เชียงใหม่สัตวแพทยสาร 2554; 9(3): 235-244

บทความรับเชิญ (Invited review article)

โรคจุดขาวในปลาน้ำจืด

Freshwater white spot disease

สุรชัย พิกุลแก้ว

ภาควิชาคลินิกสัตว์บริโภค คณะสัตวแพทยศาสตร์
มหาวิทยาลัยเชียงใหม่ จังหวัดเชียงใหม่

E-mail address: s.pikul@chiangmai.ac.th

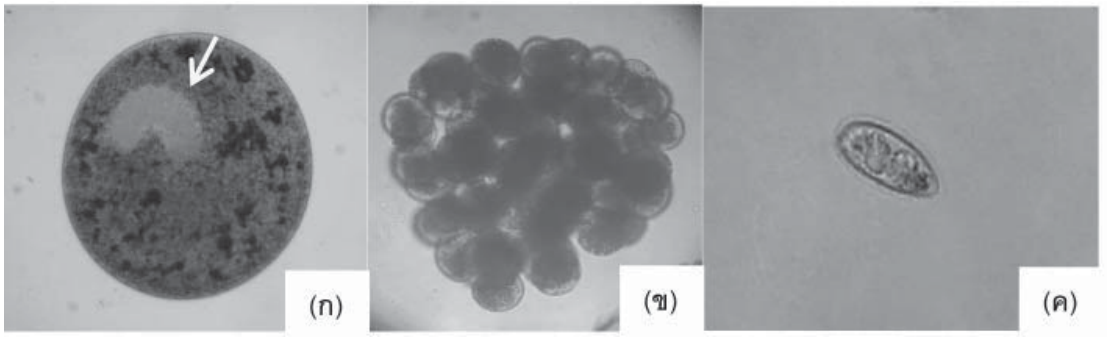
การเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำในประเทศไทยสร้างมูลค่ามากมาย ไม่ว่าจะเป็นการเลี้ยงเพื่อการบริโภคหรือการเลี้ยงเพื่อสวยงาม แต่ปัญหาในการเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำที่สำคัญคือ ปัญหาด้านโรคต่างๆ ไม่ว่าจะเป็นโรคที่เกิดจากเชื้อไวรัส เชื้อแบคทีเรีย หรือเชื้อปรสิตซึ่งส่งผลเสียหายต่อการเลี้ยงและผลิตสัตว์น้ำ โรคจุดขาวในปลาน้ำจืดจัดเป็นโรคปรสิตชนิดหนึ่งที่มีความรุนแรงและพบได้บ่อยในประเทศไทย เมื่อเกิดการระบาดอาจก่อให้เกิดความสูญเสียอย่างมาก โดยเฉพาะในปลาที่มีมูลค่า ผู้เขียนได้ทำการเรียบเรียงข้อมูลพื้นฐานและความก้าวหน้าในการศึกษาวิจัยในปัจจุบันของเชื้อที่ก่อโรคจุดขาวในปลาน้ำจืด ทั้งนี้เพื่อประโยชน์กับสัตวแพทย์หรือนักวิชาการที่เกี่ยวข้องกับการเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำ

สมุฏฐานวิทยา

เชื้อ *Ichthyophthirius multifilis* (*I. multifilis*) เป็นโปรโตซัวชนิด holotrichous ใช้ซีเลียในการเคลื่อนที่ อยู่ในไฟลัม ciliophora ก่อให้เกิดโรคจุดขาวในปลาน้ำจืด (freshwater white spot disease, ichthyophthiriosis หรือ ICH) พบการแพร่กระจายได้ทั่วโลก โปรโตซัวชนิดนี้มักก่อโรคที่เหงือกและผิวหนังของปลา โดยสามารถก่อโรคในกับปลาน้ำจืดทุกชนิด แต่ปลาที่ไวต่อการติดเชื้อมักเป็นปลาที่ไม่มีเกล็ด เช่น กลุ่มปลาดุก และกลุ่มปลาหมู[1] เชื้อ *I. multifilis* มีกายสัณฐานวิทยา วงชีพ และพยาธิกำเนิดของโรคคล้ายคลึงกับเชื้อโปรโตซัว *Cryptocaryon irritans* ที่ก่อโรคจุดขาวในปลาทะเล

