บทที่ 2

การทบทวนวรรณกรรม

2.1 เชื้อฟรานซิสเซลลา (*Francisella* spp.)

2.1.1 ลักษณะของเชื้อฟรานซิสเซลลา (*Francisella* spp.)

เชื้อฟรานซิสเซลลา (*Francisella* spp.) เป็นแบคทีเรียแกรมลบ ไม่เคลื่อนที่ มีรูปร่างกลม-แท่ง (coccobacilli) อาศัยอยู่ภายในเซลล์ของสิ่งมีชีวิต (Facultative Intracellular) ประกอบด้วย 2 Lineages คือ *F.tularensis* lineage และ *F.philomiragia* lineage. เชื้อฟรานซิสเซลลาสามารถพบได้ในสัตว์เลี้ยงลูกด้วยนม และสัตว์จำพวกปลา หอย กุ้ง กั้ง และเห็บอีกด้วย (Soto et al., 2010 ; Kamaishi et al., 2010) เชื้อ *F.tularensis* ก่อให้เกิดโรคไข้กระต่าย (Tularemia) ในสัตว์เลี้ยงลูกด้วยนมและยังถูกนำมาใช้เป็นอาวุธชีวภาพ (Sjosted, 2005) โดยสามารถติดต่อมายังมนุษย์ได้ (Zoonosis) สำหรับเชื้อฟรานซิสเซลลาที่ก่อโรคในปลาจัดอยู่ใน *F.philomiragia* lineage โดยแบ่งเป็น 2 ชนิดคือ *F.noatunensis* subsp. *noatunensis* (Fnn) ก่อโรคในปลาเขตหนาว และ *F.noatunensis* subsp. *orientalis* (Fno) ก่อโรคใน ปลาเขตอุ่น (Birkbeck et al., 2007) โดยเชื้อสามารถก่อโรคได้ในปลาค็อดแอตแลนติก, three-lined grunt, Salmonids, Hybrid striped bass, *Ornamental cichilds* และ Tilapia (Nile Tilapia ; *Oreochromis niloticus* และ Red tilapia ; *Oreochromis* spp.) (Soto et al., 2010 ; Soto et al., 2012 ; Jantrakajorn and Wongtavatchai, 2016) เชื้อฟรานซิสเซลลาพบการระบาดได้ทั่วโลกทั้งทวีปเอเชีย ยุโรป และอเมริกากลางและใต้ (Leal et al., 2014) (ภาพที่ 1) โดยเชื้อฟรานซิสเซลลาถูกพบครั้งแรกในปลานิลที่ประเทศไต้หวัน (Chern and Chao, 1994) ต่อมาพบในปลา Grouper, *Epinephelus melanostigma* ในฟาร์มเพาะเลี้ยงประเทศไต้หวันเช่นกัน (Chen et al., 2000) ปีค.ศ. 2002 พบในปลา tree-lined grunt, *Parapristipoma trilinineatum* ประเทศญี่ปุ่น (Fukuda et al., 2002) ในปีค.ศ. 2003 พบเชื้อฟรานซิสเซลลาในฟาร์มปลานิลประเทศฮาวาย (Mauel et al., 2003) หมู่เกาะประเทศอเมริกา (Mauel et al., 2005) กลุ่มประเทศลาตินอเมริกา (Mauel et al., 2007) และประเทศคอสตาริกา (Mikalsen and Colquhoun, 2009) จากนั้นมีการพบเชื้อชนิดนี้ในฟาร์มปลานิลประเทศอังกฤษ (Jeffrey et al., 2010) ล่าสุดในปี ค.ศ. 2013 มีการรายงานพบการติดเชื้อในปลานิลแดงที่เลี้ยงในประเทศไทย (Nguyen et al., 2015)

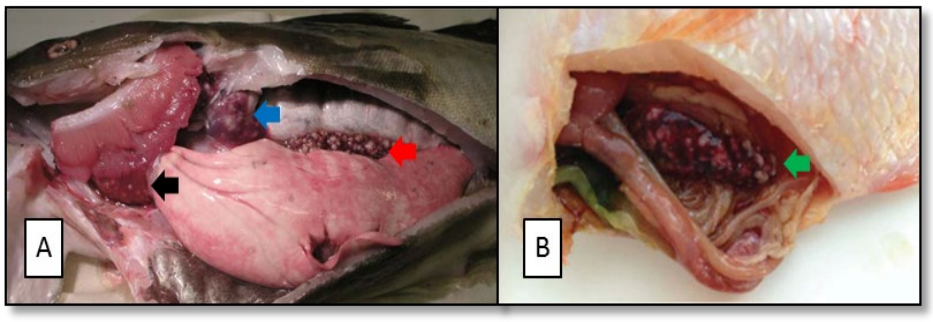
ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

