่องจากการเพิ่มขึ้นของน้ำตาลในเลือดอย่างชั่วคราว อาจเกิดจากภาวะเครียดสูงของปลา มีหลายปัจจัยที่ส่งผลกระทบต่อระดับน้ำตาลในเลือดถึงแม้ว่าน้ำตาลในเลือดจะมีความผันผวนในระหว่างการเลี้ยง แต่เมื่อปลาสามารถปรับสมดุลได้ปริมาณน้ำตาลกลูโคสจะอยู่ในช่วงปกติ แต่ถ้าหากน้ำตาลในเลือดต่ำลงมาก อาจทำให้เกิดภาวะที่เรียกว่าภาวะน้ำตาลในเลือดต่ำ โดยจะมีการเหนื่อยชาไม่เป็นปกติ ตัวซีดและสูญเสียการควบคุมตัว แต่ถ้าระดับน้ำตาลในเลือดสูง ความอยากอาหารจะลดลง ในช่วงระยะเวลาดังกล่าว และถ้าหากน้ำตาลในเลือดสูงเป็นระยะเวลานาน จะส่งผลกระทบต่อสุขภาพต่างๆ (สาธิต, 2550) ทำให้การใช้ น้ำตาลกลูโคสที่เนื้อเยื่อส่วนปลายบกพร่องและมีการผลิตน้ำตาลกลูโคสจากตับเพิ่มขึ้น เป็นผลให้ระดับน้ำตาลสูงในเลือด ยังเป็นปัจจัยส่งเสริมให้มีการผลิตน้ำตาลกลูโคสจากตับเพิ่มขึ้นด้วย และทำให้ระดับน้ำตาลในเลือดสูงขึ้นอีกน้ำตาลกลูโคส คือ นอกจากทำให้เกิดภาวะ rhabdomyolysis แล้ว ยังอาจทำให้ปริมาณ ในเม็ดเลือดแดงลดลงซึ่งจะเป็นผลให้อิโมโกลบินปล่อยออกซิเจนไปสู่เนื้อเยื่อ บกพร่องการเปลี่ยนแปลงอื่นๆ ที่พบบ่อย ได้แก่ ระดับฮีมาโตคริตสูงและค่าความถ่วงจำเพาะของ ปัสสาวะสูงจากภาวะขาดน้ำ นันทริกา และสมหวัง (2550) ศึกษาค่าทางเคมีในเลือดของปลาน้ำจืดใน วงศ์ปลาตะเพียนที่จังหวัดสุพรรณบุรี จำนวน 52 ตัว โดยไม่คำนึงถึงเพศและอายุ ที่เลี้ยงในกระชังตาม ธรรมชาติ โดยใช้ปลา 3 วงศ์ย่อย 8 สายพันธุ์ ผลการศึกษาพบว่า ค่าที่ได้เกือบทุกค่ามีความแตกต่างกัน ระหว่างสายพันธุ์อย่างมาก จึงควรนำผลที่ได้ไปอ้างอิงเพื่อการวินิจฉัยและประเมินสุขภาพในปลา ชนิดเดียวกันเท่านั้น

ตารางที่ 4 ปริมาณน้ำตาลกลูโคส ของเลือดปลานิลลูกผสมที่เลี้ยงในน้ำความเค็มต่างกัน

ปริมาณน้ำตาลกลูโคสของเลือดปลานิลลูกผสมที่เลี้ยงในน้ำความเค็มต่างกัน		
ระดับความเค็ม (psu)	ระยะเวลา 30 วัน	ระยะเวลา 60 วัน
0	37.00±20.22 ^a	39.33±7.37 ^a
15	35.00±8.19 ^a	43.50±10.61 ^a
30	40.00±26.87 ^a	53.33±6.43 ^a
40	35.67±3.06 ^a	46.00±1.41 ^a
P-value	0.986	0.215

หมายเหตุ อักษร a ที่เหมือนกันในแนวนอง หมายถึง ไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p>0.05$)