วงชีพ

วงชีพของเชื้อประกอบด้วยสามระยะ คือ 1.ระยะการกินหรือเรียกระยะ trophozoite 2.ระยะการแบ่งตัวหรือเรียกระยะ tomont และ 3.ระยะการติดเชื้อหรือเรียกระยะ theront (รูปที่ 1 ก, ข และ ค ตามลำดับ) โดยเชื้อระยะการกินมักก่อโรคโดยฝังตัวที่ผิวหนังหรือเยื่อบุเหงือกของปลา ทำให้พบลักษณะจุดขาวขนาดเล็กกระจายทั่วผิวหนังหรือเยื่อบุผิวเหงือก โดยเชื้อระยะนี้จะมีลักษณะกลม มีซีเลียรอบตัว เคลื่อนที่หมุนรอบตัวเองตลอดเวลา อาจพบ



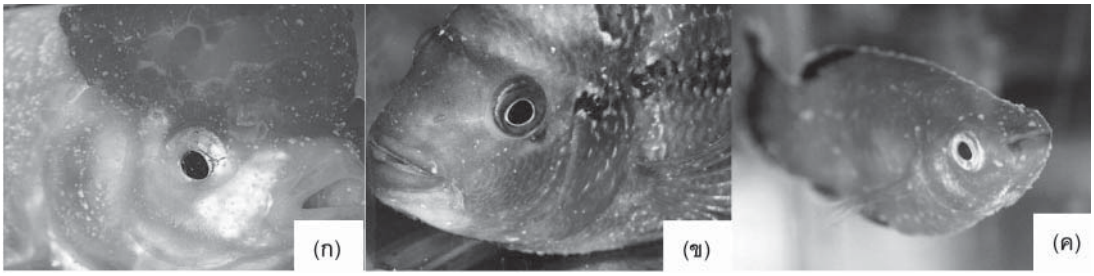
รูปที่ 1 แสดงภาพจากกล้องจุลทรรศน์แสงสว่างของเชื้อ *I. multifilis* ก = ระยะ trophont (ลูกศร = ลักษณะของ macronucleus รูปเกือกม้า) ข = ระยะ tomont ค = ระยะ theront

macronucleus ลักษณะคล้ายเกือกม้าขึ้นอยู่กับช่วงอายุของเชื้อ เมื่อสังเกตภายใต้กล้องจุลทรรศน์แสงสว่างที่กำลังขยาย 40 เท่า[1,2] จากนั้นเชื้อจะหลุดออกจากผิวหนังหรือเยื่อบุผิวเหงือกโดยมีถุงหุ้ม (cyst) ที่รอบด้วยสารเหนียวภายนอกซึ่งจะมีประโยชน์ในการไปยึดติดกับสิ่งต่างๆ เช่น อุปกรณ์เลี้ยงปลา กรวดปูพื้น หรือพืชน้ำ เป็นต้น[3] ซึ่งเป็นระยะแบ่งตัวโดยในระยะนี้จะมีตัวอ่อนภายในที่เกิดจากการแบ่งตัวหลายครั้ง เรียกว่า tomite และเมื่อเจริญเติบโตเต็มที่ tomite จะออกจากถุงหุ้มกลายเป็นตัวอ่อนขนาดเล็ก เรียกว่า theront ขนาดประมาณ 20 ถึง 50 ไมครอน มีซีเลียรอบตัวเคลื่อนที่เร็ว และเป็นระยะแพร่โรค โดย theront จะเคลื่อนที่เข้าหาเจ้าบ้านแล้วเจาะเข้าชั้นเยื่อบุผิว ฝังตัวในชั้นหนังกำพร้า มีการเจริญเติบโต จากนั้นก็กลายเป็นระยะการกินต่อไป[4]

จากการศึกษาวงชีพของเชื้อ *I. multifilis* ในห้องปฏิบัติการ พบว่าที่อุณหภูมิ 24.5 องศาเซลเซียส เชื้อระยะ trophont ใช้เวลาประมาณ 4 ชั่วโมง ในการพัฒนาไปเป็นระยะ tomont และใช้เวลาประมาณ 3 ชั่วโมง ในการพัฒนาจากระยะ tomont ไปเป็นระยะ theront โดยจาก 1 trophont สามารถให้เชื้อระยะ theront ได้มากตั้งแต่ 300 ถึง 1,200 ตัว ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับช่วงอายุของเชื้อระยะ trophont (ข้อมูลยังไม่ได้ตีพิมพ์)

