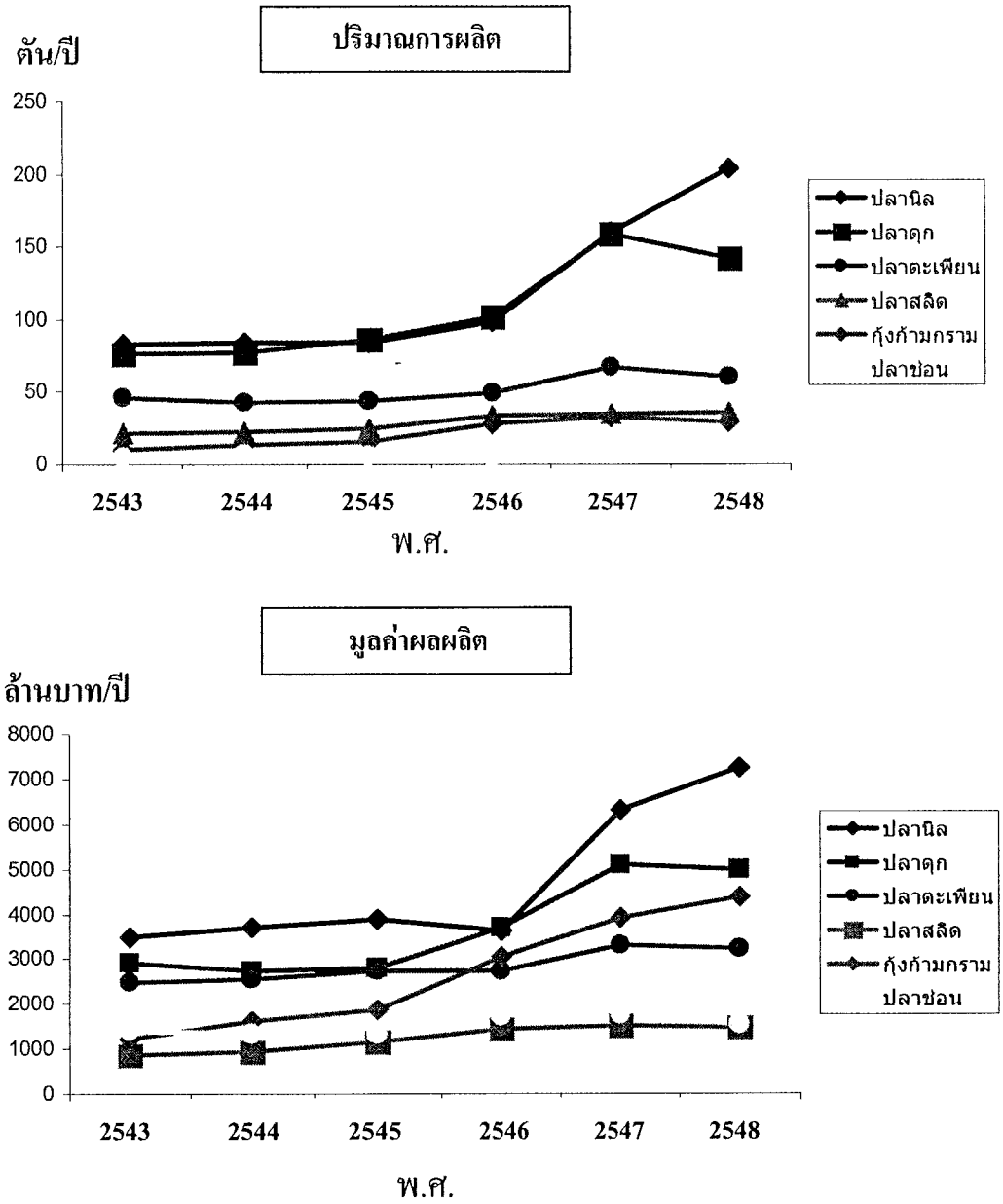
บทที่ 1
บทนำ

ความสำคัญและที่มาของปัญหาการวิจัย

ปลาดุกเป็นปลาน้ำจืดชนิดหนึ่งที่มีความสำคัญทางเศรษฐกิจของประเทศไทย จากข้อมูลการรวบรวมผลผลิตและมูลค่าของสัตว์น้ำที่ได้จากการทำการประมงและการเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำจืด พบว่าผลผลิตปลาดุกมีปริมาณการผลิตเป็นอันดับสองรองจากปลานิล (ภาพที่ 1.1) และมีมูลค่าของการจำหน่ายเป็นอันดับที่สองของมูลค่าสัตว์น้ำจืดทั้งหมด (ภาพที่ 1.1) การเพาะเลี้ยงปลานิลมีความสำคัญต่อการส่งออกและบริโภคภายในประเทศ แต่การเพาะเลี้ยงปลาดุกนั้นสำหรับเพื่อการบริโภคภายในประเทศเป็นส่วนใหญ่ ปลาดุกจัดเป็นอาหารโปรตีนที่สำคัญของคนไทยทั่วทุกภาค การเพาะเลี้ยงปลาดุกสามารถทำได้ทั่วทุกภาคในประเทศไทย รูปแบบของการเพาะเลี้ยงปลาดุกมีทั้งการเพาะเลี้ยงในบ่อดิน นาข้าว ร่องสวน บ่อซีเมนต์และในกระชัง ทั้งนี้เพราะว่าปลาดุกเป็นปลาที่สามารถเลี้ยงในสภาพความหนาแน่นสูง มีการเจริญเติบโตรวดเร็ว มีความทนทานต่อสภาพแวดล้อมได้ดี และให้ผลผลิตต่อพื้นที่สูง ทำให้มีผู้นิยมเลี้ยงปลาดุกกันอย่างแพร่หลายในประเทศไทย ขนาดของฟาร์มเพาะเลี้ยงปลาดุกมีตั้งแต่ขนาดเล็กจนถึงขนาดใหญ่ เป็นทั้งการเพาะเลี้ยงเชิงพาณิชย์ซึ่งเป็นอาชีพหลักและอาชีพเสริมของเกษตรกรทั่วไป นอกจากนี้ยังเป็นการเลี้ยงเพื่อเป็นอาหารในครัวเรือน ปลาดุกยังเป็นปลาที่รัฐบาลส่งเสริมในโครงการประมงโรงเรียน ประมงหมู่บ้าน จึงทำให้เกิดกิจกรรมที่เป็นประโยชน์และได้ผลพลอยได้เป็นอาหารของชุมชน เพื่อสร้างสังคมในชุมชนชนบทให้เข้มแข็ง