ภาพที่ 1 แสดงการกระจายตัวของโรคฟรานซิสเซลโลซิสทั่วโลก (Circle : Fno, Star : Fnn) (Adapted form Dong et al., 2015)

2.1.2 อาการและรอยโรค

ปลาที่ติดเชื้อและป่วยด้วยโรคฟรานซิสเซลโลซิส (Francisellosis) มักพบในปลาระยะตัวอ่อน (Fry) และ Fingerling (Leal et al., 2014) โดยจะแสดงอาการป่วยหลังจากได้รับเชื้อภายในเวลา 7-14 วัน (อรรถพล, 2553) โดยโรคฟรานซิสเซลโลซิสก่อให้เกิดอาการแบบฉับพลันร่วมกับการแสดงอาการทางคลินิกที่ไม่จำเพาะ (Non-Specific Clinical Sign) (Soto et al., 2010) ปลาที่ติดเชื้อจะแสดงอาการผอมแห้ง ไม่กินอาหาร อยู่กับที่ไม่ว่ายน้ำ ตาโปน ลำตัวมีสีเข้มขึ้น พบจุดเลือดออก แผลหลุมตามลำตัว และโลหิตจาง (Ottem et al., 2008 ; Soto et al., 2010 ; Colquhoun and Duodu, 2011) โดยมีอัตราการตายสูงถึง 95% (Soto et al., 2010 ; Leal et al., 2014) เมื่อผ่าซากดูพบลักษณะก้อนแกรนูลสีขาวกระจายทั่วอวัยวะภายในของปลา (ภาพที่ 2) เช่น ตับ ม้าม และไต ร่วมกับการขยายใหญ่ของอวัยวะดังกล่าว นอกจากนั้นสามารถพบเชื้อได้ในหัวใจ ระบบสืบพันธุ์ของปลา กล้ามเนื้อ สมอง และตา (Colquhoun and Duodu, 2011) และเมื่อตรวจชิ้นเนื้อทางจุลพยาธิวิทยาพบลักษณะการอักเสบแบบ Multifocal Granulomatous (Olsen et al., 2006 ; Soto et al., 2009) ร่วมกับการพบลักษณะแบคทีเรียอยู่ภายใน (Ottem et al., 2008)

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved



ภาพที่ 2 แสดงลักษณะรอยโรค (gross lesions) ของเชื้อฟรานซิสเซลลาในปลา
(ภาพ A : Nylund et al., 2006 ภาพ B : Jantrakajorn and Wongtavatchai, 2016)

2.1.3 การติดต่อ

ช่องทางการแพร่กระจายของเชื้อฟรานซิลเซลลาเป็นไปได้อย่างรวดเร็ว (อรรถพล, 2553) โดยปลาติดเชื้อผ่านทางสิ่งแวดล้อมในน้ำและจากปลาที่มีเชื้ออยู่ทั้งในน้ำเค็มและน้ำจืด (Fukuda et al., 2002) การแพร่กระจายของเชื้อฟรานซิลเซลลา จะมากขึ้นเมื่อปลาอาศัยอยู่ร่วมกับปลาที่มีเชื้ออยู่ ในปลาค็อดอาจได้รับเชื้อโดยตรงจากการสัมผัสกับน้ำทิ้งจากถังปลาที่มีเชื้ออยู่ และมีการรายงานว่าอุณหภูมิของน้ำมีผลโดยตรงกับการพัฒนาเกิดโรคฟรานซิสเซลโลซิส ในปลาค็อดการติดเชื้อ Fnn ต่ำลงเมื่ออุณหภูมิของน้ำลดต่ำลง (น้อยกว่า 4 องศาเซลเซียส) ส่วนการเกิดโรคจะเพิ่มขึ้นเมื่ออุณหภูมิของน้ำเพิ่มขึ้น ในขณะที่การติดเชื้อ Fno จะปรากฏอยู่ในช่วงอุณหภูมิระหว่าง 20-28 องศาเซลเซียส (Ostland et al., 2006) และจะเพิ่มอัตราการตายมากขึ้นเมื่ออุณหภูมิมากกว่า 15-30 องศาเซลเซียสในปลานิล (Chern and chao, 1994) มีการพบเชื้อ Fno จากลำไส้ของปลาค็อดแอตแลนติก ซึ่งอาจจะเป็นการบ่งบอกว่าการแพร่ผ่านเชื้อนี้สามารถผ่าน ทางอุจจาระของปลาที่ติดเชื้อได้ด้วย (Mikalsen et al., 2009) และได้มีการวินิจฉัยเชื้อ Fno จากไข่ปลาค็อดแอตแลนติกซึ่งพบว่าเชื้อนี้อาจส่งผ่านทางไข่ได้ (Karlsbakk et al., 2008)