อาการและพยาธิกำเนิด

ปลาที่ติดเชื้อ *I. multifilis* จะแสดงอาการทางคลินิก คือ ซึม ไม่กินอาหาร เมือกหลั่งมาก หายใจลำบาก และพบจุดขาวขนาดเล็กที่ลำตัวและครีบขนาดประมาณ 1 มิลลิเมตร หรือมีปื้นสีขาวทั่วตัว[1] รวมทั้งอาจมีการตกเลือดกระจายทั่วตัว การตอบสนองของร่างกายปลาต่อเชื้อ *I. multifilis* มีทั้ง innate และ adaptive immunity โดยด่านปราการแรกในการป้องกันเชื้อคือเมือกที่สร้างจากผิวหนังหรือเยื่อบุเหงือก ดังนั้นจึงพบว่าเมื่อมีการติดเชื้อในระยะแรก ปลาจะมีการหลั่งเมือกออกมาจำนวนมากเพื่อป้องกันการเจาะเข้าชั้นเยื่อบุผิวของเชื้อระยะ theront เนื่องจากเชื้อระยะนี้มีพลังงานจำกัด ซึ่งเมื่อเจอกับเมือกที่หนาอาจทำให้เชื้อระยะ



รูปที่ 2 แสดงปลาชนิดต่างๆ ที่ติดเชื้อ *I. multifiliis* โดยพบจุดขาว (เชื้อระยะ trophont) ที่ส่วนลำตัว ส่วนหัวและบริเวณครีบ ก = ปลาทอง (*Carassius auratus*), ข = ปลาหมอสีลูกผสม, ค = ปลาสอดแดง (*Xiphophorus helleri*)

theront บางส่วนตายไปก่อนเข้าไปถึงเนื้อเยื่อชั้นใน นอกจากนี้ผิวหนังยังมีการสร้าง cutaneous antibodies[5,6] โดย antibody ที่สร้างขึ้นจะเหนี่ยวนำให้ Fas receptor ของ theront เพิ่มขึ้น และเป็นสาเหตุของกระบวนการตาย (apoptosis)[3] ส่วนการตอบสนองของปลาต่อการติดเชื้อ *I. multifilis* ในช่วง 1-2 วันแรก จะเกิดการทำงานของ pro-inflammatory cytokines interleukin 1 b และ chemokine receptors ชนิด CXCR1 มากขึ้นทั้งที่ผิวหนังและในกระแสเลือด ซึ่งเป็นสารสำคัญในกระบวนการอักเสบต่อการติดเชื้อโปรโตซัวภายนอกในปลา[7] รวมทั้งเมื่อเกิดการติดเชื้อจะพบการเพิ่มขึ้นของ complement factor C3, inducible nitric oxide synthase (iNOS), immunoglobulin (IgM) และ major histocompatibility complex (MHC-II) ที่ผิวหนังไตส่วนหน้า และม้าม[8] นอกจากนี้ปลาที่ติดเชื้อ *I. multifilis* ส่งเสริมให้เกิดการติดเชื้อแบคทีเรีย *A. hydrophila* ซึ่งเป็นเชื้อที่พบได้ปกติในน้ำ และเป็นสาเหตุของการตายของปลาจำนวนมากเมื่อเกิดการติดเชื้อ[9]

วิทยาการระบาดและการแพร่เชื้อ

เชื้อนี้จะก่อให้เกิดการระบาดได้ง่ายเนื่องจาก trophont หนึ่งตัวสามารถให้กำเนิด theront ได้มากถึง 1,000 ตัว[1] อุณหภูมิที่เหมาะสมในการระบาดของโรคนี้คือ ประมาณ 15-25 องศาเซลเซียส โดยอุณหภูมิที่ 25 องศาเซลเซียส ปรสิตจะมีวงชีพระหว่าง 3 ถึง 6 วัน ดังนั้นประเทศไทยจึงพบการเกิดโรคนี้บ่อยมาก โดยอุณหภูมิเป็นปัจจัยหนึ่งที่สำคัญต่อการระบาดของโรค เช่น มีรายงานในประเทศฟินแลนด์ที่ความชุกของการเกิดโรคจุดขาวมากขึ้นเปลี่ยนแปลงไปตามอุณหภูมิโลกที่สูงขึ้น[10] การติดโรคเป็นการสัมผัสโดยตรงกับเชื้อระยะ theront ที่ว่ายอยู่ในน้ำ โดยมีกระชอนตักปลา ตาข่าย พืชน้ำ และอุปกรณ์การเลี้ยงต่างๆ เป็นตัวแพร่กระจายเชื้อที่ดี เมือกของปลา แสงสว่าง และอาหารปลา จะเป็นตัวดึงดูดให้ theront เข้าหาที่ตัวปลา[11] ปัจจัยที่ส่งเสริมให้เกิดการติดโรคได้ง่ายคือ ผิวหนังที่เกิดบาดแผลจากการจับบังคับหรือจากสาเหตุอื่น ซึ่งปัจจัยดังกล่าวยังส่งเสริมให้เกิดการติดเชื้อพยาธิภายนอกบางชนิดอีกด้วย เช่น ปลิงใส (*Gyro-*

dactylus spp. หรือ *Dactylogyrus* spp.)[12] นอกจากนี้ปัจจัยเรื่องความเครียดจะทำให้ระบบภูมิคุ้มกันร่างกายต่ำลงและส่งผลให้เกิดการติดเชื้อได้ง่ายขึ้นอีกด้วย[13] มีรายงานที่น่าสนใจเป็นอย่างยิ่งว่าเชื้อ *I. multifilis* สามารถเป็นพาหะนำเชื้อแบคทีเรีย *Edwardsiella ictaluri* ที่ก่อโรครุนแรงในปลากดหลวงได้[14]