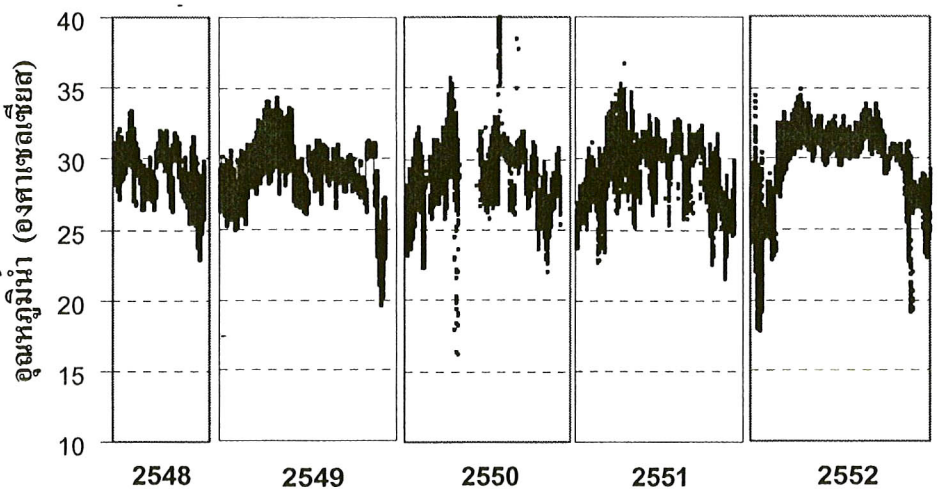
ความแตกต่างของฤดูกาลที่ส่งผลต่อคุณภาพน้ำโดยเฉพาะอุณหภูมิน้ำ เป็นข้อจำกัดในการเพาะเลี้ยงปลาดุก เกษตรกรมักพบปัญหาการเลี้ยงปลาดุกลูกผสมในบางฤดูกาล การเพาะเลี้ยงปลาดุกในภาคเหนือและภาคตะวันออกเฉียงเหนือมักประสบปัญหาในช่วงฤดูหนาว เนื่องจากอุณหภูมิน้ำลดต่ำลง (โดยเฉพาะระหว่างเดือนพฤศจิกายน ถึง กุมภาพันธ์) นอกจากนี้ในช่วงฤดูฝนที่มีฝนตกติดต่อกัน ทำให้อุณหภูมิน้ำลดลง กอปรกับคุณภาพน้ำด้านอื่น ๆ เปลี่ยนแปลงอย่างรวดเร็วอันเนื่องมาจากน้ำฝนที่ตกลงในบ่อ โดยพบว่าช่วงฤดูกาลดังกล่าวนี้ ปลาจะมีการเจริญเติบโตช้า การกินอาหารน้อย ร่างกายอ่อนแอ ง่ายต่อการเกิดโรค ทำให้เกิดโรคระบาดขึ้นในการเลี้ยงปลาดุกมากในช่วงนี้ ส่งผลให้ผลผลิตปลาดุกลดลง

นอกจากนี้สภาวะการเปลี่ยนแปลงภูมิอากาศของโลกยังส่งผลต่อการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิน้ำในรอบปี คณะผู้วิจัยได้ทำการรวบรวมข้อมูลอุณหภูมิน้ำในแม่น้ำเจ้าพระยาที่ได้มีการบันทึกไว้ โดยกรมควบคุมมลพิษ กระทรวงทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม และได้สร้างเป็นแผนภูมิ แสดงดังภาพที่ 1.2 จะเห็นได้ว่าแนวโน้มของอุณหภูมิน้ำมีแนวโน้มที่จะมีการเปลี่ยนแปลงมากขึ้น เช่น บางช่วงฤดูกาลพบว่าน้ำมีอุณหภูมิต่ำมาก และในบางช่วงฤดูกาลน้ำมีอุณหภูมิสูงมาก



ภาพที่ 1.1 ผลผลิตและมูลค่าของสัตว์น้ำที่ได้จากการทำการประมงรวมการเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำ

ที่มา: กลุ่มวิเคราะห์การค้าสินค้าประมงระหว่างประเทศ กองประมงต่างประเทศ กรมประมง (รวบรวมข้อมูลจากกรมศุลกากร)



ภาพที่ 1.2 อุณหภูมิน้ำของแม่น้ำเจ้าพระยา และแม่น้ำสาขา ที่บันทึกทุก ๆ 30 นาที โดยบันทึกที่ระดับความลึกต่ำจากผิวน้ำ 1 เมตร [http://www.wqmonline.com]

ในการเลี้ยงปลาดุกนั้น ระบบการเลี้ยงมักเป็นระบบเปิด คือเลี้ยงอยู่กลางแจ้ง ไม่ได้เลี้ยงในโรงเรือนหรือในระบบปิดที่มีการควบคุมอุณหภูมิ แม้ว่าเทคโนโลยีการสร้างระบบปิดหรือระบบควบคุมอุณหภูมิน้ำในการเลี้ยงสัตว์น้ำจะมีการพัฒนาอย่างต่อเนื่อง แต่ระบบดังกล่าวก็ต้องการการลงทุนที่สูง และค่าใช้จ่ายสำหรับแหล่งพลังงานในการเดินระบบ การดูแลรักษาค่อนข้างสูง ซึ่งไม่เหมาะสมกับการเพาะเลี้ยงปลาในประเทศไทย ซึ่งต้องการให้การเลี้ยงปลาเป็นระบบต้นทุนต่ำ เพื่อผลิตอาหารโปรตีนคุณภาพดีให้แก่ประชากรส่วนใหญ่ของประเทศ แนวทางการพัฒนาอันหนึ่งสำหรับการเลี้ยงปลาดุกให้เหมาะสมกับสภาวะการเปลี่ยนแปลภูมิอากาศตามฤดูกาล และสภาวะภูมิอากาศของโลกก็คือ การทำให้ปลาดุกที่เลี้ยงมีความแข็งแรง สามารถทนทานต่อความเครียดอันเนื่องมาจากอุณหภูมิน้ำที่เปลี่ยนไปได้ดีขึ้น วิธีการหนึ่งที่ได้มีการรายงานคือการใช้สารเสริมในอาหารเพื่อให้ปลาดุกมีสภาพร่างกายที่แข็งแรง สารเสริมมีหลายชนิดที่มีผลต่อการสร้างร่างกายปลาให้แข็งแรง ในการศึกษาเบื้องต้นนี้ผู้วิจัยจึงได้ทำการทดสอบสารเสริมประเภทวิตามินที่จำเป็นในร่างกาย ได้แก่ วิตามินซีและวิตามินอี เพราะการเสริมวิตามินทั้งสองให้กับปลาในอาหารเป็นสิ่งที่เกษตรกรโดยทั่วไปได้ทำอยู่แล้วในการเตรียมอาหารให้กับปลาดุก ผู้วิจัยจึงทำการศึกษาเพื่อหาระดับหรือปริมาณและระยะเวลาในเสริมวิตามินซีและวิตามินอีที่มีผลต่อสุขภาพและภูมิคุ้มกันในตัวปลาเพื่อที่เกษตรกรจะสามารถนำไปใช้ได้จริง

การตรวจเอกสารวิชาการ

ปลาดุกที่เป็นที่นิยมเลี้ยงในปัจจุบันนี้ คือ ปลาดุกลูกผสม (Hybrid catfish) ซึ่งเป็นพันธุ์ที่เป็นการผสมข้ามพันธุ์ระหว่างปลาดุกยักษ์เพศผู้ (หรือปลาดุกเทศ หรือปลาดุกรัสเซีย) *(Clarias*