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

2.1.4 การวินิจฉัย

2.1.4.1 การตรวจโดยใช้วิธีจุลพยาธิวิทยา

การวินิจฉัยการติดเชื้อฟรานซิสเซลลา ทำได้โดยสังเกตจากลักษณะ ร่วมกับการส่งชิ้นเนื้อที่เป็นรอยโรคเหล่านั้นมาตรวจโดยวิธีจุลพยาธิวิทยาซึ่งมักเห็นการเปลี่ยนแปลงของอวัยวะโดยพบก้อนเนื้อแกรนูลหลายขนาดแต่ต้องมีการวินิจฉัยแยกแยะจากโรคอื่นๆที่ทำให้เกิดก้อนแกรนูโลมาด้วยเช่นกัน และอาจพบลักษณะของแบคทีเรียแกรมลบภายในก้อนแกรนูลได้ การตรวจด้วยวิธี Formalin-Fixed Paraffin Embedded Tissue (FFPE) เป็นหนึ่งในวิธีที่นิยมใช้ในการตรวจวินิจฉัยโรคในปลาการปรากฏในจุลพยาธิวิทยาสามารถอธิบายถึงการเปลี่ยนแปลงเนื้อเยื่อที่เกิดขึ้นหลังได้รับเชื้อ

หากปลาได้รับเชื้อฟรานซิลเซลลาเข้าไปจะแสดงลักษณะการอักเสบแบบ Granulomatous ร่วมกับการเกิดก้อนแกรนูลจำนวนมาก อาจพบของเหลวอยู่ภายในเซลล์ของก้อนแกรนูล พบการขยายใหญ่ของเซลล์แมคโครฟาจคล้ายลูกโป่ง และสามารถพบ Fibroblast และ Leukocytes ได้ ก้อนแกรนูลอาจแสดงลักษณะของเนื้อตายอยู่ภายใน อาจพบการตายของเซลล์กระจายเป็นจุดๆ หรือพบลักษณะเส้นเลือดอักเสบในอวัยวะที่ติดเชื้อพร้อมกับเห็นเซลล์ที่มีนิวเคลียสก้อนเดียวแทรกอยู่ (Mauel et al., 2007) อาจพบหรือไม่พบลักษณะของแบคทีเรียแกรมลบแทรกอยู่ รอยโรคดังกล่าวอาจสังเกตได้ในหลายอวัยวะ หรือเนื้อเยื่อ (Nylund et al., 2006) และมีการรายงานว่าหากมีการติดเชื้อรุนแรงเชื้อสามารถเข้าไปในสมองได้ (Mauel et al., 2007)