การวินิจฉัยโรค

การวินิจฉัยโรคพื้นฐาน คือการขูดตรวจจากผิวหนังหรือที่เยื่อบุเหงือกของปลาที่พบลักษณะจุดขาวส่องตรวจโดยจากกล้องจุลทรรศน์ โดยจะพบโปรโตซัวหลายระยะแต่ระยะที่แยกแยะเชื้อได้ง่ายคือระยะ trophont ซึ่งมีลักษณะดังที่กล่าวไปแล้ว นอกจากนี้ยังสามารถตรวจวินิจฉัยเพิ่มเติมได้โดยวิธีทางจุลพยาธิวิทยาจากเนื้อเยื่อที่มีการติดเชื้อ[1] แต่การพบอาการทางคลินิกดังกล่าวจะเป็นการดำเนินของโรคในระยะที่รุนแรงแล้ว และปลาที่ติดเชื้อมักจะมีอัตราการรอดต่ำหลังจากทำการรักษา ดังนั้นปัจจุบันจึงมีการพัฒนาวิธีการตรวจวินิจฉัยที่สามารถบ่งบอกการติดเชื้อก่อนจะพบอาการทางคลินิก คือ วิธี real-time PCR โดยการเลือกตรวจที่ส่วน 18S rDNA gene ของเชื้อ *I. multifilis*[15] จัดเป็นวิธีที่มีความไวและความจำเพาะสูง แต่วิธีนี้อาจมีข้อจำกัดด้านค่าใช้จ่ายและวิธีการที่ยุ่งยาก

การรักษา การป้องกันและควบคุมโรค

การรักษาแบ่งเป็น 2 วิธี คือ วิธีที่ใช้สารเคมีและไม่ใช้สารเคมี โดยวิธีที่ใช้สารเคมีเป็นวิธีที่ได้รับความนิยมมาก เชื้อในระยะ theront เป็นระยะที่ตอบสนองต่อสารเคมีดีที่สุดเนื่องจากว่ายน้ำอิสระ แต่เชื้อระยะอื่นมักไม่ตอบสนองต่อสารเคมีน้อยกว่าเนื่องจากมีกลไกการป้องกันตัวเอง สารเคมีที่นิยมใช้ในการรักษาในปัจจุบันได้แก่ ฟอร์มาลิน เกลือแกง ด่างทับทิม และมาลาไคท์กรีน เป็นต้น ซึ่งแตกต่างกันที่ประสิทธิภาพการออกฤทธิ์รวมทั้งปัญหาการตกค้างของสารเคมีในแหล่งน้ำ ทำให้ปัจจุบันมีการศึกษาถึงสารเคมีที่เป็นมิตรกับสิ่งแวดล้อมและมีประสิทธิภาพดี เช่น สาร hydrogen peroxide, peracetic, acid and peroctanoic acid-based formulation (HPPAPA) ที่กำจัดเชื้อระยะ theront และ tomont ได้ดี[16] สาร peracetic acid[17] และสาร potassium ferrate (VI) ที่สามารถทำลายเชื้อระยะ theront ได้ทั้งหมด ลดจำนวน trophont ที่ตัวปลา รวมทั้งยับยั้งเชื้อในระยะ tomont ซึ่งเป็นระยะที่กำจัดยากที่สุดเนื่องจากมีถุงหุ้ม[18,19] นอกจากนี้ยังมีรายงานการใช้ยาอื่นๆ อีกหลายชนิดที่มีประสิทธิภาพดี เช่น Triclabendazole ร่วมกับสารช่วยนำส่งยา cyclodextrin (Triclabendazole-cyclodextrin complex) ที่ให้โดยการกิน[20] และยา bronopol[21] เป็นต้น ปัญหาการห้ามใช้สารเคมีที่มีประสิทธิภาพดีบางชนิดแต่มีรายงานการเป็นสารก่อมะเร็งในมนุษย์ เช่น สารมาลาไคท์กรีน ในปลาที่เลี้ยงเพื่อการบริโภคทั้งในยุโรปและสหรัฐอเมริกา ทำให้มีผู้สนใจถึงพืชสมุนไพรที่มีความปลอดภัยมากกว่า เช่น สารสกัดจากใบของต้นหมามุ้ย (*Mucuna pruriens*) ขนาด 200 พีพีเอ็ม แช่ในน้ำนาน 72 ชั่วโมง และสารสกัดจากเมล็ดมะละกอ (*Carica papaya*) ขนาด 200 พีพีเอ็ม แช่ในน้ำนาน 96 ชั่วโมง