gariepinus) กับปลาดุกอุยเพศเมีย *(C. macrocephalus)* ได้ปลาดุกลูกผสมที่เนื้อมีรสชาติคล้ายปลาดุกอุย และมีการเจริญเติบโตเร็ว และทนทานต่อโรคมากขึ้น การเพาะเลี้ยงปลาดุกลูกผสมในปัจจุบันนี้เป็นการเพาะเลี้ยงแบบครบวงจร เกษตรกรสามารถเลี้ยงพ่อแม่พันธุ์ภายในฟาร์ม แล้วนำพ่อพันธุ์ปลาดุกยักษ์เพศผู้และปลาดุกอุยเพศเมียที่มีความสมบูรณ์เพศมาเพาะลูกพันธุ์ปลาดุกลูกผสมโดยการฉีดฮอร์โมนสังเคราะห์ (Luteinizing Hormone Releasing Hormone analogue; LHRHa) ร่วมกับวิธีการผสมเทียม (Artificial fertilization) การอนุบาลลูกปลาดุกทำได้ทั้งในบ่อซีเมนต์ และบ่อดิน และการเลี้ยงปลาขนาดตลาดก็ทำได้ทั้งในบ่อดินและบ่อซีเมนต์เช่นเดียวกัน ความหนาแน่นของปลาที่นิยมปล่อยเลี้ยงในบ่อซีเมนต์ คือ 50-70 ตัวต่อตารางเมตร (ขนาดลูกปลา 2-3 เซนติเมตร) และในบ่อดิน เท่ากับ 40-100 ตัวต่อตารางเมตร อาหารที่ใช้ในการเลี้ยงสามารถใช้ได้ทั้งอาหารสำเร็จรูป และอาหารที่เกษตรกรเตรียมเองจากผลพลอยได้ของการปศุสัตว์อื่น ๆ ระยะเวลาการเลี้ยงโดยทั่วไปประมาณ 90 วันก็สามารถจับขายได้ ทำให้การเพาะเลี้ยงปลาดุกเชิงพาณิชย์สามารถทำได้อย่างน้อยถึง 3 รุ่นต่อปี

จากการศึกษาของโครงการอันเนื่องมาจากพระราชดำริและกิจกรรมพิเศษ ของสมเด็จพระเทพรัตนราชสุดาฯ สยามบรมราชกุมารี เป็นการทดลองเปรียบเทียบการเจริญเติบโตของปลาดุกลูกผสมภายใต้สภาพการเลี้ยงในพื้นที่สูงช่วงฤดูหนาว ที่ศูนย์ศึกษาชาวไทยภูเขา "แม่ฟ้าหลวง" อำเภอท่าสองยาง จังหวัดตาก โดยเปรียบเทียบสภาพการเลี้ยงที่ควบคุมอุณหภูมิ (green house) และสภาพการเลี้ยงอุณหภูมิปกติของฤดูหนาว พบว่า ในสภาพการเลี้ยงที่น้ำมีอุณหภูมิต่ำ (19.5-27.4 ^{0}C) ปลาดุกลูกผสมมีน้ำหนักและความยาวลำตัวต่ำกว่าปลาดุกลูกผสมที่เลี้ยงในสภาพที่ควบคุมอุณหภูมิ (25.4-30.2 ^{0}C) อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (α=0.05) ซึ่งสภาพการเลี้ยงที่ควบคุมอุณหภูมิ (green house) ในการทดลองนี้ ทำโดยการจัดทำคอกล้อมบ่อเลี้ยงปลาพลาสติก บุด้วยพลาสติกหนา 0.2 มิลลิเมตร ผลการทดลองดังกล่าวนี้เป็นประโยชน์ต่อการนำไปใช้สำหรับการเลี้ยงปลาเพื่อให้ประชาชนในเขตพื้นที่สูงให้มีปลาบริโภคตลอดทุกฤดูกาล และเป็นการสนองต่อโครงการตามพระราชดำริที่จะเสริมสร้างชุมชนชนบทให้แข้มแข็ง (ถาวร ทันใจ, 2551) อย่างไรก็ตามการทำคอกเลี้ยงแบบควบคุมอุณหภูมิ (green house) จะเป็นข้อจำกัดในการเลี้ยงในบ่อขนาดใหญ่ และการเลี้ยงในเชิงพาณิชย์ เพราะเกษตรกรต้องลงทุนสูงขึ้น

ปลาเป็นสัตว์เลือดเย็น (poikilotherm) ซึ่งอุณหภูมิในร่างกายจะเปลี่ยนแปลงไปตามอุณหภูมิของสิ่งแวดล้อม ทำให้ปลาแต่ละชนิดมีช่วงอุณหภูมิที่เหมาะสมต่อการดำรงชีวิตเฉพาะแตกต่างกันขึ้นกับชนิดปลา การที่ปลาเป็นสัตว์เลือดเย็นที่อุณหภูมิร่างกายเปลี่ยนตามอุณหภูมิสิ่งแวดล้อมนั้น อุณหภูมิสิ่งแวดล้อมจึงมีผลโดยตรงต่อกระบวนการทางชีวเคมีตามกฎของแวนฮอฟ (Van Hoff's Law) โดยการเพิ่มของอุณหภูมิขึ้น 10 ^{0}C จะทำให้กระบวนการทางชีวเคมีเพิ่มขึ้นเป็น 2 เท่า และลดต่ำลงในทำนองเดียวกันเมื่ออุณหภูมิต่ำลง (Boyd and Tucker, 1998)

ปลาดุกเป็นปลาในเขตร้อน อุณหภูมิที่เหมาะสมต่อการดำรงชีวิตจะอยู่ในช่วง 27-32 องศาเซลเซียส (Fedoruk, 1981) ถ้าอุณหภูมิน้ำต่ำลงหรือสูงกว่าอุณหภูมิที่เหมาะสม จะทำให้ปลามีการเจริญเติบโตลดลง ภูมิคุ้มกันโรคต่ำลง และอาจตายได้ถ้าอาศัยอยู่ในช่วงอุณหภูมิที่ไม่เหมาะสมเป็นระยะเวลานาน เนื่องจากปลาดุกเป็นปลาในเขตร้อน พบว่าอุณหภูมิน้ำที่ต่ำถึง 19 องศาเซลเซียส เป็นอุณหภูมิที่ลูกปลาไม่สามารถอยู่ได้ และอุณหภูมิน้ำ 19-24 องศาเซลเซียส เป็นช่วงอุณหภูมิที่ทำให้ปลาดุกขนาดใหญ่มีการเจริญเติบโตช้า กองอนามัยสิ่งแวดล้อมได้สรุปรายงานอุณหภูมิน้ำในประเทศไทยว่า อุณหภูมิน้ำจะผันแปรอยู่ในช่วง 23.6-31.4 องศาเซลเซียส โดยแหล่งน้ำในภาคเหนือและภาคตะวันออกเฉียงเหนือจะมีอุณหภูมิน้ำที่มีค่าต่ำสุด อุณหภูมิน้ำในแหล่งน้ำภาคกลางจะสูงขึ้นและสูงสุดในภาคใต้ โดยความผันแปรของอุณหภูมิจะแตกต่างกันไปในแต่ละฤดูกาล (สิทธิชัย ตันธนะสฤษดิ์, 2549)