ภาพที่ 5 ปริมาณน้ำตาลกลูโคสของเลือดปลานิลลูกผสมที่เลี้ยงในน้ำความเค็มต่างกัน

บทที่ 5

สรุปผลการทดลอง

จากผลการทดลองในการหาค่าโลหิตวิทยาของปลานิลลูกผสม ที่มีการเลี้ยงในระดับความเค็มที่ต่างกัน โดยมีความเค็มในการทดลองอยู่ที่ 0, 15, 30 และ 40 psu. ผลจากการทดลองพบว่าที่ระดับความเค็มที่ 40 psu. มีปริมาณฮีมาโตคริต และ ปริมาณฮีโมโกลบินสูงที่สุด มีค่าเท่ากับ 24.07 ± 6.85 เปอร์เซ็นต์ และ 9.15 ± 0.63 g% ตามลำดับ ที่ระดับความเค็ม 30 psu. มีปริมาณน้ำตาลกลูโคสมากที่สุดเท่ากับ 46.67 ± 16.65 mg/dL ซึ่งปริมาณฮีมาโตคริต, ปริมาณฮีโมโกลบิน และ ปริมาณน้ำตาลกลูโคส ในเลือดปลาที่เลี้ยงด้วยความเค็มต่างๆ ไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P > 0.05$) ผลของการศึกษาในครั้งนี้สามารถใช้เป็นข้อมูลพื้นฐานที่สำคัญ ของค่าโลหิตวิทยาของปลานิลลูกผสมที่เลี้ยงให้ระดับความเค็มแตกต่างกัน เมื่อปลาได้รับความเครียด หรือ อยู่ในสิ่งแวดล้อมที่ไม่เหมาะสม ส่งผลให้ค่าโลหิตวิทยาเปลี่ยนแปลงไป สามารถนำมาใช้ในการประเมินสุขภาพปลา และความผิดปกติที่เกิดขึ้นได้



บรรณานุกรม

- กิจการ สุกมาตย์, เยาวนิตย์ คนขชล และ สถาพร ดิเรกบุษราคม. 2540. การศึกษาองค์ประกอบเลือดของปลากะพงขาว (*Lates calcalifer Bloch*). เอกสารวิชาการ การเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำชายฝั่ง. ฉบับที่ 16 หน้า 10.
- กิจการ สุกมาตย์, วัชรินทร์ รัตนชู. 2530. ผลของการเปลี่ยนแปลงความเค็มของน้ำต่อองค์ประกอบเลือดในปลานิล (*Sarotherodon niloticus*). วารสารสงขลานครินทร์. สงขลา: หน้า 471- 477.
- กรมประมง. 2552. การสืบพันธุ์ของพันธุ์ปลานิล. [ออนไลน์]. เข้าถึงเมื่อ : 26 มกราคม จาก <http://www.bestfish4u.com/best-fish-information-nin.php>
- คารี พลนามอินทร์, ลิ่มทอง พรหมดี และวิสุทธิ กังวานตระกูล. 2552. ปัจจัยที่มีผลต่อการประเมิณการควบคุมคุณภาพการตรวจวัดระดับน้ำตาลในเลือดด้วยตนเองในหน่วยปฐม. วารสารเทคนิคการแพทย์ ปีที่ 33 ฉบับที่ 1 (ฉบับเสริม).
- จักรพงษ์ นิละมนต์. 2553. วารสารสวัสดิสัตว์น้ำไทย. ภาควิชาประมง คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยอุบลราชธานี. [ออนไลน์]. เข้าถึงเมื่อ : 12 มกราคม จาก: <http://www.aquatoyou.com/index.php>
- นันทริกา ชันซื่อ และ มณฑกานต์ วงศ์ภากร. 2549. ค่าโลหิตวิทยาและค่าเคมีคลินิกของเลือดปลาหมอในบ่อเพาะเลี้ยงจังหวัดสุพรรณบุรี. วารสารสถาบันสุขภาพสัตว์แห่งชาติ ปีที่ 1 ฉบับที่ 2 หน้า 108-116.
- นันทริกา ชันซื่อ และ สมหวัง พิมลบุตร. 2550. ค่าทางสรีรวิทยาของปลาเสือตอ. วารสารสัตวแพทย์ ปีที่ 58 ฉบับที่ 2.
- นิรุทธิ์ สุขเกษม, จีรพร เรืองศรี และ กิจการ สุกมาตย์. 2548. การศึกษาองค์ประกอบเลือดของปลาหมอไทย. วารสารสงขลานครินทร์ (ฉบับพิเศษ 1) หน้า 419 – 424.
- ประสาร เปรมะสกุล. 2553. คู่มือแปล ผลตรวจเลือด. พิมพ์ครั้งที่ 4 อรุณการพิมพ์, กรุงเทพฯ.
- ประสิทธิ์ศิลป์ ชัยยะวัฒนะ โยธิน. 2552. เทคโนโลยีชาวบ้าน. เทคโนโลยีชาวบ้าน มติชน, กรุงเทพฯ: ปีที่ 21 ฉบับที่ 460.
- พิพัฒน์ เจริญรังสี. 2536. ระบบไหลเวียนเลือด. สรีรวิทยา. คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหิดล. ฤทธิศรีการพิมพ์ กรุงเทพฯ.
- วิชัย จตุรพิตร, น้ำตาลในเลือด. ศูนย์แพทย์อาชีวเวชศาสตร์กรุงเทพ. [ออนไลน์]. เข้าถึงเมื่อ : 12

บรรณานุกรม (ต่อ)

มกราคม จาก: <http://www.phyathai.com/phyathai/new/th/specialcenter>

ศิลป์ชัย มณีชัย. 2550. ค่าโลหิตวิทยาและปริมาณแร่ธาตุบางชนิดในเลือดปลาแรด. กรุงเทพฯ: หน้า 257-264

สุภาพ สุขสีเหลือง. 2554. มินวิทยา. ศูนย์สื่อสารกรุงเทพฯ. กรุงเทพฯ : 568 หน้า.