2.1.4.2 การเพาะแยกเชื้อแบคทีเรียฟรานซิลเซลลา

มีการแนะนำให้ใช้อาหารที่จำเพาะต่อเชื้อ (Specific Media) โดยนิยมใช้อาหารเลี้ยงเชื้อชนิด Cysteine Heart Agar (CHA) และผสมเลือดแกะความเข้มข้น 10% และยา Polymixin B ขนาด 100 unit/ml (CHAB) (Soto et al., 2009) อุณหภูมิที่เหมาะสมในการเพาะเชื้อ Fno คือ 28 องศาเซลเซียส (Soto et al., 2009) ในขณะที่เชื้อ Fnn คือ 22 องศาเซลเซียส (Nylund et al., 2006) และเชื้อทั้งสองชนิดนี้สามารถโตได้ในอุณหภูมิ 15-19 องศาเซลเซียส แต่ไม่สามารถโตได้ในอุณหภูมิที่สูงกว่า 30 องศาเซลเซียส แต่ Fnn จะมีการโตได้ไม่ดีในอุณหภูมิดังกล่าว (Mikalsen and Colquhoun, 2009) อุณหภูมิที่ดีที่สุดในการโตของ Fnn อยู่ในช่วงระหว่าง 15-19 องศาเซลเซียส และมันไม่สามารถโตได้หากอุณหภูมิสูงกว่า 30 องศาเซลเซียส มีการกล่าวว่าองค์ประกอบของอาหารเลี้ยงเชื้อและอุณหภูมิในระดับต่างๆมีความสัมพันธ์กับการโตของเชื้อ อุณหภูมิที่เหมาะสมในการเพาะเชื้อฟรานซิลเซลลาในปลาอยู่ในช่วงระหว่าง 22-25 องศาเซลเซียส (Colquhoun and Duodu, 2011) ในด้านการเพาะเลี้ยงใน Cell-Culture สามารถทำได้แต่อาจเป็นวิธีที่ยุ่งยากและซับซ้อนเกินไป อย่างไรก็ตามมีการประสบความสำเร็จในการทำ Cell-Culture สำหรับการเพาะเลี้ยง Fnn ในไตส่วนหน้าของปลาแซลมอนและไตของปลาแซลมอนแอตแลนติก(Nylund et al., 2006) และมีการประสบความสำเร็จในการเพาะเลี้ยง Fno จากปลานิลใน Chinook Salmon Embryo (Hsieh et al., 2006)

2.1.4.3 การตรวจด้วยวิธีอณูชีววิทยา (Universal PCR combined with DNA sequencing)

เป็นวิธีที่ใช้มากที่สุด โดยการเพิ่มจำนวน DNA และหาลำดับของยีนส์ที่มีความสัมพันธ์กับ 16S rRNA วิธีการตรวจหาดังกล่าวถูกนำมาใช้ในการวิเคราะห์หาสาเหตุการเกิดโรคฟรานซิสเซลโลซิสในปลาค็อดแอตแลนติก, ปลาแซลมอนแอตแลนติก, ปลานิล, ปลากระพง, Three-lined grunt และใน หอยเป๋าฮื้อ ด้วยลักษณะทางการก่อโรคของเชื้อฟรานซิลเซลล่า และเชื้อ

F.philomiragia มีความคล้ายคลึงและใกล้เคียงกันมากทำให้มีการพัฒนาวิธีการตรวจที่จำเพาะเจาะจงเพื่อให้สามารถวินิจฉัยได้อย่างถูกต้องและแม่นยำ การใช้ Specific PCR ในการตรวจหาเชื้อในสกุลฟรานซิสเซลลาในปลาร่วมกับการทำ Real-time PCR เพื่อตรวจหา 16S rRNA gene และเริ่มมีการใช้เทคนิค PCR ร่วมกับการใช้ Loop-Mediated Isothermal Amplication (LAMP) ในการตรวจหา Fno (Caipang et al., 2010) ซึ่งข้อดีก็คือไม่ต้องการความร้อนมากในการทำงาน และเหมาะสมในการใช้แบบทั่วไป (Berrada and Telfrd, 2010) และในปัจจุบันมีการพัฒนาวิธี Duplex PCR สำหรับการตรวจหาเชื้อฟรานซิสเซลลา (*Francisella* spp) และ Fno ในปลานิลแดง (Dong et al., 2016)