การเปลี่ยนแปลงของอุณหภูมิน้ำส่งผลโดยตรงต่อเมตาบอลิซึมของปลา ก่อให้เกิดความเครียดอันเนื่องมาจากการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิ เพราะปลาจะต้องพยายามปรับสภาพร่างกายให้อยู่ในสิ่งแวดล้อมที่เปลี่ยนแปลงไป ได้มีรายงานการศึกษาถึงผลของฤดูกาลและการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิน้ำต่อระบบภูมิคุ้มกันของปลาและค่าทางโลหิตวิทยารวมทั้งค่าสารชีวเคมีในเลือด (Kumari et al., 2006; Langston et al., 2002; Dominguez et al., 2005; De Pedro et al., 2005) และพบว่าการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิน้ำอย่างรวดเร็วมีผลทำให้ปลามีภูมิคุ้มกันโรคลดลง แต่การเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิอย่างช้า ๆ ไม่ส่งผลต่อภูมิคุ้มกันของปลาอย่างมีนัยสำคัญ ซึ่งได้มีการประเมินว่าถ้าอุณหภูมิน้ำเปลี่ยนไปประมาณ 4 ถึง 8 องศาเศลเซียส ภายในระยะเวลา 12 ถึง 24 ชั่วโมง ปลาจะมีภูมิคุ้มกันลดลง และเสี่ยงต่อการเกิดโรค (Chen et al., 2004; Ndong et al., 2007) ปัญหาการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิน้ำในประเทศไทย โดยเฉพาะฤดูหนาวมีการเปลี่ยนแปลงประมาณ 7-8 องศาเซลเซียสในรอบวัน (Fedoruk, 1981) นอกจากนี้เยาวนิตย์ ดนยดลและจีรนันท์ อุไรประสิทธิ์(2544) ได้ศึกษาผลของการลดอุณหภูมิน้ำต่อการตอบสนองของระบบภูมิคุ้มกันโรคในปลากะรังและปลากระพงขาว พบว่าปลาทั้ง 2 ชนิดมีภูมิคุ้มกันโรคลดลงเมื่ออุณหภูมิน้ำต่ำลง ในสภาพฤดูกาลบางช่วงของประเทศไทย ที่น้ำมีอุณหภูมิต่ำกว่าอุณหภูมิที่เหมาะสมสำหรับการดำรงชีวิตของปลาดุก จะทำให้ปลาดุกมีภูมิคุ้มกันโรคลดลง

การเลี้ยงปลาดุกลูกผสมมักนิยมเลี้ยงในสภาพความหนาแน่นสูง เพื่อให้ได้ผลผลิตต่อหน่วยพื้นที่สูง สภาพการเลี้ยงที่หนาแน่นส่งผลต่อความเครียดของปลาอีกทางหนึ่ง และสภาพที่มีการเปลี่ยนแปลงคุณภาพน้ำในด้านอื่น ๆ ร่วมด้วย เช่น ค่าความเป็นกรด-ด่าง ค่าออกซิเจนละลายน้ำ ฯลฯ จะร่วมกันส่งผลกระทบต่อการเกิดโรคในปลาดุกในฤดูหนาวและฤดูฝนได้ ได้มีรายงานการศึกษาว่าอุณหภูมิน้ำที่ไม่เหมาะสมก่อให้เกิดความเครียดกับปลาเพิ่มมากขึ้นเมื่อปลาอยู่ในสภาวะ

ที่มีความเครียดจากการปนเปื้อนของโลหะหนักในน้ำ และสารเคมีในน้ำ (Prophete et al., 2006;Patra et al., 2007)

การศึกษาทางด้านระบบภูมิคุ้มกันในปลาจะให้ความสำคัญกับค่าบ่งบอกถึงภูมิคุ้มกันแบบไม่จำเพาะเจาะจง (non-specific immunity หรือ innate immunity) เพราะเป็นระบบภูมิคุ้มกันที่ทำหน้าที่หลักในการปกป้องปลาจากเชื้อโรค เนื่องจากเป็นด่านแรกที่จะทำลายเชื้อโรคที่เข้าสู่ร่างกายปลา โดยจะทำหน้าที่หลักในการทำลายเชื้อโรคที่ปลาได้รับเป็นครั้งแรก (Magnadottir, 2006) ค่าบ่งบอกภูมิคุ้มกันแบบไม่จำเพาะเจาะจง สามารถแบ่งออกเป็น 2 ประเภทใหญ่ คือ ภูมิคุ้มกันแบบสารน้ำและภูมิคุ้มกันแบบเซลล์ ผลการศึกษาส่วนใหญ่แสดงให้เห็นว่า เมื่ออุณหภูมิน้ำลดลงจะส่งผลให้ค่าภูมิคุ้มกันแบบสารน้ำลดลง ได้แก่ lysozyme activity และ alternative haemolytic completment (ACH 50) ลดลง (Ndong et al., 2007; Tort et al., 1998) อุณหภูมิน้ำที่ต่ำลงส่งผลต่อค่าภูมิคุ้มกันแบบเซลล์ในปลาด้วยเช่นเดียวกัน โดยพบว่าจำนวนเม็ดเลือดขาวทั้งหมดจะลดลงเมื่อปลาอยู่ในอุณหภูมิน้ำที่ต่ำลง (Ndong et al., 2007) และยังส่งผลทำให้ค่า phagocytic activity ซึ่งเป็นการบ่งบอกถึงความสามารถในการจับกินสิ่งแปลกปลอมต่ำลง (Ndong et al., 2007) นอกจากนี้อุณหภูมิน้ำที่ต่ำลงทำให้อัตราการทำงานของเซลล์ที่ทำหน้าที่จับกินสิ่งแปลกปลอม ซึ่งวัดโดยการวัดค่า respiratory burst activity ลดลง (Chen et al., 2004; Ndong et al., 2007; Tort et al., 1998) ผลการศึกษาดังกล่าวเหล่านี้เป็นข้อมูลที่อธิบายถึงผลของอุณหภูมิน้ำที่ต่ำลงต่อการลดลงของภูมิคุ้นกันในตัวปลา และการอ่อนแอต่อโรคของปลาในการเลี้ยงปลาในฤดูหนาวหรือฤดูกาลที่น้ำมีการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิ

สัตว์น้ำมีกลไกการตอบสนองต่อสภาวะความเครียด โดยในขั้นแรกสัตว์น้ำจะมีการตอบสนองต่อความเครียดที่เกิดขึ้นผ่านทางระบบประสาทร่วมกับการหลั่งฮอร์โมน โดยการทำให้เกิดการหลั่งฮอร์โมนที่เกี่ยวข้องกับความเครียด จากนั้นฮอร์โมนที่เกี่ยวข้องกับความเครียดนี้จะส่งผลให้เกิดการเปลี่ยนแปลงทางด้านสรีรวิทยาในร่างกายของสัตว์น้ำ และเมื่อสัตว์น้ำยังอยู่ในสภาวะความเครียดอยู่ การเปลี่ยนแปลงทางสรีรวิทยาจะส่งผลกระทบต่อการเจริญเติบโต ภูมิคุ้มกันโรค และการสืบพันธุ์ (Wedemeyer, 1996)

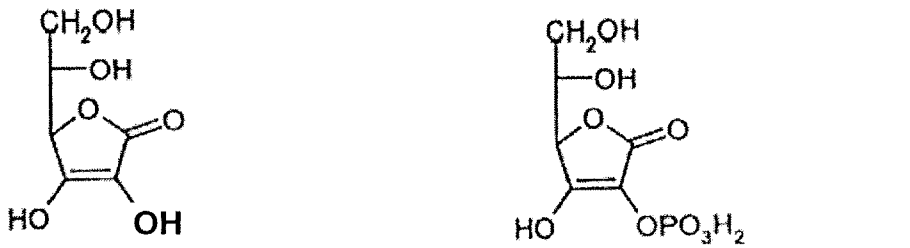
โดยปกติสัตว์ที่ใช้ออกซิเจนในกระบวนการหายใจจะมีกระบวนการต่าง ๆ ภายในร่างกายทำให้เกิด reactive oxygen species (ROS) ซึ่งได้แก่ superoxide anion radical ($O_2^{\bullet-}$) , hydrogen peroxide (H_2O_2) และ hydroxyl radical ($^{\bullet}OH$) ในขณะเดียวกันก็จะมีกระบวนการในการกำจัด ROS เพื่อทำให้อยู่ในสภาวะสมดุล กลไกในการกำจัด ROS เกิดขึ้นได้ทั้งกระบวนการที่ใช้เอ็นไซม์ (superoxide dismutase, catalase, glutathione peroxidase, glutathione reductase) และกระบวนการที่ไม่ได้ใช้เอ็นไซม์ ซึ่งได้แก่การใช้สารต้านอนุมูลอิสระ (Close and Hagerman, 2006) ถ้าหากร่างกายเกิดความสมดุลของกระบวนเกิดและการกำจัด ROS เซลล์ก็จะไม่ได้รับอันตรายจาก