สามารถลดเชื้อบนตัวปลาได้ถึงร้อยละ 90 เมื่อเทียบกับกลุ่มที่ไม่ได้รับสารดังกล่าว[22] นอกจากนี้ Yao และคณะ[23] ได้รายงานผลของสาร sanguinarine ซึ่งเป็นสาร isoquinoline alkaloidsจากใบของต้น *Macleaya cordata* ที่สามารถฆ่าเชื้อ *I. multifilis* ในปลาเฉา (*Ctenopharyngodon idella*) รวมทั้งการศึกษาถึงสารกระตุ้นภูมิคุ้มกัน beta-glucan โดยเมื่อให้ผสมกับอาหารปลาพบว่าสามารถกระตุ้น plasma lysozyme activity รวมทั้งลดการติดเชื้อ *I. multifilis* ได้ดีกว่ากลุ่มที่ไม่ได้รับ[24]

การรักษาที่ไม่ใช้สารเคมี โดยปกติจะใช้วิธีในการเพิ่มอุณหภูมิน้ำให้อยู่ในช่วงที่ไม่เหมาะสมต่อวงชีพของเชื้อ คืออุณหภูมิประมาณ 30 องศาเซลเซียส นาน 10 วัน[1] แต่ในปัจจุบันมีการศึกษาพัฒนาระบบการเลี้ยงสัตว์น้ำที่สามารถช่วยกำจัดเชื้อบางระยะออกไป เช่น การใช้เครื่องดูดของเสียออกจากระบบรวมทั้งแผ่นโพลิเมอร์ที่มีคุณสมบัติในการดูดจับ ซึ่งระบบดังกล่าวสามารถลดจำนวนเชื้อและทำให้อัตราการรอดของลูกปลาในโรงเพาะฟักสูงขึ้น[25] หรือการใช้ปลาเทศบาลบางชนิด (*Glyptoperichthys gibbiceps*) เป็น biological control พบว่าช่วยลดจำนวนเชื้อระยะ trophont ในบ่อเลี้ยงปลานิล (*Oreochromis aureus*) เมื่อเลี้ยงร่วมกัน เนื่องจากปลาเทศบาลมีพฤติกรรมในการกินอาหารโดยการดูดกินสิ่งต่างๆ ซึ่งรวมถึงการกินเชื้อ *I. multifilis* บางระยะ[26] อย่างไรก็ตามผู้เขียนมีความเห็นว่า การรักษาและควบคุมที่ดีควรเกิดจากการเลือกใช้ชนิดและขนาดของสารเคมีที่เหมาะสมกับชนิดของระบบการเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำควบคู่ไปกับการจัดการที่ดี เช่น ระบบการกักโรค ระบบกำจัดของเสียในบ่อเพื่อเป็นการตัดวงชีพของปรสิตเป็นต้น

การพัฒนาวัคซีนเพื่อใช้ในการป้องกันเชื้อ *I. multifilis* มีการทดลองทั้งในปลานิล *(Oreochromis niloticus)*[27] และปลากดหลวง[28] โดยวัคซีนพัฒนาจากเชื้อระยะ theront และระยะ trophont แต่ผลการทดลองมีแนวโน้มว่าวัคซีนที่พัฒนาจากเชื้อระยะ theront ที่ให้โดยวิธีการละลายน้ำและการฉีดเข้าช่องท้องสามารถกระตุ้นการสร้าง antibody ต่อเชื้อ *I. multifilis* และลดอัตราการตายของปลาได้ดีกว่าวัคซีนพัฒนาจากเชื้อระยะ trophont ที่ให้ผลดีเฉพาะการให้โดยการฉีดเข้าช่องท้อง[29] อย่างไรก็ตามการพัฒนาวัคซีนยังมีข้อจำกัดเรื่องปัจจัยภายนอกที่สำคัญ เช่น อุณหภูมิ โดยพบว่าปลากดหลวงที่ได้รับวัคซีนระยะ theront เชื้อเป็นโดยการฉีดเข้าช่องท้องที่ช่วงอุณหภูมิระหว่าง 25-30 องศาเซลเซียส ให้ผลกระตุ้นการทำงานของระบบภูมิคุ้มกัน และลดอัตราการตายของปลาได้ดีกว่าปลาที่ได้รับวัคซีนในช่วงอุณหภูมิระหว่าง 15-25 องศาเซลเซียส[28] ดังนั้นการใช้วัคซีนในการป้องกันโรคจุดขาวยังมีข้อควรพิจารณาอยู่มากดังปัจจัยที่กล่าวไปแล้ว รวมทั้งควรคำนึงถึงความคุ้มทุนในการใช้วัคซีนกับชนิดปลาที่เกษตรกรเลี้ยงอีกด้วย