สมพงษ์ สุวรรณวลัยกร. 2554. ดัชนีเม็ดเลือดแดง. คณะแพทยศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย. กรุงเทพฯ: 271 หน้า.

สาธิต วรรณแสง. 2550. สภาพปัญหาของโรคเบาหวานในประเทศไทย. สมาคมโรคเบาหวานแห่งประเทศไทย. กรุงเทพฯ. พิมพ์ครั้งที่ 1 หน้า 1-16

อมพร ภิฤตวิทย์. 2545. มินวิทยา. โรงพิมพ์ต้นฉบับ. กรุงเทพฯ : 347 หน้า.





ภาคผนวก



ภาพผนวกที่ 1 ตู้ปลาที่ใช้ในการทดลอง



ภาพผนวกที่ 2 ปลานิลลูกผสมที่ใช้ในการทดลอง



ภาพผนวกที่ 3 การเปลี่ยนถ่ายน้ำในการทดลอง



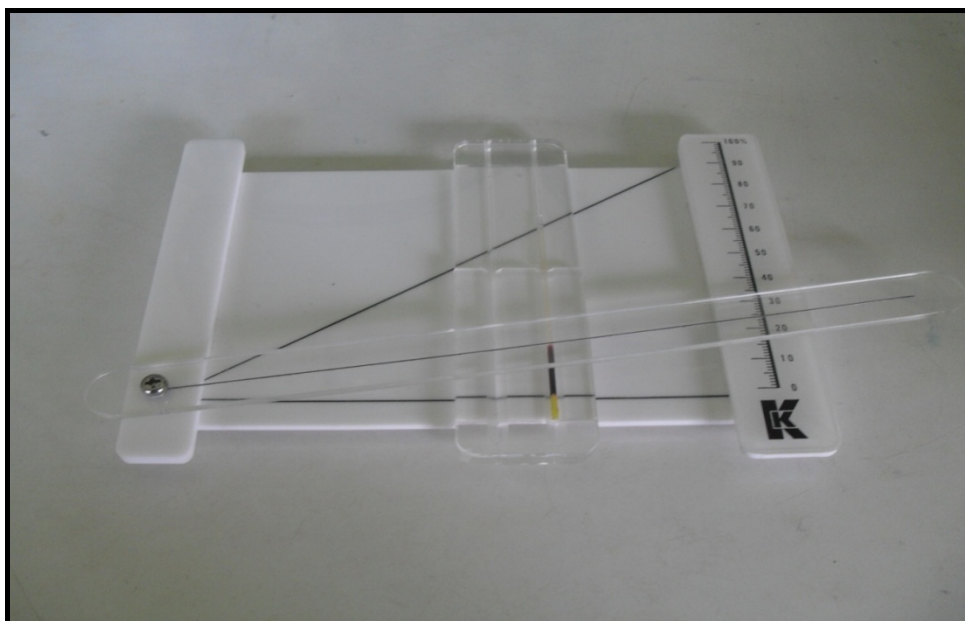
ภาพผนวกที่ 4 สายยางที่ใช้เปลี่ยนถ่ายน้ำ



ภาพผนวกที่ 5 เครื่องเหวี่ยงเม็ดเลือด (Micro-hematocritcentrifuge)



ภาพผนวกที่ 6 หลอด Micro-capillary tube



ภาพผนวกที่ 7 Hematocrit-reader อ่านค่า Packed cell volume



ภาพผนวกที่ 8 การอ่านปริมาณฮีมาโตคริต



ภาพผนวกที่ 9 เครื่องมือตรวจวัดปริมาณฮีโมโกลบิน



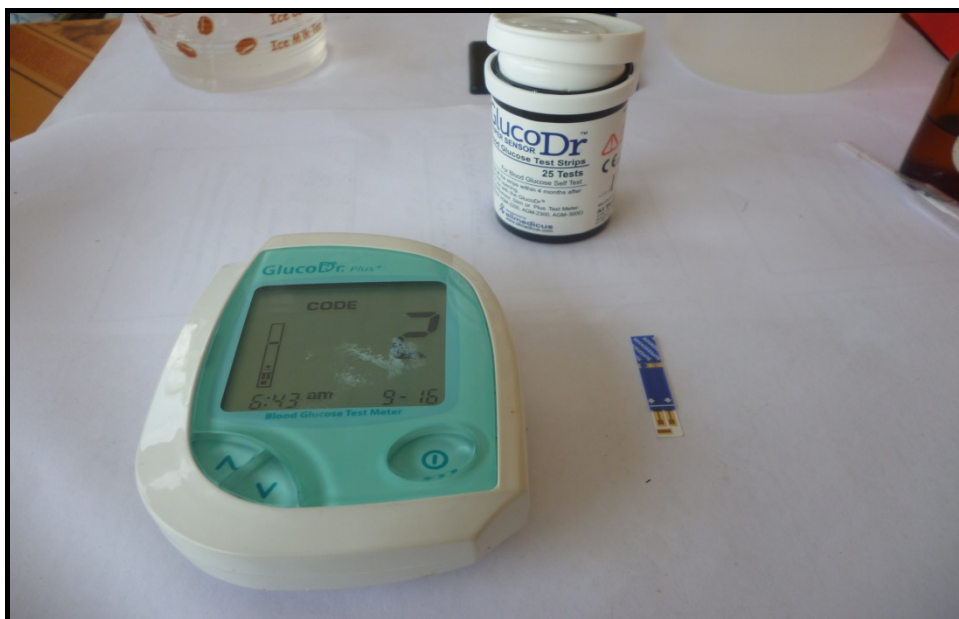
ภาพผนวกที่ 10 การตรวจวัดปริมาณฮีโมโกลบิน



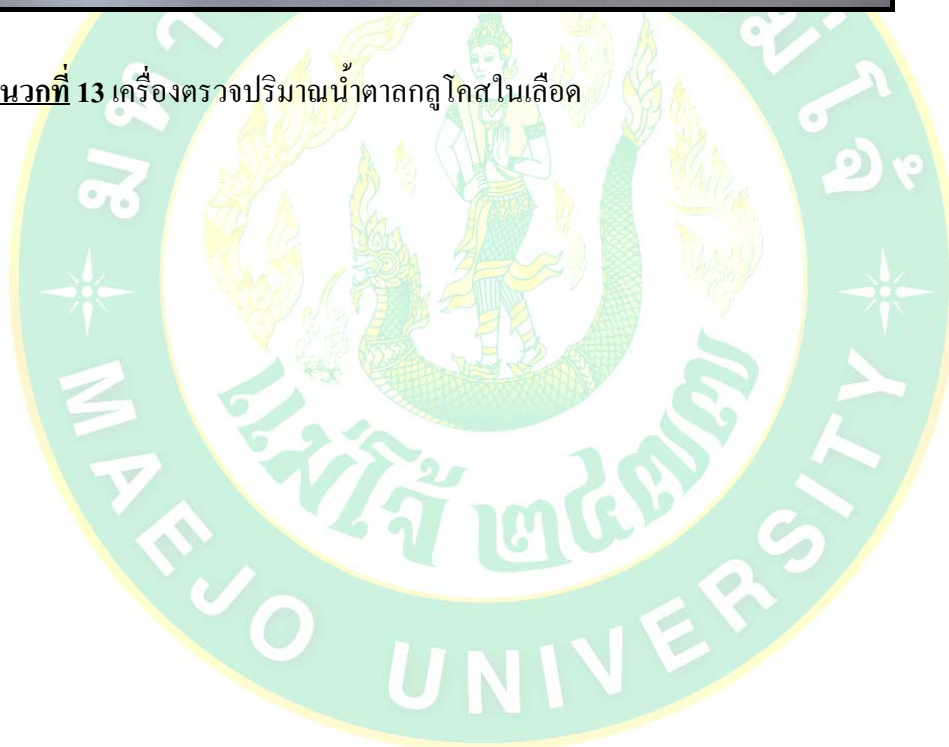
ภาพผนวกที่ 11 การหยด 0.1 N HCl



ภาพผนวกที่ 12 ตูดเลือดปลาใส่ใน Graduated tube



ภาพผนวกที่ 13 เครื่องตรวจปริมาณน้ำตาลกลูโคสในเลือด



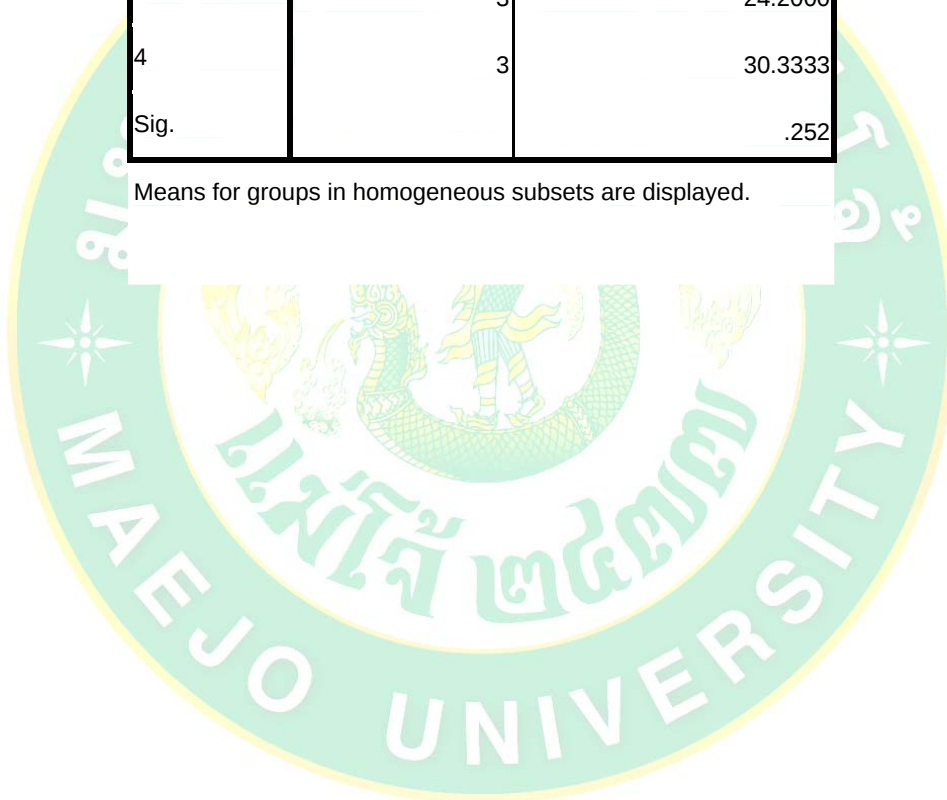
ตารางผนวกที่ 1 ANOVA ค่าโลหิตวิทยาปลานิลลูกผสม

		Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
hema30	Between Groups	152.046	3	50.682	.650	.605
	Within Groups	623.835	8	77.979		
	Total	775.881	11			
hema60	Between Groups	38.997	3	12.999	1.161	.399
	Within Groups	67.167	6	11.194		
	Total	106.164	9			
hemo30	Between Groups	11.616	3	3.872	3.264	.080
	Within Groups	9.489	8	1.186		
	Total	21.105	11			
hemo60	Between Groups	4.504	3	1.501	.494	.700
	Within Groups	18.246	6	3.041		
	Total	22.749	9			
glu30	Between Groups	33.879	3	11.293	.047	.986
	Within Groups	1692.667	7	241.810		
	Total	1726.545	10			
glu60	Between Groups	306.267	3	102.089	2.003	.215
	Within Groups	305.833	6	50.972		
	Total	612.100	9			

ตารางผนวกที่ 2 ค่า Duncan ของปริมาณฮีมาโทคริตในเลือดปลานิลลูกผสมระยะเวลา 30 วัน

treatment	N	Subset for alpha = 0.05
		1
1	3	20.8833
2	3	22.6333
3	3	24.2000
4	3	30.3333
Sig.		.252

Means for groups in homogeneous subsets are displayed.



ตารางผนวกที่ 3 ค่า Duncan ของปริมาณฮีมาโตคริตในเลือดปลานิลลูกผสมระยะเวลา 60 วัน

treatment	N	Subset for alpha = 0.05	
		1	
4	2	17.8000	
3	3	22.1333	
2	2	22.5000	
1	3	23.2000	
Sig.		.143	

Means for groups in homogeneous subsets are displayed.



ตารางผนวกที่ 4 ค่า Duncan ของปริมาณฮีโมโกลบินในเลือดปลานิลลูกผสมระยะเวลา 30 วัน

treatment	N	Subset for alpha = 0.05	
		1	2
2	3	7.4900	
1	3	7.8867	
3	3	8.3567	8.3567
4	3		10.0700
Sig.		.377	.090

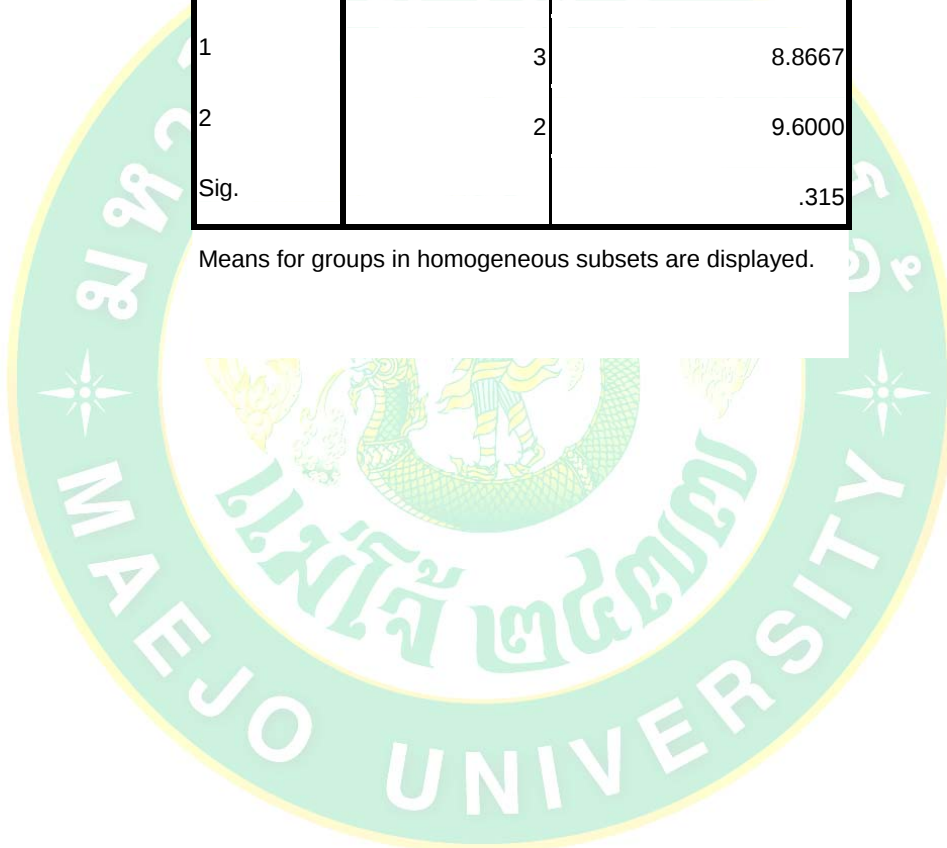
Means for groups in homogeneous subsets are displayed.