ROS ที่ผลิตขึ้น แต่ถ้าหากร่างกายเกิดการเสียสมดุลของกระบวนการผลิตและการกำจัดก็จะเกิดภาวะ oxidative stress

สัตว์น้ำมีการตอบสนองต่อสิ่งที่ก่อให้เกิดความเครียด (stressor) อย่างรวดเร็ว กลไกการตอบสนองอันหนึ่งที่เกิดขึ้นอย่างรวดเร็วเมื่ออยู่ในสภาวะแวดล้อมที่ไม่เหมาะสม คือ การเกิดภาวะ oxidative stress หรือเกิดภาวะที่เกิดอนุมูลอิสระมากจนทำให้สมดุล และทำให้เซลล์ถูกทำลายด้วยอนุมูลอิสระ (Heise et al., 2006) ดังนั้นจึงได้มีการใช้การศึกษาภาวะ oxidative stress ในสัตว์น้ำเพื่อนำมาประยุกต์ใช้เป็น biomarker สำหรับตรวจวัดสภาวะแวดล้อมทางน้ำ ได้แก่ การใช้ภาวะ oxidative stress ในสัตว์น้ำสำหรับการตรวจวัดสารพิษในน้ำ (Jos et al., 2005; Farombi et al., 2008) วิธีการที่นำมาใช้ในการวัดค่า oxidative stress มีหลายวิธีการ เช่น การวัดกระบวนการต้านอนุมูลอิสระด้วยการวัดระดับเอ็นไซม์ที่เกี่ยวข้อง การวัดสภาวะที่เซลล์ถูกทำลายด้วยอนุมูลอิสระโดยการวัดโปรตีนและ/หรือดีเอ็นเอที่ถูกทำลาย หรือการวัดค่า lipid peroxidation โดยการวิเคราะห์ค่า Malodialdehyde (Kohen and Nyska, 2002)

การเลี้ยงปลาในสภาพที่อุณหภูมิน้ำต่ำลงนี้ ทำให้เกษตรกรมักจะป้องกันและรักษาโรคโดยการใช้ยาปฏิชีวนะผสมในอาหารเพื่อเลี้ยงปลา ส่งผลให้เกษตรกรต้องมีต้นทุนการเลี้ยงสูงขึ้น อันเนื่องมาจากการใช้ยาปฏิชีวนะเพื่อการรักษาและป้องกันโรค แต่ปัญหาที่หนักยิ่งไปกว่านั้นก็คือ ปัญหาการตกค้างของยาปฏิชีวนะในเนื้อปลาที่บริโภค นอกจากนี้การรักษาปลาที่เกิดโรคแล้วมักทำได้ยาก อีกทั้งในระหว่างการรักษาย่อมมีการสูญเสียปลาไปจำนวนหนึ่ง และการใช้ยาปฏิชีวนะจะต้องระมัดระวังเรื่องระยะเวลาการใช้และชนิดของยาซึ่งจะเป็นปัญหาของการดื้อยา เนื่องจากการใช้ยาปฏิชีวนะในปริมาณที่ไม่เหมาะสมเป็นเวลานาน แบคทีเรียจะมีการพัฒนาสายพันธุ์ที่ดื้อยาทำให้การรักษาครั้งต่อไปไม่ได้ผล นอกจากนี้ Kruse and Sorum (1994) รายงานว่ายีนต้านยาปฏิชีวนะในแบคทีเรียอาจส่งผ่านไปยังแบคทีเรียที่ก่อโรคในมนุษย์ อาจส่งผลให้การใช้ยาปฏิชีวนะในมนุษย์ไม่ได้ผลในอนาคตได้ ปัจจุบันนักวิชาการและเกษตรกรส่วนใหญ่หันมาให้ความสำคัญของการทำให้ปลาดุกลูกผสมที่เลี้ยงมีสุขภาพดี แข็งแรง มีการสร้างภูมิคุ้มกันโรคได้ตามปกติในสภาพแวดล้อมที่เปลี่ยนไป เพื่อให้ปลามีความสามารถในการทนทานโรคในสภาพแวดล้อมต่าง ๆ ได้ดีขึ้น โดยเฉพาะอย่างยิ่งในสภาพที่น้ำมีอุณหภูมิต่ำ การป้องกันโรคในระหว่างการเลี้ยงปลานอกจากจะทำโดยการจัดการการเลี้ยงให้เหมาะสมกับปลาแล้ว การเสริมสารอาหารที่มีบทบาทต่อการเพิ่มภูมิคุ้มกันโรค ก็เป็นอีกแนวทางหนึ่งในการป้องกันการเกิดโรคให้กับปลาได้ วิตามินซี และวิตามินอี เป็นสารอาหารที่ปลาจำเป็นต้องได้รับ เพื่อใช้ในปฏิกิริยาชีวะเคมีและเมตาบอลิซึมภายในร่างกายปลาให้เป็นปกติ นอกจากนี้วิตามินทั้งสองชนิดยังเป็นสารที่มีความสำคัญต่อระบบภูมิคุ้มกัน และมีคุณสมบัติเป็นสารต้านอนุมูลอิสระ ซึ่งสามารถต้านความเครียดได้ ดังนั้นในสภาวะที่ปลาเกิดความเครียด ปลาอาจมีความจำเป็นต้องได้รับวิตามินทั้ง 2 ชนิดสูงขึ้นเพื่อนำไปช่วยในระบบภูมิคุ้มกันโรคให้ทำงานได้ดีขึ้น

วิตามินซี (ascorbic acid) ($C_6H_8O_6$, MW =176.13)(ภาพที่ 1.3) ในอาหารมี 2 รูปแบบ ซึ่งร่างกายสามารถนำไปใช้ได้ทั้ง 2 ชนิด คือ ascorbic acid และ dehydroascorbic acid วิตามินซีเป็นสารที่มีความสำคัญต่อกลไกทางชีวภาพในสัตว์ ได้แก่ วิตามินซีเป็นโคแฟกเตอร์ในปฏิกิริยา hydroxylation ที่เปลี่ยนไลซีนและโปรลีนไปเป็นไฮดรอกซีไลซีนและไฮดรอกซีโปรลีนตามลำดับ ซึ่งเป็นไฮดรอกซีไลซีนและไฮดรอกซีโปรลีนเป็นสารที่สำคัญต่อกระบวนการสร้างคอลลาเจน คอลลาเจนที่แข็งแรงจะเป็น basement membrane ที่จำเป็นต่อความแข็งแรงของผนังหลอดเลือด กระดูก ฟัน และเนื้อเยื่อเกี่ยวพัน วิตามินซีเป็นสารที่สำคัญต่อการดูดซึมธาตุเหล็กในระบบทางเดินอาหาร โดยวิตามินซีจะช่วยทำให้แร่ธาตุเหล็กอยู่ในรูป ferrous ion (Fe^{++}) ซึ่งจะถูกดูดซึมผ่านผนังลำไส้ได้ วิตามินซีเป็นสารที่ช่วยป้องกันปฏิกิริยาออกซิเดชันในตัวกลางที่เป็นน้ำ เป็นสารต้านอนุมูลอิสระ และทำงานร่วมกับวิตามินอีในการเป็นสารต้านอนุมูลอิสระในตัวกลางที่เป็นน้ำมัน วิตามินซีมีผลต่อการเพิ่มระบบภูมิคุ้มกัน พบวิตามินซีสะสมในเม็ดเลือดขาว และวิตามินซีมีหน้าที่ช่วยในการผลิต C1q ที่เป็นสารประกอบของคอมพลีเมนต์ ดังนั้นวิตามินซีจึงมีบทบาทสำคัญสำหรับการเจริญเติบโต และภูมิคุ้มกันโรค (Gabaudan and Verlhac, 2001)