การศึกษาวิจัยต่อเชื้อ *I. multifilis* ในปัจจุบัน

แนวโน้มในการศึกษาวิจัยเชื้อ *I. multifilis*

ในปัจจุบันมุ่งเน้นไปที่การหาสารเคมีที่มีประสิทธิภาพดี มีความปลอดภัยทั้งต่อตัวสัตว์ มนุษย์ และสิ่งแวดล้อม รวมทั้งการศึกษาพัฒนาวัคซีนในการป้องกันโรคกับปลาที่มีมูลค่าสูง นอกจากนี้ความก้าวหน้าของการวิจัยโดยเฉพาะเทคนิคทางอณูชีววิทยาก็เข้ามามีบทบาทต่อการศึกษาเชื้อ *I. multifilis* เป็นที่ทราบทั่วไปว่าการทำงานของเซลล์เกิดจากการควบคุมของยีนที่พบในสิ่งมีชีวิตทุกชนิด โดยมีการประยุกต์ใช้เทคโนโลยีไมโครแอเรย์ (microarray technology) ที่มีประโยชน์ต่อการศึกษาการแสดงออกของยีน (gene expression) หลายๆ ยีนในเวลาเดียวกัน วิธีนี้จึงถูกนำเข้ามาศึกษาการแสดงออกของยีนของเชื้อ *I. multifilis* ในแต่ละระยะ และพบว่ามียีนจำนวนมากที่แสดงออกไม่เหมือนกันในเชื้อแต่ละระยะ[30] เช่น ยีนควบคุมการทำงานในระดับเซลล์ ยีนที่แสดงออกเพื่อตอบสนองต่อระบบภูมิคุ้มกันของเจ้าบ้าน และยีนต่อ metabolic pathways ต่างๆ ของเชื้อ[31] การค้นพบหน้าที่ของ polyadenylation (การเติม poly A tail) ของ rRNA ซึ่งช่วยให้ RNA มีความคงตัว[32] และการพบว่าการแสดงออกของยีนหลายชนิดของเชื้อ *I. multifilis* มีความใกล้เคียงกับการแสดงออกของยีนหลายชนิดเชื้อโปรโตซัวสองชนิด คือ *Tetrahymena thermophila* และ *P. falciparum*[33] ซึ่งการศึกษาต่างๆ เหล่านี้ผู้เขียนเชื่อว่าจะเป็นประโยชน์อย่างยิ่งต่อความรู้ความเข้าใจในเรื่องของพยาธิกำเนิดของเชื้อ ความรุนแรงในการก่อโรค การตอบสนองต่อยาของเชื้อในระดับยีน รวมทั้งการพัฒนาวัคซีนที่มีประสิทธิภาพต่อไปอีกด้วย

บทสรุป

ในปัจจุบัน ความต้องการในการบริโภคสัตว์น้ำมีสูงขึ้น ส่งผลให้มีการเพิ่มผลผลิตสัตว์น้ำมากขึ้น แต่สิ่งที่มักจะเกิดตามมาก็คือปัญหาด้านโรคระบาด ถึงแม้ว่าเชื้อ *I. multifilis* จะไม่ก่อให้เกิดความเสียหายรุนแรงเท่ากับเชื้อไวรัสหรือเชื้อแบคทีเรียบางชนิดในปลา แต่ปัจจุบันพบว่าสภาวะการเปลี่ยนแปลงและปัญหาด้านสิ่งแวดล้อมที่เกิดขึ้น โดยเฉพาะอุณหภูมิที่แปรปรวนประกอบกับระบบการผลิตและเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำในเมืองไทยที่ยังไม่มีมาตรฐานการควบคุมที่ดีพอ เช่น ระบบการเลี้ยงปลาในแหล่งน้ำธรรมชาติ สิ่งเหล่านี้อาจส่งผลให้เกิดการระบาดของเชื้อปรสิตชนิดต่างๆ รวมทั้งเชื้อ *I. multifilis* ซึ่งจะส่งผลเสียอย่างยิ่งต่อการผลิตสัตว์น้ำ การแก้ปัญหาที่ดีต้องเกิดจากการมีองค์ความรู้ที่ดี เกี่ยวกับเชื้อ ระบบการจัดการที่ได้มาตรฐาน และที่สำคัญคือต้องมีความร่วมมือกันของบุคลากรหลายๆ ภาคส่วนเพื่อป้องกันและแก้ไขปัญหาที่จะเกิดขึ้น

กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบคุณ นางสาวปัญญิศา โปติบุตร ในการเตรียมข้อมูลและตรวจทานต้นฉบับ นายภพพร ตั้งทีฆะรักษ์ สำหรับการถ่ายภาพปลาป่วย และทุนพัฒนานักวิจัยรุ่นใหม่ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่ ประจำปี 2554 สำหรับเงินทุนศึกษาวิจัยเรื่องเชื้อจุดขาว

เอกสารอ้างอิง

1. Noga EJ. Fish Disease: Diagnosis and

Treatment. 2nd ed. Iowa: USA : Wiley-Blackwell ; 2010.

2. Harms CA. Treatments for parasitic diseases of aquarium and ornamental fish. Semin Avian Exot Pet. 1996; 5(2): 54-63.
3. Xu DH, Klesius PH, Shoemaker CA. Apoptosis in *Ichthyophthirius multifiliis* is associated with expression of the Fas receptor of theronts. J Fish Dis. 2006; 29: 225-32.
4. Scholz T. Parasites in cultured and feral fish. Vet Parasitol. 1999; 84(3-4): 317-35.
5. Clark TG, Lin TL, Dickerson HW. Surface immobilization antigens of Ichthyophthirius multifiliis : their role in protective immunity. Annu Rew Fish Dis. 1995; 5: 113-31.
6. Xu DH, Klesius PH, Shelby RA. Cutaneous antibodies in excised skin from channel catfish, *Ictalurus punctatus* Rafinesque, immune to *Ichthyophthirius multifiliis*. J Fish Dis. 2002; 25: 45-52.
7. Gonzalez SF, Buchmann K, Nielsen ME. Real-time gene expression analysis in carp (*Cyprinus carpio* L.) skin: Inflammatory responses caused by the ectoparasite *Ichthyophthirius multifiliis*. Fish Shellfish Immun. 2007; 22(6): 641-50.
8. Sigh J, Lindenstrøm T, Buchmann K. The parasitic ciliate *Ichthyophthirius multifiliis* induces expression of immune relevant genes in rainbow trout, *Oncorhynchus mykiss* (Walbaum). J Fish Dis. 2004; 27: 409–17.
9. Xu DH, Pridgeon JW, Klesius PH, Shoemaker CA. Parasitism by protozoan *Ichthyophthirius multifiliis* enhanced invasion of Aeromonas *hydrophila* in tissues of channel catfish. Vet Parasitol. 2012; 184: 101–7.
10. Karvonen A, Rintamki P, Jokela J, Valtonen ET. Increasing water temperature and disease risks in aquatic systems: Climate change increases the risk of some, but not all, diseases. Int J Parasitol. 2010; 40(13): 1483-8.
11. Buchmann K, Nielsen ME. Chemoattraction of Ichthyophthirius multifiliis (Ciliophora) theronts to host molecules. Int J Parasitol. 1999; 29(9): 1415-23.
12. Ondracková M, Valová Z, Kortan J, Vojtek L, Adámek Z. Consequent effects of the great cormorant (*Phalacrocorax carbo sinensis*) predation on parasite

infection and body condition of common carp (*Cyprinus carpio*). Parasitol Res. 2011. DOI 10.1007/s00436-011-2652-5.

13. Davis KB, Griffin BR, Gray WL. Effect of handling stress on susceptibility of channel catfish *Ictalurus punctatus* to *Ichthyophthirius multifiliis* and channel catfish virus infection. Aquaculture. 2002; 214(1-4): 55-66.
14. Xu DH, Shoemaker CA, Klesius PH. *Ichthyophthirius multifilis* as a potential vector of *Edwardsiella ictaluri* in channel catfish. FEMS Microbiol Lett. 2012. 1-8.
15. Jousson O, Pretti C, Di Bello D, Cognetti-Varriale AM. Non-invasive detection and quantification of the parasitic ciliate Ichthyophthirius multifiliis by real-time PCR. Dis Aquat Organ. 2005; 65(3): 251-5.
16. Picón-Camacho SM, Marcos-Lopez M, Beljean A, Debeaume S, Shinn AP. In vitro assessment of the chemotherapeutic action of a specific hydrogen peroxide, peracetic, acetic, and peroctanoic acid-based formulation against the free-living stages of *Ichthyophthirius multifiliis* (Ciliophora). Parasitol Res. 2011; 110: 1029–32.
17. Sudová E, Straus DL, Wienke A, Meinelt T. Evaluation of continuous 4-day exposure to peracetic acid as a treatment for *Ichthyophthirius multifiliis*. Parasitol Res. 2010; 106(2): 539-44.
18. Ling F, Wang JG, Liu QF, Li M, Ye LT, Gong XN. Prevention of *Ichthyophthirius multifiliis* infestation in goldfish (*Carassius auratus*) by potassium ferrate(VI) treatment. Vet Parasitol. 2001; 168: 212–6.
19. Ling F, Wang JG, Wang GX, Gong XN. Effect of potassium ferrate(VI) on survival and reproduction of *Ichthyophthirius multifiliis* tomonts. Parasitol Res. 2011; 109: 1423–8.
20. Luzardo-Alvarez A, Martnez-Mazagatos J, Santamarina-Fernandez MT, Otero-Espinar FJ, Blanco-Mndez J. Oral pharmacological treatments for ichthyophthiriosis of rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*). Aquaculture. 2003 ; 220(1-4): 15-25.
21. Shinn AP, Picón-Camacho SM, Bron JE, Conway D, Yoon GH, Guo FC, et al. The anti-protozoal activity of bronopol on the key life-stages of *Ichthyophthirius multifiliis* Fouquet, 1876 (Ciliophora). Vet Parasitol. 2011; (Article in press).

22. Ekanem A, Obiekezie A, Kloas W, Knopf K. Effects of crude extracts of *Mucuna pruriens* (Fabaceae) and *Carica papaya* (Caricaceae) against the protozoan fish parasite Ichthyophthirius multifiliis. Parasitol Res. 2004; 92: 361-6.

23. Yao JY, Shen JY, Li XL, Xu Y, Hao GJ, Pan XY, et al. Effect of sanguinarine from the leaves of Macleaya cordata against Ichthyophthirius multifiliis in grass carp (Ctenopharyngodon idella). Parasitol Res. 2010; 107: 1035-42.

24. Xueqin J, Kania PW, Buchmann K. Comparative effects of four feed types on white spot disease susceptibility and skin immune parameters in rainbow trout, Oncorhynchus mykiss (Walbaum). J Fish Dis. 2012; 35: 127–35.

25. Shinn AP, Picon-Camacho SM, Bawden R, Taylor NGH. Mechanical control of *Ichthyophthirius multifiliis* Fouquet, 1876 (Ciliophora) in a rainbow trout hatchery. Aquacult Eng. 2009: 41(3): 152-7.

26. Picón-Camachoa SM, Leclercq E, Bron JE, Shinn AP. The potential utility of the leopard pleco (*Glyptoperichthys gibbiceps*) as a biological control of the ciliate protozoan *Ichthyophthirius multifiliis*. Pest Manag Sci. 2011.

27. Xu DH, Klesius PH, Shoemaker CA. Protective immunity of Nile tilapia against *Ichthyophthirius multifilis* post-immunization with live theronts and sonicated trophonts. Fish Shellfish Immun. 2008; 25: 124-7.

28. Martins ML, Xu DH, Shoemaker CA, Klesius PH. Temperature effects on immune response and hematological parameters of channel catfish *Ictalurus punctatus* vaccinated with live theronts of *Ichthyophthirius multifiliis*. Fish Shellfish Immun. 2011; 31: 774-80.

29. Xu DH, Klesius PH, Shelby RA. Immune responses and host protection of channel catfish, *Ictalurus punctatus* (Rafinesque), against *Ichthyophthirius multifiliis* after immunization with live theronts and sonicated trophonts. J Fish Dis. 2004; 27: 135–41.

30. Abernathy J, Xu DH, Peatman E, Kucuktas H, Klesius P, Liu Z, Gene expression profiling of a fish parasite *Ichthyophthirius multifiliis*: Insights into development and senescence-

associated avirulence. Comp Biochem Phys. 2011; 6: 382–92.

31. Coyne RS, Hannick L, Shanmugam D, Hostetler JB, Brami D, Joardar VS, et al. Comparative genomics of the pathogenic ciliate *Ichthyophthirius multifiliis*, its free-living relatives and a host species provide insights into adoption of a parasitic lifestyle and prospects for disease control. Genome Biol. 2011; 12: 1-26.

32. Abernathy JW, Xu DH, Li P, Klesius P, Kucuktas H, Liu Z. Transcriptomic profiling of *Ichthyophthirius multifiliis* reveals polyadenylation of the large subunit ribosomal RNA. Comp Biochem Phys. 2009; 4: 179–86.

33. Abernathy JW, Xu P, Li P, Xu DH, Kucuktas H, Klesius P, et al. Generation and analysis of expressed sequence tags from the ciliate protozoan parasite *Ichthyophthirius multifiliis*. BMC Genomics