2.1.5 การรักษาและป้องกัน

เนื่องจากแบคทีเรียฟรานซิลเซลลา เป็นแบคทีเรียต้องอาศัยอยู่ภายในเซลล์ มีการแพร่กระจายของเชื้อได้ง่าย ก่อให้เกิดอัตราการป่วยสูง ก่อให้เกิดความรุนแรงในปลา ทำให้การรักษาด้วยยาปฏิชีวนะไม่ใช่ทางเลือกที่ดีในการรักษา ซึ่งทางที่ดีควรเป็นการควบคุมและป้องกันมากกว่า แต่อย่างไรก็ตามมีการรายงานการรักษาโดยใช้ Oxytetracycline ขนาด 10-14 mg/kg โดยผสมอาหารเป็นเวลา 10-14 วัน (Chern and Chao, 1994) หรือ แช่ในน้ำที่มีส่วนผสมของยา Oxytetracycline ขนาด 200-700 mg/l เป็นเวลา 6 ชั่วโมง (Klinger-Bowen et al., 2013) และในปัจจุบันยังไม่มีวัคซีนที่สามารถใช้ป้องกันเชื้อฟรานซิลเซลล่าในปลาได้ ถึงแม้จะมีการพัฒนามาหลายครั้งก็ตาม เช่นการพัฒนาการผลิตวัคซีนที่ใช้ในปลานิลซึ่งได้ผลเป็นที่น่าพอใจ แต่ยังไม่มีระดับนัยสำคัญว่าวัคซีนที่ผลิตนี้สามารถใช้ป้องกันการเกิดโรคได้ (Colquhoun and Duodu, 2011)

การป้องกันโรคที่ดีที่สุดคือการกักโรค (quarantine) ก่อนเข้าฟาร์ม รวมถึงการสุ่มตรวจโรคในปลาโดยใช้วิธีเพาะเชื้อแบคทีเรีย หรือตรวจโดยวิธีอณูชีววิทยาเพื่อคัดกรองเชื้อฟรานซิสเซลลาและเชื้ออื่นในปลาก่อนจะนำมาเลี้ยงในฟาร์ม (Klinger-Bowen et al., 2013)

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

2.2 ความชุกของการติดเชื้อฟรานซิสเซลลา

ความชุก คือ จำนวนหรือขนาดของโรคที่มีอยู่ในขณะที่ทำการศึกษา โดยวัดจากสัดส่วนของจำนวนสัตว์ทุกรายที่อยู่ในกลุ่มประชากรที่เป็นโรคในช่วงเวลาที่กำหนด (พิพัฒน์, 2556) ค่าความชุกของโรคสามารถใช้วัดขนาดการเกิดโรคหรือปัญหาในประชากร ใช้ศึกษาโรคที่ไม่สามารถระบุระยะเวลาเริ่มต้นของอาการป่วย ประมาณจำนวนสัตว์ที่มีอาการป่วยอยู่ทั้งหมด และช่วยอธิบายการเกิดโรคในช่วง ณ จุดหนึ่งของเวลา เพื่อจัดการออกแบบการศึกษาวิจัย และควบคุมโรคในระยะยาว ความชุกใช้อธิบายความน่าจะเป็นที่สัตว์ตัวหนึ่งที่ถูกเลือกจากการสุ่มจากประชากรที่มีความเสี่ยงต่อการเกิด (นิวัตร, 2551) ความชุกสามารถคำนวณได้ตามสูตรดังนี้ (ภาพที่ 3)

$$\text{ความชุก} = \frac{\text{จำนวนสัตว์ป่วยหรือเป็นโรคในประชากร ณ จุดเวลาที่กำหนด}}{\text{จำนวนสัตว์ทั้งหมดในประชากรสัตว์ ณ จุดเวลาเดียวกัน}}$$

ภาพที่ 3 แสดงสูตรการคำนวณความชุก (พิพัฒน์, 2556)