L-ascorbic acid **L-ascorbyl -2-monophosphate**

ภาพที่ 1.3 โครงสร้างของวิตามินซี (L-ascorbic acid) และอนุพันธ์วิตามินซี (L-ascorbyl-2-monophosphate)

วิตามินซีเป็นสารที่จำเป็นต่อร่างกายปลา ปลาต้องได้รับเพื่อให้การเจริญเติบโต การสืบพันธุ์ และเพื่อให้กลไกทางชีวภาพ ดำเนินได้อย่างปกติ ปลาส่วนใหญ่ไม่สามารถสังเคราะห์วิตามินซีได้ภายในร่างกาย หรือสังเคราะห์ได้ในปริมาณที่ไม่เพียงพอ ปลาจำเป็นต้องได้รับวิตามินซีจากอาหาร ในสภาพการเลี้ยงปลาที่ไม่หนาแน่นมาก ปลาจะได้รับวิตามินซีจากอาหารธรรมชาติ ได้แก่พวกแพลงก์ตอนพืช และพืชน้ำ ในสภาพการเลี้ยงปลาอย่างหนาแน่น ปริมาณอาหารธรรมชาติไม่เพียงพอ จำเป็นต้องเสริมวิตามินซีในอาหารปลา ได้มีข้อมูลการศึกษาในสัตว์น้ำหลายชนิดรายงานว่าวิตามินซีมีผลในการเพิ่มค่าภูมิคุ้มกันโรคในปลาได้ โดยมีบทบาทในการป้องกันเซลล์ในร่างกาย

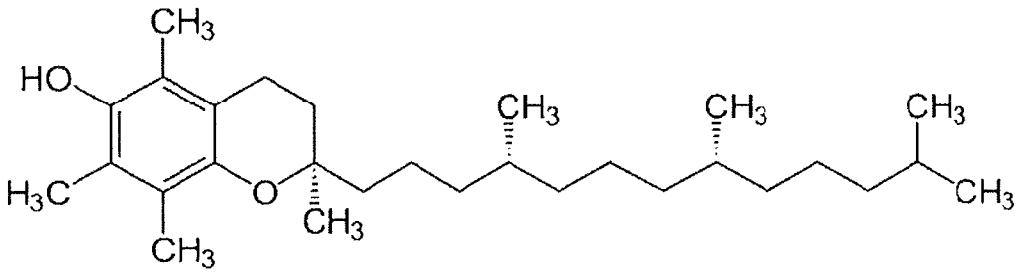
ถูกทำลายจากปฏิกิริยาออกซิเดชัน ซึ่งส่งผลให้ประสิทธิภาพการทำงานของคอมพลีเมนต์ (complement activity) การทำงานของเอนไซม์ไลโซไซม์ ประสิทธิภาพของการทำงานแบบฟาโกไซโตซีส (phagocytosis activity) สูงขึ้น (Li and Lovell, 1985; Navarre and Halver, 1989; Verlahc et al., 1998; Ortuno et al., 1999, 2001; Anbarasu and Chandran, 2001)

ในปลาพบว่าวิตามินซี จัดเป็นสารอาหารที่สำคัญ การขาดวิตามินซี จะส่งผลเสียต่อหลายระบบสรีระหลายระบบในร่างกายปลา เช่น ปลาที่เลี้ยงจะมีอัตราการเจริญเติบโตลดลง รูปร่างปลาอาจผิดปกติได้ เช่น มีกระดูกโค้งงอ (scoliosis and lordosis) ถ้าปลามีบาดแผลจะหายช้า ความต้านทานต่อเชื้อโรคลดลง ความอดทนต่อการเปลี่ยนแปลงของคุณภาพน้ำที่อาศัยอยู่ลดลง ความทนทานต่อความเครียดที่เกิดขึ้นเนื่องจากสารพิษต่าง ๆ ในน้ำได้ลดลง (NRC, 1993) ดังจะเห็นได้จากการทดลองของ Cuesta et al. (2002) เมื่อแยกเซลล์เม็ดเลือดขาวจากไตตอนต้นของปลา seabream มาเลี้ยงในสารอาหารที่ผสมวิตามินซี แล้ว พบว่าเซลล์ดังกล่าวมีระดับวิตามินซี ในเซลล์เพิ่มมากขึ้น และที่สำคัญพบว่าเซลล์ดังกล่าวมี natural cytotoxic activity เพิ่มสูงขึ้น การทดลองอีกการทดลองหนึ่งของ Sealey และ Gatlin (2002a) ก็พบว่าวิตามินซี มีผลต่อการช่วยเพิ่มภูมิคุ้มกันโรคของปลา โดยเมื่อเลี้ยงปลา striped bass ในอาหารที่มีวิตามินซี ในปริมาณต่ำสุดที่ปลาต้องการ แล้วทำการแยกเซลล์ที่ไตส่วนต้น พบว่าเซลล์ดังกล่าวสามารถทำหน้าที่ในการกำจัดเชื้อโรค (Phagocyte function) ได้มากขึ้น

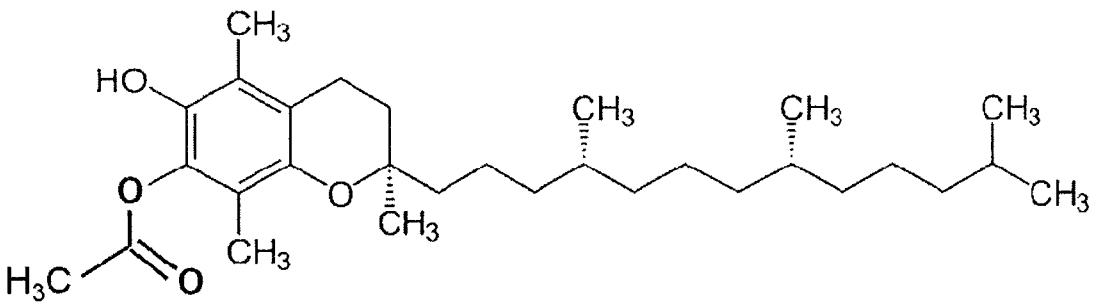
วิตามินอี (Tocopherol) เป็นแอลกอฮอล์ที่ไม่อิ่มตัว ในธรรมชาติพบวิตามินอี 4 ชนิด ได้แก่ $\alpha, \beta, \gamma,$ และ δ tocopherol โดย alpha-tocopherol (ภาพที่ 1.4) เป็นตัวที่มีบทบาทสำคัญที่สุด เนื่องจากมีความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระได้ดี โดยวิตามินอีเป็นสารต้านอนุมูลอิสระที่ละลายอยู่ในไขมัน จึงช่วยปกป้องเซลล์ในร่างกายจากสารอนุมูลอิสระ โดยไปขัดขวางปฏิกิริยาออกซิเดชันของผนังเซลล์ และปกป้องกรดไขมันไม่อิ่มตัวจากปฏิกิริยาออกซิเดชัน โดยเฉพาะกรดไขมันในร่างกายปลาจะมีองค์ประกอบของกรดไขมันไม่อิ่มตัวสูงมาก วิตามินอีช่วยในการกำจัด ROS ที่เกิดขึ้นทำให้ ROS ไม่มีผลต่อปฏิกิริยาลูกโซ่ในการออกซิไดซ์กรดไขมันไม่อิ่มตัวสูงต่อไป (Frei and Ames, 1998) และได้มีการรายงานว่ามีความสำคัญต่อการทำงานของระบบสืบพันธุ์ให้เป็นปกติ (Azzi and Stocker, 2000)