ตารางผนวกที่ 5 ค่า Duncan ของปริมาณฮีโมโกลบินในเลือดปลานิลลูกผสมระยะเวลา 60 วัน

treatment	N	Subset for alpha = 0.05
		1
3	3	7.7767
4	2	8.2300
1	3	8.8667
2	2	9.6000
Sig.		.315

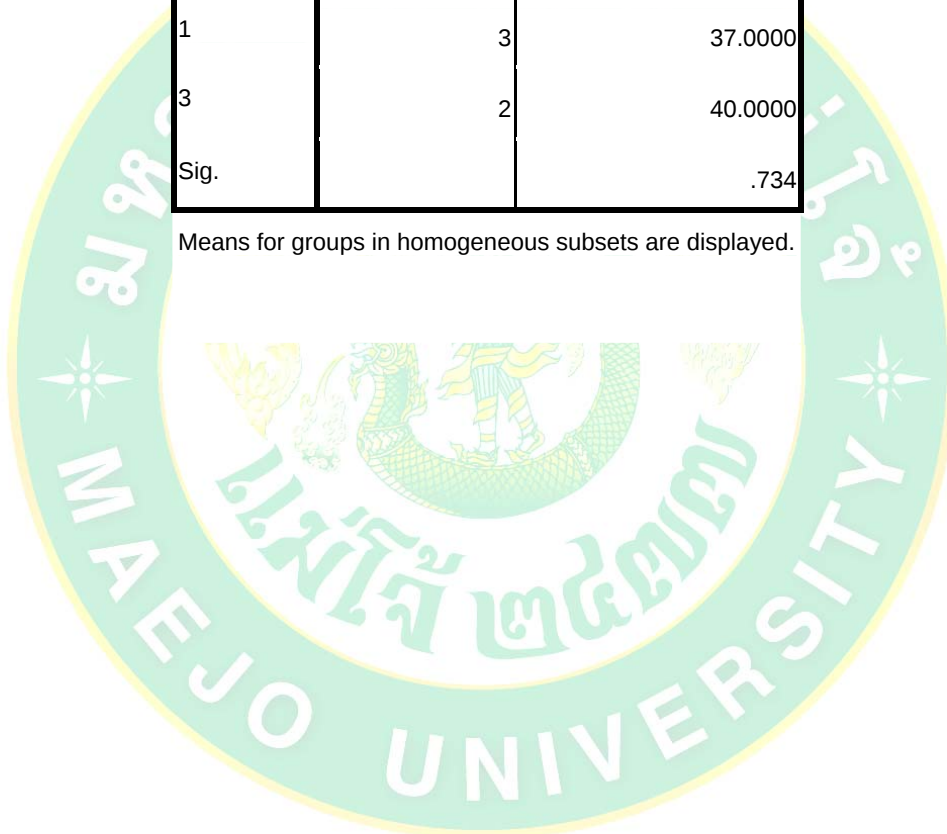
Means for groups in homogeneous subsets are displayed.



ตารางผนวกที่ 6 ค่า Duncan ของปริมาณน้ำตาคลอโรคลในเลือดปลานิลลูกผสมระยะเวลา 30 วัน

treatment	N	Subset for alpha = 0.05
		1
2	3	35.0000
4	3	35.6667
1	3	37.0000
3	2	40.0000
Sig.		.734

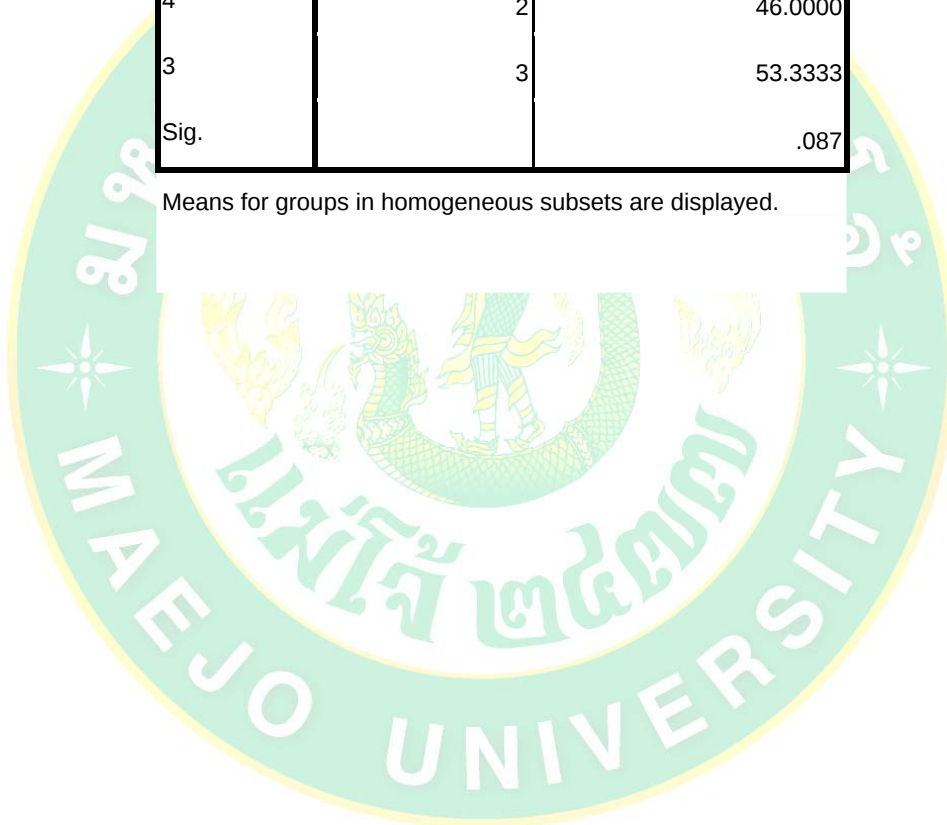
Means for groups in homogeneous subsets are displayed.



ตารางผนวกที่ 7 ค่า Duncan ของปริมาณน้ำตาคลอโรคลในเลือดปลานิลลูกผสมระยะเวลา 60 วัน

treatment	N	Subset for alpha = 0.05
		1
1	3	39.3333
2	2	43.5000
4	2	46.0000
3	3	53.3333
Sig.		.087

Means for groups in homogeneous subsets are displayed.



ตารางผนวกที่ 8 ปริมาณฮีมาโตคริตของเลือดปลานิลลูกผสม

ปริมาณฮีมาโตคริต (เปอร์เซ็นต์) ระยะเวลาการเลี้ยง 30 วัน					ปริมาณฮีมาโตคริต (เปอร์เซ็นต์) ระยะเวลาการเลี้ยง 60 วัน				
ระดับความเค็ม (psu)		ซ้ำที่ 1	ซ้ำที่ 2	ซ้ำที่ 3	ระดับความเค็ม (psu)		ซ้ำที่ 1	ซ้ำที่ 2	ซ้ำที่ 3
0	หลอดที่ 1	20	19	24	0	หลอดที่ 1	25	22	21
	หลอดที่ 2	20	17	25		หลอดที่ 2	23	27	21
	หลอดที่ 3	21	18	24		หลอดที่ 3	21	27	20
	หลอดที่ 4	20	19	22		หลอดที่ 4	24	25	20
	หลอดที่ 5	-	19	25		หลอดที่ 5	25	25	22
	ค่าเฉลี่ย	20.25	18.40	24.00		ค่าเฉลี่ย	23.60	25.20	20.80
	ค่า SD	0.50	0.89	1.22		ค่า SD	1.67	2.05	0.84
15	หลอดที่ 1	19	15	32	15	หลอดที่ 1	28	16	-
	หลอดที่ 2	18	15	35		หลอดที่ 2	30	20	-
	หลอดที่ 3	20	15	35		หลอดที่ 3	25	20	-
	หลอดที่ 4	21	14	33		หลอดที่ 4	20	20	-
	หลอดที่ 5	-	15	33		หลอดที่ 5	26	20	-
	ค่าเฉลี่ย	19.50	14.80	33.60		ค่าเฉลี่ย	25.80	19.20	-
	ค่า SD	1.29	0.45	1.34		ค่า SD	3.77	1.79	-
30	หลอดที่ 1	15	16	31	30	หลอดที่ 1	19	12	27
	หลอดที่ 2	27	16	35		หลอดที่ 2	25	20	27
	หลอดที่ 3	24	16	33		หลอดที่ 3	16	21	26
	หลอดที่ 4	28	17	35		หลอดที่ 4	25	20	28
	หลอดที่ 5	25	15	30		หลอดที่ 5	19	22	25
	ค่าเฉลี่ย	23.80	16.00	32.80		ค่าเฉลี่ย	20.80	19.00	26.60
	ค่า SD	5.17	0.71	2.28		ค่า SD	4.02	4.00	1.14
40	หลอดที่ 1	37	11	37	40	หลอดที่ 1	19	16	-
	หลอดที่ 2	39	15	36		หลอดที่ 2	18	14	-
	หลอดที่ 3	37	20	36		หลอดที่ 3	18	18	-
	หลอดที่ 4	35	20	37		หลอดที่ 4	20	18	-
	หลอดที่ 5	37	18	40		หลอดที่ 5	21	16	-
	ค่าเฉลี่ย	37.00	16.80	37.20		ค่าเฉลี่ย	19.20	16.40	-
	ค่า SD	1.41	3.83	1.64		ค่า SD	1.30	1.67	-

ตารางผนวกที่ 9 ปริมาณฮีโมโกลบินของเลือดปลานิลลูกผสม

ปริมาณฮีโมโกลบิน (g%) ระยะเวลาการเลี้ยง 30 วัน					ปริมาณฮีโมโกลบิน (g%) ระยะเวลาการเลี้ยง 60 วัน				
ระดับความเค็ม (psu)		ซ้ำที่ 1	ซ้ำที่ 2	ซ้ำที่ 3	ระดับความเค็ม (psu)		ซ้ำที่ 1	ซ้ำที่ 2	ซ้ำที่ 3
0	ครั้งที่ 1	8.6	8.6	6.4	0	ครั้งที่ 1	10.2	10	6.6
	ครั้งที่ 2	8.8	8.6	6.4		ครั้งที่ 2	10	10	6.4
	ครั้งที่ 3	8.8	8.6	6.2		ครั้งที่ 3	10	10	6.6
	ค่าเฉลี่ย	8.73	8.60	6.33		ค่าเฉลี่ย	10.07	10.00	6.53
	ค่า SD	0.12	0.00	0.12		ค่า SD	0.12	0.00	0.12
15	ครั้งที่ 1	6.4	7.6	8.6	15	ครั้งที่ 1	11.8	7.6	-
	ครั้งที่ 2	6.6	7.4	8.4		ครั้งที่ 2	11.6	7.4	-
	ครั้งที่ 3	6.6	7.4	8.4		ครั้งที่ 3	11.8	7.4	-
	ค่าเฉลี่ย	6.53	7.47	8.47		ค่าเฉลี่ย	11.73	7.47	-
	ค่า SD	0.12	0.12	0.12		ค่า SD	0.12	0.12	-
30	ครั้งที่ 1	8.6	8.6	9.2	30	ครั้งที่ 1	7	8	8.2
	ครั้งที่ 2	8.6	6.8	9		ครั้งที่ 2	7	8	8.4
	ครั้งที่ 3	8.6	6.8	9		ครั้งที่ 3	7	8	8.4
	ค่าเฉลี่ย	8.60	7.40	9.07		ค่าเฉลี่ย	7.00	8.00	8.33
	ค่า SD	0.00	1.04	0.12		ค่า SD	0.00	0.00	0.12
40	ครั้งที่ 1	11.4	9.2	10	40	ครั้งที่ 1	8	8.4	-
	ครั้งที่ 2	11.2	9	9.8		ครั้งที่ 2	8.2	8.4	-
	ครั้งที่ 3	11.2	9	9.8		ครั้งที่ 3	8.2	8.2	-
	ค่าเฉลี่ย	11.27	9.07	9.87		ค่าเฉลี่ย	8.13	8.33	-
	ค่า SD	0.12	0.12	0.12		ค่า SD	0.12	0.12	-

ตารางผนวกที่ 10 ปริมาณน้ำตาลกลูโคสของเลือดปลานิลลูกผสม

ปริมาณน้ำตาลกลูโคส (mg/dL)ระยะเวลาการเลี้ยง 30 วัน					
ระดับความเค็ม (psu)	ซ้ำที่ 1	ซ้ำที่ 2	ซ้ำที่ 3	ค่าเฉลี่ย	ค่า SD
0	60	22	29	37.00	20.22
15	26	37	42	35.00	8.19
30	21	-	59	40.00	26.87
40	33	35	39	35.67	3.06
ปริมาณน้ำตาลกลูโคส (mg/dL)ระยะเวลาการเลี้ยง 60 วัน					
ระดับความเค็ม (psu)	ซ้ำที่ 1	ซ้ำที่ 2	ซ้ำที่ 3	ค่าเฉลี่ย	ค่า SD
0	31	42	45	39.33	7.37
15	36	51	-	43.50	10.61
30	46	56	58	53.33	6.43
40	47	45	-	46.00	1.41

ประวัติผู้วิจัย

ชื่อ-สกุล : นางสาววาสนา คงวัน
เกิดเมื่อ : วันที่ 28 ธันวาคม 2531
ประวัติการศึกษา : ปวส.วิทยาลัยประมงดินสุตานนท์
: วิทยาศาสตร์บัณฑิต (การประมง)
มหาวิทยาลัยแม่โจ้ – ชุมพร จังหวัดชุมพร
ประวัติการทำงาน : -

VITA

NAME : MISS. WATSANA KONGWAN

DATH OF BIRTH : 28 DECEMBER 1988

EDUCATION : TINSULANONDA FISHERIES COLLEGE

: BACHELOR OF SCIENCE AQUACULTURE OF

FISHERY MAEJO UNIVERSITY AT CHUMPHON

WORK EXPERIENCE : -