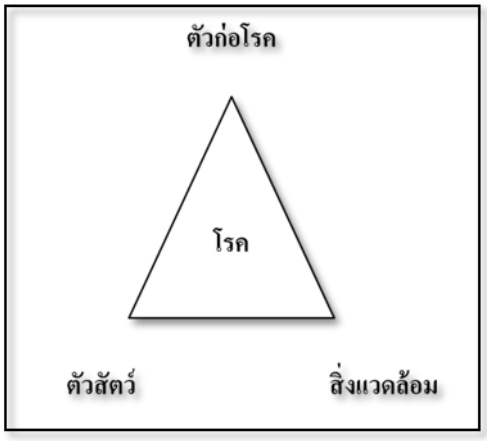
การศึกษาความชุกของการติดเชื้อฟรานซิสเซลลาในปลาเริ่มมีการศึกษาในปี 2004 มีการรายงานค่าความชุกของเชื้อในจีนัสฟรานซิสเซลลาในปลาค็อดแอตแลนติก (Atlantic cod ; *Gadus morhua*) ที่เลี้ยงในแหล่งน้ำ ประเทศสวีเดน โดยใช้วิธีการศึกษาทางจุลพยาธิวิทยาโดยพบค่าเท่ากับ 20% (Alfjorden et al., 2006) ซึ่งมากกว่าการศึกษาค่าความชุกของเชื้อ *Francisella piscicida* ในปลา ค็อดแอตแลนติกที่อยู่ตามแหล่งน้ำประเทศนอร์เวย์โดยวิธี Quantitative Polymerase Chain Reaction (qPCR) ที่มีค่าความชุกเท่ากับ 7-10% (Ottem et al., 2008) และนอกจากนั้นมีการศึกษาค่าความชุกเชื้อ Fno ในปลาตระกูล *Oreochromis* spp.ที่เพาะเลี้ยงในเกาะโอวาฮู รัฐฮาวาย ประเทศอเมริกาโดยใช้วิธี Polymerase Chain Reaction (PCR) พบค่าความชุกอยู่ที่ 0-67 % (Klinger-Bowen et al, 2013) และล่าสุดมีการรายงานการศึกษาความชุกของเชื้อ *F.noatunensis* subsp. *orientalis* (Fno) ในปลา *Oreochromi niloticus* ที่ประเทศบราซิลโดยใช้วิธี PCR พบค่าความชุกอยู่ระหว่าง 0-88.66% การศึกษาทางด้านความชุกของการเกิดโรคฟรานซิสเซลโลซิสยังมีข้อมูลไม่มากพออาจเนื่องมาจากยังเป็นโรคอุบัติใหม่หรือนักวิจัยส่วนใหญ่มุ่งเน้นไปที่ค้นหาวิธีการตรวจสอบโรค สำหรับประเทศไทยมีเพียงรายงานพบการติดเชื้อฟรานซิสเซลลาในปลานิลแต่ยังไม่มีการศึกษาถึงความชุกของการติดเชื้อหรือหาปัจจัยที่มีผลต่อการติดเชื้อฟรานซิสเซลลาในปลานิลแดงที่เลี้ยงในกระชัง

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University

2.3 ปัจจัยที่มีผลต่อการติดเชื้อฟรานซิสเซลลาในปลา

ปัจจัยที่มีอิทธิพลต่อการเกิดโรค คือ ลักษณะหรือปัจจัยใดก็ตามที่มีผลกระทบต่อสุขภาพของประชากรสัตว์ (นิวัตร, 2551) การศึกษาทางระบาดวิทยาเป็นการศึกษาการเกิด และการกระจายตัวของโรค โดยวัตถุประสงค์ของการศึกษาระบาดวิทยาคือการศึกษาหาปัจจัยที่เกี่ยวข้องกับการเกิดโรค (ภาวิน, 2550) การเกิดและการแพร่กระจายของโรคในกลุ่มประชากรขึ้นอยู่กับสมดุลระหว่างปัจจัย 3 ประการ คือ ตัวสัตว์ (Host) สิ่งก่อโรค (Agent) และสิ่งแวดล้อม (Environment) (ภาพที่ 4) ซึ่งมักจะเรียกรวมกันว่า ตัวแปรสามทางระบาดวิทยา (Epidemiological Triads) ซึ่งในสภาวะสมดุลระหว่างปัจจัยทั้ง 3 ประการดังกล่าวจะไม่เกิดโรคหรือการระบาดของโรคในฝูงสัตว์ แต่หากปัจจัยใดปัจจัย

หนึ่งมีการเปลี่ยนแปลงทำให้สมดุลระหว่าง 3 ปัจจัยดังกล่าวเสียไปทำให้เกิดการระบาดของโรคในประชากรได้



ภาพที่ 4 ตัวแปรสามทางระบาดวิทยา (Epidemiological Triads) (พิพัฒน์, 2556)

สำหรับการศึกษาปัจจัยที่มีผลต่อการติดเชื้อฟรานซิสเซลลามีรายงานหลายปัจจัยด้วยกัน ไม่ว่าจะเป็นด้านคุณภาพน้ำ ตัวปลา รวมถึงการจัดการเลี้ยงดูดังต่อไปนี้