ข้อมูลวิชาการบ่งบอกถึงความสำคัญของวิตามินอีต่อระบบภูมิคุ้มกันในปลา โดยวิตามินอีมีผลต่อการเพิ่มประสิทธิภาพการทำงานของคอมพลีเมนต์ (complement activity) การทำงานของเอนไซม์ไลโซไซม์ ประสิทธิภาพของการทำงานแบบฟาโกไซโตซีส (phagocytosis activity) สูงขึ้น (Ortuno et al., 2001; Chen et al., 2004) ในปลา striped bass พบว่า วิตามินอี มีบทบาทต่อหน้าที่การจับกินเชื้อโรคของเซลล์ (phagocyte function) ที่บริเวณไตตอนต้น (Sealey and Gatlin, 2002b) การทดลองของ George et al. (2000) พบว่าเมื่อเลี้ยง epithelioma papulosum cyprinid

cell line ในสารอาหารที่ขาดวิตามินอี เซลล์ดังกล่าวมีความทนทานต่อสารพิษต่าง ๆ ต่ำ และเซลล์มีความทนทานต่อสารพิษต่าง ๆ เพิ่มขึ้นอย่างเห็นได้ชัดเมื่อมีการเติมวิตามินอี ลงในสารอาหาร การทดลองในปลา seabream (*Sparus aurata* L.) ก็พบว่าวิตามินช่วยเพิ่มความทนทานต่อสารพิษในเซลล์เม็ดเลือดขาว (Cuesta et al. 2001) นอกจากนี้การทดลองของ Puangkaew et al. (2004) ที่ทดลองเลี้ยงปลาเรนโบว์เทร้าด้วยอาหารที่มีกรดไขมันไม่อิ่มตัวสูง (Polyunsaturate fatty acid' PUFA) ในปริมาณสูง พบว่าเมื่อเพิ่มวิตามินอี ในอาหารที่มี PUFA สูงมากกว่าระดับที่ต้องการเพื่อการเจริญเติบโตเป็นปกติ จะทำให้ระบบภูมิคุ้มกันโรคของปลาเรนโบว์เทร้า (*Onchorhynchus mykiss*) ดีขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ



Alpha-tocopherol



Alpha-tocopheryl acetate

ภาพที่ 1.4 โครงสร้างของวิตามินอี (Alpha-tocopherol) และสารอนุพันธ์วิตามินอี (Alpha-tocopheryl acetate)

วิตามินซีและวิตามินอีมักจะถูกออกซิไดซ์ได้ง่าย ในทางการใช้เป็นสารเสริมในอาหารสัตว์ จึงได้มีการผลิตในรูปของสารอนุพันธ์วิตามินซีและวิตามินอี เพื่อให้มีความคงตัวในอุณหภูมิปกติได้นาน และสามารถออกฤทธิ์ในร่างกายสัตว์ได้ ได้มีการผลิตอนุพันธ์ของวิตามินซีหลายชนิดได้แก่ แต่ชนิดที่นิยมในการใช้เป็นสารเสริมในอาหารสัตว์น้ำมักจะมีสองรูปด้วยกันคือ L-

ascorbyl-2-sulfate และ L-ascorbyl-2-phosphate (ภาพที่ 1.3) ได้มีรายงานการศึกษาในปลา channel catfish พบว่าการเสริมอนุพันธ์วิตามินซี L-ascorbyl-2-phosphate ให้ผลดีกว่าการใช้วิตามินซีในรูปของ L-ascorbyl-2-sulfate (El Naggar and Lovell, 1991) L-ascorbyl-2-phosphate ถูกสังเคราะห์โดยมีการแทนหมู่ไฮดรอกซิลที่ตำแหน่งที่ 2 ด้วยหมู่ฟอสเฟต ทำให้เพื่อความคงทนได้ และได้ถูกนำมาศึกษาถึงผลการเสริมในอาหารปลาหลายชนิด (Wang et al., 2003; Chen et al., 2007) กลไกในย่อยและการดูดซึม L-ascorbyl-2-phosphate นั้นสามารถอธิบายได้ว่า L-ascorbyl-2-phosphate ถูกย่อยด้วยเอ็นไซม์ฟอสฟาเตสที่ลำไส้เล็ก และถูกดูดซึมเข้าสู่ผนังลำไส้เล็กด้วยกระบวนการ sodium-ascorbate cotransport ผ่าน enterocyte ของลำไส้เล็ก (Matusiewicz and Dabrowski, 1995; Wilson, 2005) และวิตามินอีที่นิยมใช้เป็นสารเสริมในอาหารสัตว์น้ำจะอยู่ในรูปของสารอนุพันธ์ tocopheryl acetate (ภาพที่ 1.4) วิตามินอีถูกดูดซึมผ่านผนังทางเดินอาหารที่ลำไส้เล็กเช่นเดียวกับกลไกการดูดซึมไขมัน ซึ่งเกี่ยวข้องกับ การเกิด emulsification หรือเกิดโครงสร้างไมเซลล์ผสม (mixed micelle) โดยการอาศัยน้ำดี เมื่อผ่านผนังลำไส้เล็กจะรวมตัวกับโปรตีนเป็นchylomicron ซึ่งจะถูกปล่อยเข้าสู่ระบบน้ำเหลือง (lymphatic system) และผ่านเข้าสู่กระแสโลหิตเพื่อลำเลียงไปยังเนื้อเยื่อต่าง ๆ (Traber et al., 1993)

แม้ว่าวิตามินซีไม่ได้จัดเป็นสารอาหารที่มีหน้าที่หลักต่อการเร่งเจริญเติบโตในปลา แต่ก็มีรายงานการศึกษาในปลาดุกอัฟริกัน พบว่าการเสริมวิตามินซีที่ระดับ 50 mg/kgเพียงพอต่อการเจริญเติบโตแบบปกติ และไม่พบว่าปลาดุกอัฟริกันแสดงอาการขาดเมื่อได้รับการเสริมวิตามินซีที่ระดับดังกล่าว แต่พบว่า การเสริมวิตามินซีที่ระดับเพิ่มขึ้น 1500 mg/kgมีผลต่อการเพิ่มสมรรถนะการเจริญเติบโตของปลาดุกอัฟริกัน (Adewolu and Aro, 2009) นอกจากนี้มีรายการศึกษาเกี่ยวกับบทบาทของวิตามินอีต่อสมรรถนะการเจริญเติบโต พบว่าเมื่อเพิ่มระดับการเสริมวิตามินอีในอาหารมีผลต่อการเพิ่มสมรรถนะการเจริญเติบโตในปลา seabream, ปลาเรนโบว์เทร้า, ปลา piracucu และปลา rohu (Tocher et al., 2002; Pearce et al., 2003; Sau et al., 2004)

ถึงแม้ว่าจะมีการทดลองการใช้วิตามินซีและวิตามินอีในการเพิ่มภูมิคุ้มกันโรคในปลาที่ได้รับความเครียดเนื่องจากปัจจัยอื่น ๆ ในปลาหลายชนิดก็ตาม แต่การใช้วิตามินซีและวิตามินอีเพื่อเพิ่มภูมิภูมิคุ้มกันให้กับปลาในสภาวะการเลี้ยงที่อุณหภูมิน้ำต่ำยังมีการศึกษาน้อยมาก และมีการศึกษาน้อยมากในปลาเขตร้อน การเสริมวิตามินสองชนิดในอาหารปลาดุกลูกผสมน่าจะส่งผลทำให้ปลามีความแข็งแรง ทนทานต่อสภาพแวดล้อม โดยเฉพาะเมื่ออุณหภูมิน้ำที่ไม่เหมาะสม ซึ่งการจัดการและการควบคุมอุณหภูมิน้ำในการเลี้ยงปลา ในด้านการจัดการด้านอื่น ๆ นั้นทำได้ยาก ไม่คุ้มค่าต่อการลงทุนในการเลี้ยงปลาเชิงพาณิชย์ ดังนั้นในโครงการวิจัยนี้จึงมีวัตถุประสงค์ที่จะพัฒนาสูตรอาหารเพื่อหาความเหมาะสมของระดับการเสริมวิตามินเพื่อเพิ่มภูมิคุ้มกันโรคให้กับปลาดุกโดยเฉพาะในสภาพการเลี้ยงที่อุณหภูมิน้ำเย็นลงซึ่งเป็นสภาวะที่ปลาดุกจะมีความเครียดมากกว่า

สภาพปกติ ผลการศึกษานี้อาจทำให้เกิดข้อมูลทางวิชาการที่เป็นประโยชน์ต่อเกษตรกรที่จะนำไปใช้ในการเลี้ยงปลานอกฤดูกาล

วัตถุประสงค์

1. เพื่อศึกษาถึงผลของอุณหภูมิน้ำต่อค่าทางโลหิตวิทยาและค่า lipid peroxidation ของปลาดุกลูกผสม
2. เพื่อทำให้ทราบระดับของการเสริมวิตามินซีในอาหารและระยะเวลาการเสริมวิตามินซีที่เหมาะสมต่อสมรรถนะการเจริญเติบโต สภาวะทางโลหิตวิทยา และค่าทางภูมิคุ้มกันแบบไม่จำเพาะ ในปลาดุกลูกผสมภายใต้สภาวะการทดสอบอุณหภูมิน้ำต่ำ
3. เพื่อทำให้ทราบระดับของการเสริมวิตามินอีในอาหารและระยะเวลาการเสริมวิตามินอีที่เหมาะสมต่อสมรรถนะการเจริญเติบโต สภาวะทางโลหิตวิทยา และค่าทางภูมิคุ้มกันแบบไม่จำเพาะ ในปลาดุกลูกผสมภายใต้สภาวะการทดสอบอุณหภูมิน้ำต่ำ

ขอบเขตของการวิจัย

การศึกษาครั้งนี้มุ่งเน้นที่จะศึกษาถึงผลของการเสริมวิตามินซีและวิตามินอีในอาหารต่อปลาดุกลูกผสมที่ถูกทดสอบด้วยน้ำอุณหภูมิต่ำ เพื่อทำให้ทราบค่าระดับการเสริมของวิตามินทั้งสองต่อการเสริมสุขภาพของปลาดุกลูกผสมภายใต้สภาวะความเครียดจากอุณหภูมิน้ำ ในการศึกษาครั้งนี้จะใช้สารอนุพันธ์วิตามินซีและวิตามินอี ซึ่งได้แก่ L-ascorbyl-2-monophosphate และ tocopheryl actate ตามลำดับ เสริมในอาหารปลาดุกลูกผสม ที่ระดับความเข้มข้นต่าง ๆ แล้วนำมาเลี้ยงปลาดุกลูกผสมเป็นระยะเวลา 2 เดือน ในระหว่างการเลี้ยงจะนำปลาดุกลูกผสมไปทดสอบการเปลี่ยนอุณหภูมิน้ำอย่างฉับพลัน (19 องศาเซลเซียส) เป็นเวลา 24 ชั่วโมง โดยจะทำการทดสอบอุณหภูมิน้ำ 2 ครั้งได้แก่ ครั้งแรกที่ 4 สัปดาห์หลังจากเลี้ยงปลาดุกทดลองเป็นระยะเวลา 4 สัปดาห์ และครั้งที่ 2 ก็คือหลังจากเลี้ยงปลาดุกลูกผสมเป็นระยะเวลา 8 สัปดาห์ จากนั้นทำการเก็บตัวอย่างเลือดปลาเพื่อวิเคราะห์ค่าทาโลหิตวิทยา และค่าภูมิคุ้มกันแบบไม่จำเพาะ ได้แก่ ปริมาณเอ็นไซม์ไลโซไซม์ ปริมาณอิมมูโนโกลบูลิน ค่าคอมพลีเมนต์

การวิจัยครั้งนี้ยังได้ทำการศึกษาถึงผลของอุณหภูมิน้ำต่ำ-สูง ในธรรมชาติที่มักจะวัดได้ในประเทศไทย ต่อค่าทางโลหิตวิทยาและ lipid peroxidation ในตับและไตปลา ซึ่งเป็นอวัยวะที่สำคัญต่อกระบวนการเมตาโบลิซึม และภูมิคุ้มกันในปลา

นอกจากนี้ในระหว่างการทดลองจะทำการศึกษาถึงผลของการเสริมวิตามินซีและวิตามินอีในอาหารต่อการสะสมของอนุพันธ์วิตามินดังกล่าวในตับปลา ตลอดจากทำการเก็บข้อมูลสมรรถนะการเจริญเติบโต และอัตราการรอด

สำนักงานคณะกรรมการวิจัยแห่งชาติ ห้องสมุดงานวิจัย

ประโยชน์ที่ได้รับจากการวิจัย

1. ทำให้ทราบระดับการเสริมอนุพันธ์วิตามินซี และระยะเวลาการเสริมอนุพันธ์วิตามินซีในอาหารสำหรับเลี้ยงปลาดุกลูกผสม เพื่อรักษาสุขภาพปลาหรือบรรเทาอันตรายที่จะเกิดขึ้นกับปลาดุกลูกผสมเพื่อประสบภาวะความเครียดจากน้ำอุณหภูมิต่ำ

2. ทำให้ทราบระดับการเสริมอนุพันธ์วิตามินอี และระยะเวลาการเสริมอนุพันธ์วิตามินอีในอาหารสำหรับเลี้ยงปลาดุกลูกผสม เพื่อรักษาสุขภาพปลาหรือบรรเทาอันตรายที่จะเกิดขึ้นกับปลาดุกลูกผสมเพื่อประสบภาวะความเครียดจากน้ำอุณหภูมิต่ำ

3. เพื่อให้ทราบถึงผลและระดับของการเสริมอนุพันธ์วิตามินทั้งสองต่อสมรรถนะการเจริญเติบโต และอัตราการรอดของปลาดุกลูกผสม

4. เพื่อให้ทราบถึงข้อมูลทางวิชาการถึงผลของอุณหภูมิน้ำระหว่าง 26-34 องศาเซลเซียส ต่อค่า lipid peroxidation และค่าทางโลหิตวิทยา

สำนักงานคณะกรรมการวิจัยแห่งชาติ
ห้องสมุดงานวิจัย
วันที่ 17 เม.ย. 2555
เลขทะเบียน 245244
เลขเรียกหนังสือ