อุณหภูมิของน้ำ (Temperature)

พบว่าอุณหภูมิของน้ำมีผลต่อการติดเชื้อฟรานซิสเซลลาในปลา (Chern and chao, 1994; Ostland et al, 2006; Mauel et al, 2007; Leal et al, 2014) โดยรายงานว่าเมื่ออุณหภูมิของน้ำอยู่ในช่วง 22-28 องศาเซลเซียสส่งผลให้เกิดโรคฟรานซิสเซลโลซิสในปลา และเมื่ออุณหภูมิของน้ำสูงกว่า 30 องศาเซลเซียสจะไม่พบการติดเชื้อ ส่วนในปลานิล (*O.niloticus*) พบการระบาดของโรคเมื่ออุณหภูมิของน้ำอยู่ระหว่าง 21.5-26.3 องศาเซลเซียส และเมื่ออุณหภูมิของน้ำอยู่ระหว่าง 26.5-29.2 องศาเซลเซียสจะไม่พบอัตราการตายในปลาดังกล่าว (Ostland et al, 2006; Mauel et al, 2007) ซึ่งสอดคล้องกับการรายงานในประเทศไทยที่พบการระบาดของเชื้อ ฟรานซิสเซลลาในปลานิล (*O.niloticus*) เมื่อเข้าสู่ฤดูหนาว (เดือนพฤศจิกายนถึงกุมภาพันธ์) ที่มีอุณหภูมิอยู่ในช่วง 24-27 องศาเซลเซียส และไม่พบการระบาดของโรคเมื่ออุณหภูมิอยู่ในช่วง 30-31 องศาเซลเซียส (Jantrakajorn and Wongtavatchai 2016)

ภาวการณ์ขาดออกซิเจนอย่างเรื้อรัง (Chronic Hypoxia)

การศึกษาการติดเชื้อร่วมกันระหว่างเชื้อ *Streptococcus agalactiae* และ Fno ในฟาร์มปลานิล (*O.niloticus*) ที่ประเทศบราซิล พบว่ามีปัจจัยด้านคุณภาพน้ำมีผลต่อการติดเชื้อ กล่าวคือเมื่อปลาอยู่ในสภาวะขาดออกซิเจนอย่างเรื้อรังร่วมกับการลดลงของอุณหภูมิน้ำเป็นปัจจัยส่งเสริมให้เกิดการติดเชื้อดังกล่าวร่วมกันได้ (Assis et al., 2017)

ช่วงอายุ (Life Stage)

มีรายงานพบว่าปลาในระยะ Fry และ Fingerling จะมีความรุนแรงต่อการติดเชื้อมากกว่าปลาในระยะอื่นๆ (Soto et al, 2009; Leal et al, 2014) ซึ่งสอดคล้องกับการรายงานในการศึกษาการตรวจหาเชื้อ Fno ในปลานิล (*O.niloticus*) ประเทศบราซิลด้วยวิธี Real-Time PCR ที่พบการติดเชื้อฟรานซิสเซลลาในปลาระยะ Fingerling ที่มีน้ำหนักตัวอยู่ที่ 3-30 กรัม (Sebastioa et al., 2017) นอกจากระยะดังกล่าวแล้วยังมีรายงานการพบในระยะอื่นด้วยโดยในประเทศไทยพบการระบาดของเชื้อฟรานซิสเซลลาของปลานิล (*O.niloticus*) ในปลาระยะวัยรุ่น (Juveniles) ที่มีน้ำหนักตัวมากกว่า 10 กรัมถึง 1 กิโลกรัมโดยในระยะดังกล่าวพบอัตราการตาย 10-60 เปอร์เซ็นต์ (Jantrakajorn and Wongtavatchai 2016) และพบในปลาระยะก่อนโตเต็มวัย (Subadults) ที่มีน้ำหนักตัวอยู่ที่ 150-500 กรัม (Sebastioa et al., 2017) อีกด้วย

การปล่อยปลาลงเลี้ยงอย่างหนาแน่น (Stocking Density)

มีการศึกษาพบว่าการปล่อยปลาอย่างหนาแน่นส่งผลต่อการติดเชื้อและการแพร่กระจายเชื้อฟรานซิสเซลลาในปลาได้ (Sebastiao et al., 2017)

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved