# บทที่ 5
# สรุปและอภิปรายผล

## สรุปผลการวิจัย

สารประกอบพีเอเอชที่ปนเปื้อนในแหล่งน้ำสามารถสะสมได้ในสิ่งมีชีวิตที่อาศัยอยู่ในแหล่งน้ำนั้น โดยเฉพาะปลา สามารถตรวจวัดได้จากระดับการเรืองแสงของเมตาบอไลต์ในน้ำดี และระดับปฏิกิริยา EROD ในตับของปลา การศึกษาในครั้งนี้ทำการศึกษาเพื่อเปรียบเทียบระหว่างเทคนิคการตรวจวัดระดับการเรืองแสงของเมตาบอไลต์ในน้ำดีด้วยเทคนิค FF และระดับปฏิกิริยา EROD ในตับของปลานิล ที่สัมผัสกับสารประกอบพีเอเอช เพื่อใช้เป็นดัชนีชี้วัดการปนเปื้อนของสารประกอบพีเอเอชในแหล่งน้ำ และเป็นข้อมูลพื้นฐานในการควบคุม ป้องกัน และแก้ไขปัญหาการปนเปื้อนของสารประกอบพีเอเอชในแหล่งน้ำ เพื่อสภาพแวดล้อมที่ดีขึ้น

สารประกอบพีเอเอชที่ใช้ในการศึกษา คือ แนพทาลีน ที่ความเข้มข้น 0.125-8.000 มิลลิกรัมต่อลิตร, ฟีแนนทรีน ที่ความเข้มข้น 0.047-3.000 มิลลิกรัมต่อลิตร และไพรีนที่ความเข้มข้น 0.004-0.250 มิลลิกรัมต่อลิตร ซึ่งเป็นความเข้มข้นที่ได้จากการทดสอบระดับความเป็นพิษดังที่กล่าวในบทที่ 3 และน้ำมันทางการค้าที่มีส่วนประกอบของสารประกอบพีเอเอช คือ น้ำมันเครื่อง API SG/ CD, น้ำมันเบนซิน 91 และน้ำมันดีเซล ที่ความเข้มข้นเท่ากัน คือ 1 มิลลิลิตรต่อลิตร ที่ระยะเวลาในการสัมผัสสาร 0 และ 6 ชั่วโมง 1, 5 และ 9 วัน ซึ่งทำการทดลองในห้องปฏิบัติการโครงการบัณฑิตศึกษา คณะวิทยาศาสตร์ และตัวอย่างปลานิลที่ใช้ในการทดลองเป็นเพศผู้ทั้งหมด ในช่วงเดือนพฤษภาคม-เดือนมิถุนายน จากสถานีวิจัยและพัฒนาประมงน้ำจืดชลบุรี สามารถสรุปผลการวิจัยได้ ดังนี้

**1. การศึกษาความยาวคลื่นคู่ที่เหมาะสมในการตรวจวัดระดับการเรืองแสงของพีเอเอชเมตาบอไลต์ในน้ำดี**

ความยาวคลื่นคู่ที่ Ex 290/ Em 335 นาโนเมตร, Ex 260/ Em 380 นาโนเมตร และ Ex 341/ Em 383 นาโนเมตร เป็นความยาวคลื่นคู่ที่เหมาะสำหรับการตรวจวัดระดับการเรืองแสงของแนพทาลีนเมตาบอไลต์, ฟีแนนทรีนเมตาบอไลต์ และไพรีนเมตาบอไลต์ในน้ำดีของปลานิลตามลำดับ รวมทั้งสามารถนำมาตรวจวัดระดับการเรืองแสงของพีเอเอชเมตาบอไลต์ในน้ำดีของปลานิล ที่สัมผัสกับน้ำมันทางการค้าได้เช่นกัน

**2. การศึกษาผลของระยะเวลา และความเข้มข้นที่ต่างกันต่อระดับการเรืองแสงของพีเอเอชเมตาบอไลต์ในน้ำดี ระดับปฏิกิริยา EROD ในตับ และสัดส่วนระหว่างน้ำหนักตับต่อน้ำหนักตัว**

**2.1 ผลของระยะเวลา และความเข้มข้นที่ต่างกันต่อระดับการเรืองแสงของพีเอเอชเมตาบอไลต์ในน้ำดี**

2.1.1 ระยะเวลา และความเข้มข้นที่ต่างกันในการสัมผัสสารประกอบพีเอเอชมีผลต่อระดับการเรืองแสงของแนพทาลีนเมตาบอไลต์, ฟีแนนทรีนเมตาบอไลต์ และไพรีนเมตาบอไลต์ในน้ำดีของปลานิล พบว่า เมื่อระยะเวลา และความเข้มข้นที่ใช้ในการสัมผัสเพิ่มขึ้น ทำให้ระดับการเรืองแสงของพีเอเอชเมตาบอไลต์เพิ่มขึ้น แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p< 0.05$) โดยที่ระดับการเรืองแสงของพีเอเอชเมตาบอไลต์ในน้ำดีจะเพิ่มขึ้นเรื่อย ๆ เมื่อระยะเวลา และความเข้มข้นที่ใช้ในการสัมผัสเพิ่มขึ้น และสูงสุดที่ระยะเวลาในการสัมผัสนาน 9 วัน ที่ความเข้มข้นของแนพทาลีน, ฟีแนนทรีน และไพรีน ที่ใช้ในการสัมผัสมากที่สุด คือ 8.000, 3.000 และ 0.250 มิลลิกรัมต่อลิตร ตามลำดับ

2.1.2 ระยะเวลาในการสัมผัสน้ำมันทางการค้า คือ น้ำมันเครื่อง API SG/ CD, น้ำมันเบนซิน 91 และน้ำมันดีเซล มีผลต่อระดับการเรืองแสงของพีเอเอชเมตาบอไลต์ในน้ำดีของปลานิล ที่ตรวจวัดโดยใช้ความยาวคลื่น Ex 290/ Em 335 นาโนเมตร, Ex 260/ Em 380 นาโนเมตร และ Ex 341/ Em 383 นาโนเมตร พบว่า เมื่อระยะเวลาในการสัมผัสเพิ่มขึ้น ทำให้ระดับการเรืองแสงของพีเอเอชเมตาบอไลต์ในน้ำดีเพิ่มขึ้น แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p< 0.05$) โดยที่ระดับการเรืองแสงของพีเอเอชเมตาบอไลต์ในน้ำดีจะเพิ่มขึ้นเรื่อย ๆ เมื่อระยะเวลาในการสัมผัสเพิ่มขึ้น และสูงสุดที่ระยะเวลาในการสัมผัสนาน 9 วัน ระดับการเรืองแสงของพีเอเอชเมตาบอไลต์ในน้ำดี พบมากในปลาที่สัมผัสกับน้ำมันดีเซล, น้ำมันเบนซิน 91 และน้ำมันเครื่อง API SG/ CD ตามลำดับ และความยาวคลื่น Ex 260/ Em 380 นาโนเมตร เป็นความยาวคลื่นที่สามารถตรวจวัดระดับการเรืองแสงของพีเอเอชเมตาบอไลต์ในน้ำดีของปลาที่สัมผัสกับน้ำมันทางการค้าทั้ง 3 ชนิด ได้สูงที่สุด

**2.2 ผลของระยะเวลา และความเข้มข้นที่ต่างกันต่อระดับปฏิกิริยา EROD ในตับ**

2.2.1 ระยะเวลา และความเข้มข้นที่ต่างกันในการสัมผัสสารประกอบพีเอเอชมีผลต่อระดับปฏิกิริยา EROD ในตับของปลานิล พบว่า เมื่อระยะเวลา และความเข้มข้นที่ใช้ในการสัมผัสเพิ่มขึ้น ทำให้ระดับปฏิกิริยา EROD ในตับ เพิ่มขึ้น แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p< 0.05$) โดยที่ระดับปฏิกิริยา EROD ในตับ จะเพิ่มขึ้นเรื่อย ๆ เมื่อระยะเวลา และความเข้มข้น

มหาวิทยาลัยบูรพา Burapha University

ที่ใช้ใน การสัมผัสเพิ่มขึ้น และสูงสุดที่ระยะเวลาในการสัมผัสนาน 9 วัน ที่ความเข้มข้นของแนพทาลีน, ฟีแนนทรีน และไพรีน ที่ใช้ในการสัมผัสมากที่สุด คือ 8.000, 3.000 และ 0.250 มิลลิกรัมต่อลิตร ตามลำดับ

2.2.2 ระยะเวลาในการสัมผัสน้ำมันทางการค้า คือ น้ำมันเครื่อง API SG/ CD, น้ำมันเบนซิน 91 และน้ำมันดีเซล มีผลต่อระดับปฏิกิริยา EROD ในตับของปลานิล พบว่า เมื่อระยะเวลาในการสัมผัสเพิ่มขึ้นทำให้ระดับปฏิกิริยา EROD ในตับ เพิ่มขึ้น แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p< 0.05$) โดยที่ระดับปฏิกิริยา EROD ในตับ จะเพิ่มขึ้นเรื่อย ๆ เมื่อระยะเวลาที่ใช้การสัมผัสเพิ่มขึ้น และสูงสุดที่ระยะเวลาในการสัมผัสนาน 9 วัน

**2.3 ผลของระยะเวลา และความเข้มข้นที่ต่างกันต่อสัดส่วนระหว่างน้ำหนักตับต่อน้ำหนักตัว**

2.3.1 ระยะเวลา และความเข้มข้นที่ต่างกันในการสัมผัสสารประกอบพีเอเอช มีผลต่อสัดส่วนระหว่างน้ำหนักตับต่อน้ำหนักตัวของปลานิล พบว่า เมื่อระยะเวลา และความเข้มข้นที่ใช้ในการสัมผัสเพิ่มขึ้นทำให้สัดส่วนระหว่างน้ำหนักตับต่อน้ำหนักตัวเพิ่มขึ้น แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p< 0.05$) โดยที่สัดส่วนระหว่างน้ำหนักตับต่อน้ำหนักตัวจะเพิ่มขึ้นเรื่อย ๆ เมื่อระยะเวลา และความเข้มข้นที่ใช้ในการสัมผัสเพิ่มขึ้นและสูงสุดที่ระยะเวลาในการสัมผัสนาน 9 วัน ที่ความเข้มข้นของแนพทาลีน, ฟีแนนทรีน และไพรีน ที่ใช้ในการสัมผัสมากที่สุด คือ 8.000, 3.000 และ 0.250 มิลลิกรัมต่อลิตร ตามลำดับ

2.3.2 ระยะเวลาในการน้ำมันทางการค้า คือ น้ำมันเครื่อง API SG/ CD, น้ำมันเบนซิน 91 และน้ำมันดีเซล มีผลต่อสัดส่วนระหว่างน้ำหนักตับต่อน้ำหนักตัวของปลานิล พบว่า เมื่อระยะเวลาที่ใช้ในการสัมผัสเพิ่มขึ้นทำให้สัดส่วนระหว่างน้ำหนักตับต่อน้ำหนักตัวเพิ่มขึ้น แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p< 0.05$) โดยที่สัดส่วนระหว่างน้ำหนักตับต่อน้ำหนักตัวจะเพิ่มขึ้นเรื่อย ๆ เมื่อระยะเวลาที่ใช้ในการสัมผัสเพิ่มขึ้น และสูงสุดที่ระยะเวลาในการสัมผัสนาน 9 วัน

กล่าวโดยสรุป ระยะเวลา และความเข้มข้นที่ต่างกันในการสัมผัสสารประกอบพีเอเอช และน้ำมันทางการค้า มีผลต่อระดับการเรืองแสงของพีเอเอชเมตาบอไลต์ในน้ำดี, ระดับปฏิกิริยา EROD ในตับ และสัดส่วนระหว่างน้ำหนักตับต่อน้ำหนักตัวของปลานิล โดยที่จะเพิ่มขึ้นเรื่อย ๆ เมื่อระยะเวลา และความเข้มข้นที่ใช้ในการสัมผัสเพิ่มขึ้น และสูงสุดที่ระยะเวลาในการสัมผัสนาน 9 วัน ที่ความเข้มข้นของสารประกอบพีเอเอช แต่ละชนิดที่ใช้ในการสัมผัสมากที่สุด ส่วนความเข้มข้นของน้ำมันทางการค้าไม่มีผลเนื่องจากใช้ความเข้มข้นที่เท่ากัน คือ 1 มิลลิลิตร

ต่อลิตร นั้นคือ ค่าที่ตรวจวัดได้จะแปรผันตรงกับระยะเวลา และความเข้มข้นของมลพิษที่ปนเปื้อนในบริเวณนั้น ๆ

**3. การศึกษาความสัมพันธ์ของระดับการเรืองแสงของพีเอเอชเมตาบอไลต์ในน้ำดี, ระดับปฏิกิริยา EROD ในตับ และสัดส่วนระหว่างน้ำหนักตับต่อน้ำหนักตัว**

**3.1 ความสัมพันธ์ของระดับการเรืองแสงของพีเอเอชเมตาบอไลต์ในน้ำดี, ระดับปฏิกิริยา EROD ในตับ และสัดส่วนระหว่างน้ำหนักตับต่อน้ำหนักตัว ในการสัมผัสสารประกอบพีเอเอช**

3.1.1 ระดับการเรืองแสงของแนพทาลีนเมตาบอไลต์ในน้ำดี, ระดับปฏิกิริยา EROD ในตับ และสัดส่วนระหว่างน้ำหนักตับต่อน้ำหนักตัวของปลานิล ที่สัมผัสกับแนพทาลีนที่ความเข้มข้นต่าง ๆ พบว่า มีความสัมพันธ์ในทิศทางเดียวกัน ในระดับสูง ที่ระดับความเชื่อมั่น 99 ($p = 0.01$) และ 95 ($p = 0.05$) โดยเฉพาะระดับการเรืองแสงของแนพทาลีนเมตาบอไลต์ในน้ำดีกับระดับปฏิกิริยา EROD ในตับ มีความสัมพันธ์ในทิศทางเดียวกัน ในระดับสูง ($r = 0.724$; $p = 0.01$)

3.1.2 ระดับการเรืองแสงของฟีแนนทรีนเมตาบอไลต์ในน้ำดี, ระดับปฏิกิริยา EROD ในตับ และสัดส่วนระหว่างน้ำหนักตับต่อน้ำหนักตัวของปลานิล ที่สัมผัสกับฟีแนนทรีนที่ความเข้มข้นต่าง ๆ พบว่า มีความสัมพันธ์ในทิศทางเดียวกัน ในระดับสูง ที่ระดับความเชื่อมั่น 99 ($p = 0.01$) และ 95 ($p = 0.05$) โดยเฉพาะระดับการเรืองแสงของฟีแนนทรีนเมตาบอไลต์ในน้ำดีกับระดับปฏิกิริยา EROD ในตับ มีความสัมพันธ์ในทิศทางเดียวกัน ในระดับสูง ($r = 0.655$; $p = 0.01$)

3.1.3 ระดับการเรืองแสงของไพรีนเมตาบอไลต์ในน้ำดี, ระดับปฏิกิริยา EROD ในตับ และสัดส่วนระหว่างน้ำหนักตับต่อน้ำหนักตัวของปลานิล ที่สัมผัสกับไพรีนที่ความเข้มข้นต่าง ๆ พบว่า มีความสัมพันธ์ในทิศทางเดียวกัน ในระดับสูง ที่ระดับความเชื่อมั่น 99 ($p = 0.01$) และ 95 ($p = 0.05$) โดยเฉพาะระดับการเรืองแสงของไพรีนเมตาบอไลต์ในน้ำดีกับระดับปฏิกิริยา EROD ในตับ มีความสัมพันธ์ในทิศทางเดียวกัน ในระดับสูง ($r = 0.731$; $p = 0.01$)

กล่าวโดยสรุป ระดับการเรืองแสงของพีเอเอชเมตาบอไลต์ในน้ำดี, ระดับปฏิกิริยา EROดในตับ และสัดส่วนระหว่างน้ำหนักตับต่อน้ำหนักตัวของปลานิล ที่สัมผัสกับสารประกอบพีเอเอชแต่ละชนิด ที่ความเข้มข้นต่าง ๆ มีความสัมพันธ์ในทิศทางเดียวกันในระดับสูง ที่ระดับความเชื่อมั่น 99 ($p = 0.01$) และ 95 ($p = 0.05$)

**3.2 ความสัมพันธ์ของระดับการเรืองแสงของพีเอเอชเมตาบอไลต์ในน้ำดี, ระดับปฏิกิริยา EROD ในตับ และสัดส่วนระหว่างน้ำหนักตับต่อน้ำหนักตัว ในการสัมผัสน้ำมันทางการค้า**

มหาวิทยาลัยบูรพา Burapha University

3.2.1 ระดับการเรืองแสงของพีเอเอชเมตาบอไลต์ในน้ำดี, ระดับปฏิกิริยา EROD ในตับ และสัดส่วนระหว่างน้ำหนักตับต่อน้ำหนักตัวของปลานิล ที่สัมผัสกับน้ำมันเครื่อง API SG/ CD พบว่า มีความสัมพันธ์ในทิศทางเดียวกัน ในระดับสูง ที่ระดับความเชื่อมั่น 99 ($p$ = 0.01) และ 95 ($p$ = 0.05)

3.2.2 ระดับการเรืองแสงของพีเอเอชเมตาบอไลต์ในน้ำดี, ระดับปฏิกิริยา EROD ในตับ และสัดส่วนระหว่างน้ำหนักตับต่อน้ำหนักตัวของปลานิล ที่สัมผัสกับน้ำมันเบนซิน 91 พบว่า มีความสัมพันธ์ในทิศทางเดียวกัน ในระดับสูง ที่ระดับความเชื่อมั่น 99 ($p$ = 0.01) และ 95 ($p$ = 0.05)

3.2.3 ระดับการเรืองแสงของพีเอเอชเมตาบอไลต์ในน้ำดี, ระดับปฏิกิริยา EROD ในตับ และสัดส่วนระหว่างน้ำหนักตับต่อน้ำหนักตัวของปลานิล ที่สัมผัสกับน้ำมันดีเซล พบว่า มีความสัมพันธ์ในทิศทางเดียวกัน ในระดับสูง ที่ระดับความเชื่อมั่น 99 ($p$ = 0.01) และ 95 ($p$ = 0.05)

กล่าวโดยสรุป ระดับการเรืองแสงของพีเอเอชเมตาบอไลต์ในน้ำดี, ระดับปฏิกิริยา EROD ในตับ และสัดส่วนระหว่างน้ำหนักตับต่อน้ำหนักตัวของปลานิล ที่สัมผัสกับน้ำมันทางการค้า มีความสัมพันธ์ในทิศทางเดียวกันในระดับสูง ที่ระดับความเชื่อมั่น 99 ($p$ = 0.01) และ 95 ($p$ = 0.05)

## อภิปรายผลการวิจัย

**1. การศึกษาความยาวคลื่นคู่ที่เหมาะสมในการตรวจวัดระดับการเรืองแสงของพีเอเอชเมตาบอไลต์ในน้ำดี**

จากการศึกษางานวิจัยที่เกี่ยวข้อง พบว่า สามารถตรวจวัดระดับการเรืองแสงของพีเอเอชเมตาบอไลต์ในน้ำดีของปลาได้ ด้วยเทคนิค Fixed Wavelength Fluorescence (FF) เป็นเทคนิคที่ใช้ความยาวคลื่นคู่นิยมใช้ในการตรวจวัดระดับการเรืองแสงของพีเอเอชเมตาบอไลต์ในน้ำดี ดังการศึกษาของ Lin et al. (1996) ตรวจวัดระดับการเรืองแสงของแนพทาลีนเมตาบอไลต์, และไพรีนเมตาบอไลต์ ในน้ำดีของปลา Brown Bullhead, White Sucker และ Common Carp ที่ Em 290/ Ex 335 นาโนเมตร และ Ex 341/ Em 383 นาโนเมตร ตามลำดับ และ Shailaja et al. (2006) ตรวจวัดระดับการเรืองแสงของแนพทาลีนเมตาบอไลต์, ไพรีนเมตาบอไลต์ และฟีแนนทรีนเมตาบอไลต์ ในน้ำดีของปลา Euryhaline Fish ที่ Em 290/ Ex 335 นาโนเมตร, Ex 341/ Em 383 นาโนเมตร และ Ex 260/ Em 380 นาโนเมตร ตามลำดับ

มหาวิทยาลัยบูรพา Burapha University

Jonsson et al. (2004) นำเทคนิคฟลูออเรสเซนต์ สกรีนนิ่ง มาศึกษาเพื่อหาความยาวคลื่นคู่ที่เหมาะสมในการตรวจวัดระดับการเรืองแสงของไครซีนเมตาบอไลต์ในน้ำดีของปลา Atlantic Cod (*Gadus morhua L.*) พบว่าที่ Ex 272/ Em 374 นาโนเมตร เป็นความยาวคลื่นคู่ที่สามารถตรวจวัดระดับการเรืองแสงของไครซีนเมตาบอไลต์ในน้ำดี ได้สูงที่สุด การศึกษาในครั้งนี้จึงเลือกใช้เทคนิคฟลูออเรสเซนต์ สกรีนนิ่ง มาศึกษาเพื่อหาความยาวคลื่นคู่ที่เหมาะสมในการตรวจวัดระดับการเรืองแสงของพีเอเอชเมตาบอไลต์ในน้ำดี ของสารประกอบพีเอเอช 3 ชนิด คือ แนพทาลีน, ฟีแนนทรีน และไพรีน เนื่องจากใช้เป็นตัวแทนของสารประกอบพีเอเอชกลุ่มที่มีวงอะโรมาติก (Aromatic Ring) 2, 3 และ 4 ตามลำดับ

จากการศึกษาในครั้งนี้ พบว่า ความยาวคลื่นคู่ที่ Em 290/ Ex 335 นาโนเมตร, Ex 260/ Em 380 นาโนเมตร และ Ex 341/ Em 383 นาโนเมตร เป็นความยาวคลื่นคู่ที่เหมาะสำหรับการตรวจวัดระดับการเรืองแสงของแนพทาลีนเมตาบอไลต์, ฟีแนนทรีนเมตาบอไลต์ และไพรีนเมตาบอไลต์ในน้ำดีของปลานิล ตามลำดับ สอดคล้องการศึกษาของ Lin et al. (1996) และ Shailaja et al. (2006)

นอกจากนี้ ความยาวคลื่นที่ Em 290/ Ex 335 นาโนเมตร, Ex 260/ Em 380 นาโนเมตร และ Ex 341/ Em 383 นาโนเมตร ยังสามารถนำมาตรวจวัดระดับการเรืองแสงของพีเอเอชเมตาบอไลต์ในน้ำดีของปลานิล ที่สัมผัสกับน้ำมันทางการค้าได้เช่นกัน เพราะน้ำมันทางการค้าเหล่านี้มีสารประกอบพีเอเอชเป็นองค์ประกอบหลัก แต่เนื่องจากความยาวคลื่นคู่ที่ Ex 260/ Em 380 นาโนเมตร ซึ่งเป็นความยาวคลื่นคู่ที่เหมาะสำหรับการตรวจวัดระดับการเรืองแสงของฟีแนนทรีนเมตาบอไลต์ในน้ำดี และยังสามารถตรวจวัดระดับการเรืองแสงของพีเอเอชเมตาบอไลต์ในน้ำดีของปลา ที่สัมผัสกับน้ำมันทางการค้าได้สูงที่สุด จึงถือว่า ความยาวคลื่นคู่ Ex 260/ Em 380 นาโนเมตร เป็นความยาวคลื่นคู่ที่เหมาะสำหรับการตรวจวัดระดับการเรืองแสงของพีเอเอชเมตาบอไลต์ในน้ำดีของปลา ที่สัมผัสกับน้ำมันทางการค้าทั้ง 3 ชนิด

จากการศึกษาที่กล่าวมาข้างต้นแสดงให้เห็นว่า เทคนิค FF สามารถตรวจวัดระดับการเรืองแสงของพีเอเอชเมตาบอไลต์ในน้ำดีได้ เช่นเดียวกันกับการตรวจวัดระดับการเรืองแสงของพีเอเอชเมตาบอไลต์ในน้ำดีของปลา Red Mullet (*Mullus barbatus*) และ Sea Comber (*Serranus cabrilla*) ด้วยเทคนิค HPLC-F และ GC-MS ซึ่งเป็นเทคนิคที่รู้จักกันโดยทั่วไป และนิยมใช้กันมานาน (Escartin & Porte, 1999) และสอดคล้องกับ Lin et al. (1996) ศึกษาเพื่อเปรียบเทียบระหว่างเทคนิค FF กับเทคนิค HPLC-F พบว่า ระดับการเรืองแสงของเบนโซ-เอ-ไพรีนเมตาบอไลต์ และแนพทาลีนเมตาบอไลต์ในน้ำดีของปลา Brown Bullhead, White Sucker และ Common Carp

ที่ตรวจวัดด้วยเทคนิค FF และHPLC-F มีความสัมพันธ์ในทิศทางเดียวกัน ในระดับสูง ($r$ = 0.89, $r$ = 1.00 ตามลำดับ $p$ = 0.01) นั้นคือ สามารถเลือกใช้เทคนิคใดก็ได้ในการตรวจวัดระดับการเรืองของพีเอเอชเมตาบอไลต์ในน้ำดี แต่สำหรับเทคนิค FF เป็นเทคนิคที่ไม่ยุ่งยาก สะดวกรวดเร็ว และมีราคาถูก (Aas et al., 1998) ถือเป็นทางเลือกใหม่ที่น่าสนใจ

**2. การศึกษาผลของระยะเวลา และความเข้มข้นที่ต่างกัน ต่อระดับการเรืองแสงของพีเอเอชเมตาบอไลต์ในน้ำดี, ระดับปฏิกิริยา EROD ในตับ และสัดส่วนระหว่างน้ำหนักตับต่อน้ำหนักตัว**

**2.1 ผลของระยะเวลา และความเข้มข้นที่ต่างกันต่อระดับการเรืองแสงของพีเอเอชเมตาบอไลต์ในน้ำดี**

จากการศึกษาสามารถตรวจวัดระดับการเรืองแสงของแนพทาลีนเมตาบอไลต์, ฟีแนนทรีนเมตาบอไลต์ และไพรีนเมตาบอไลต์ ในน้ำดีของปลานิล ที่สัมผัสกับสารประกอบพีเอเอช และน้ำมันทางการค้าได้ เช่นเดียวกันกับการศึกษาของ Aas and Goksoyr (1998) พบการเรืองแสงของพีเอเอชเมตาบอไลต์ในน้ำดีของปลา Turbot และปลา Cod ที่จับจากบริเวณที่มีการสะสมของน้ำมัน การศึกษาของสถาบัน Marine Research (1996) ศึกษาผลกระทบของบริเวณ Statfjord, Oseberg และ Brent ที่ใกล้ชิดกับแหล่งที่มีการผลิตน้ำมัน พบระดับการเรืองแสงของพีเอเอชเมตาบอไลต์ในน้ำดีของปลา Atlantic Cod (*Gadus morhua*), Haddock (*Melanogrammus aeglefinus)* และ Long Rough Dad (*Hippoglossoides platessoides*) ที่จับจากบริเวณดังกล่าวได้สูงกว่าปลาที่จับจากบริเวณอื่น และ Yang and Baumann (2005) สรุปไว้ว่าระดับการเรืองแสงของพีเอเอชเมตาบอไลต์ในน้ำดีของปลาบริเวณพื้นท้องน้ำ (Benthic fish) และปลา Brown Bulhhaed มีความสัมพันธ์ในทิศทางเดียวกันกับปริมาณการปนเปื้อนของสารประกอบพีเอเอชในดินตะกอนบริเวณแม่น้ำต่างๆ นั้นคือ แม่น้ำบริเวณโรงงานอุตสาหกรรม> แม่น้ำบริเวณต้นน้ำ> แม่น้ำบริเวณที่ไม่มีโรงงานอุตสาหกรรม

การศึกษาของ Aas and Goksoyr (1998), สถาบัน Marine Research (1996) และ Yang and Baumann (2005) ที่กล่าวมาข้างต้นถึงแม้จะเป็นเพียงการศึกษาในภาคสนามก็ตาม แต่เทคนิคที่นำมาใช้ในการศึกษาเป็นเทคนิคเดียวกัน คือ เทคนิค FF สามารถใช้เป็นข้อมูลสนับสนุนว่าเทคนิค FF สามารถตรวจวัดระดับการเรืองแสงของพีเอเอชเมตาบอไลต์ในน้ำดีของปลา ที่สัมผัสกับสารประกอบพีเอเอชได้

ระยะเวลา และความเข้มข้นที่ใช้ในการสัมผัสกับสารประกอบพีเอเอช และน้ำมันทางการค้า มีผลต่อ ระดับการเรืองแสงของพีเอเอชเมตาบอไลต์ในน้ำดีของปลานิล นั้นคือ เมื่อ

ระยะเวลา และความเข้มข้นที่ใช้ในการสัมผัสเพิ่มขึ้น ระดับการเรืองแสงของพีเอเอชเมตาบอไลต์ในน้ำดี จะเพิ่มขึ้นตามไปด้วย เช่นเดียวกับ Aas et al. (2000) ศึกษาระดับการเรืองแสงของแนพทาลีนเมตาบอไลต์, ไพรีนเมตาบอไลต์ และเบนโซ-เอ-ไพรีนเมตาบอไลต์ในน้ำดีของปลา Juvenile Cod ที่สัมผัสกับน้ำมันจากลูกสูบของเครื่องจักร (EIF Petroleum, Norway) พบว่า ระดับการเรืองแสงของพีเอเอชเมตาบอไลต์ในน้ำดีจะเพิ่มขึ้น เมื่อระยะเวลา และความเข้มข้นที่ใช้ในการสัมผัสเพิ่มขึ้น ระดับการเรืองแสงจะเพิ่มขึ้นเรื่อย ๆ ในช่วงระยะเวลาในการสัมผัสนาน 3-30 และมีแนวโน้มลดลงหลังจาก 30 วัน และ Barra et al. (2001) ศึกษาการสะสมของสารประกอบพีเอเอชในปลา Rainbow Trout ที่อาศัยอยู่ในแม่น้ำไบรโอไบรโอ ประเทศชิลี ทำการศึกษาภาคสนามโดยสร้างกระชังไว้ในแม่น้ำ และในห้องแลปโดยนำน้ำจากบริเวณเดียวกันมาใส่ในตู้เลี้ยงปลาเปลี่ยนถ่ายน้ำทุก ๆ 2 วัน พบว่า ระดับการเรืองแสงทั้งหมดของพีเอเอชเมตาบอไลต์ในน้ำดี จะเพิ่มขึ้น เมื่อระยะเวลาในการสัมผัสเพิ่มขึ้น แต่ระดับการเรืองแสงทั้งหมดของพีเอเอชเมตาบอไลต์ในน้ำดีของปลาจากภาคสนามจะสูงกว่าในห้องแลป เนื่องจากในภาคสนามอาจมีปัจจัยทางธรรมชาติ เช่น อุณหภูมิ, pH, ความเค็ม, การไหลของน้ำ เป็นต้น ทำให้มีผลต่อการรับสัมผัสสารพิษของสิ่งมีชีวิต

ซึ่งขัดแย้งกับ Gorbi and Regoli (2004) ที่ตรวจวัดระดับการเรืองแสงของ เบนโซ-เอ-ไพรีนเมตาบอไลต์ ในน้ำดีของปลา European Eel ที่สัมผัสกับสารประกอบพีเอเอชโดยการฉีดเข้าที่บริเวณช่องท้อง ที่ความเข้มข้นต่าง ๆ เมื่อระยะเวลาในการสัมผัสผ่านไป 7 วัน พบว่า ระดับการเรืองแสงของเบนโซ-เอ-ไพรีนเมตาบอไลต์ในน้ำดี จะเพิ่มมากขึ้นตามความเข้มข้นที่สูงขึ้น และศึกษาต่อโดยใช้ความเข้มข้น 50 มิลลิกรัมต่อลิตร บันทึกข้อมูลที่ 0, 3, 6, 12 และ 21 วัน พบว่า ระดับการเรืองแสงของเบนโซ-เอ-ไพรีนเมตาบอไลต์ในน้ำดี จะเพิ่มมากขึ้นเรื่อย ๆ เมื่อระยะเวลาในการสัมผัสผ่านไป 24 ชั่วโมง-4 วัน และค่อย ๆ ลดลงหลังจากวันที่ 4

การศึกษาในครั้งสอดคล้องกับการศึกษาของ Aas et al. (2000) และ Barra et al. (2001) เนื่องจากเป็นการรับสัมผัสกับสารประกอบพีเอเอชแบบต่อเนื่อง (Continuous Flow System) เช่นเดียวกัน ทำให้ระดับการเรืองแสงของพีเอเอชเมตาบอไลต์ในน้ำดี เพิ่มมากขึ้นเรื่อย ๆ เมื่อระยะเวลา และความเข้มข้นที่ใช้ในการสัมผัสเพิ่มขึ้น นั้นคือ ระดับการเรืองแสงของพีเอเอชเมตาบอไลต์ในน้ำดี จะแปรผันตรงกับระยะเวลา และความเข้มข้นของมลพิษที่ปนเปื้อนบริเวณ ส่วนการศึกษาของ Gorbi and Regoli (2004) เป็นการรับสัมผัสกับสารประกอบพีเอเอชแบบไม่ต่อเนื่อง (Static System) ระดับการเรืองแสงของพีเอเอชเมตาบอไลต์ในน้ำดีจะเพิ่มสูงเมื่อระยะเวลาในการสัมผัสผ่านไป 24 ชั่วโมง-4 วัน และมีแนวโน้มลดลงหลังจากวันที่ 4 นั้นคือ

สารประกอบพีเอเอชที่สะสมในร่างกายของสิ่งมีชีวิตผ่านขบวนการเปลี่ยนแปลงรูปร่างทางชีวภาพ เกิดเป็นสารใหม่ถูกขับไปที่น้ำดี และขับออกนอกร่างกายได้ในที่สุด นอกจากนี้คุณสมบัติทางกายภาพ ทางเคมี และทางชีวภาพของสารประกอบพีเอเอช รวมถึงลักษณะของการรับสัมผัสกับสารประกอบพีเอชอาจมีผลต่อการเรืองแสงของพีเอเอชเมตาบอไลต์ในน้ำดี พบระดับการเรืองแสงของแนพทาลีนเมตาบอไลต์, ฟีแนนทรีนเมตาบอไลต์ และไพรีนเมตาบอไลต์ในน้ำดีของปลานิลที่สัมผัสกับน้ำมันเครื่อง API SG/ CD, น้ำมันเบนซิน 91 และน้ำมันดีเซล เนื่องจากน้ำมันเหล่านี้มีส่วนประกอบของสารประกอบพีเอเอช ดังตารางที่ 26

มหาวิทยาลัยบูรพา Burapha University

ตารางที่ 26 ปริมาณสารประกอบพีเอเอชในน้ำมันดิบ (Crude Oil) จากแหล่งต่าง ๆ (IPCS, 1998)

| PAH | ปริมาณ (มิลลิกรัมต่อกิโลกรัมน้ำมันดิบ) | | |
|---|---|---|---|
| | ถ่านหิน | ปิโตรเลียม | หินน้ำมัน |
| Acenaphthene | 1,700-1,800 | 147-348 | 147-903 |
| Anthracene | 4,100 | 204-321 | 231-986 |
| Anthanthrene | <800 | ไม่มีข้อมูล | 0.3 |
| Benzo[A]Anthracene | <2,200 | 1-7 | 1 |
| Benzo[A]Fluorene | 2,100-2,500 | 11-22 | 53 |
| Benzo[A]Pyrene | <1,200 | 0.1-4 | 3-192 |
| Benzo[B]Fluorene | <3,400 | <13 | 140 |
| Benzo[C]Phenanthene | <2,200 | ไม่มีข้อมูล | ไม่มีข้อมูล |
| Benzo[E] Pyrene | <1,300 | 0.5-29 | 1-19 |
| Benzofluorenes | <1,300 | 23 | ไม่มีข้อมูล |
| Benzo[GHI]Fluoranthene | 3,200 | ไม่มีข้อมูล | ไม่มีข้อมูล |
| Benzo[ GHI]Perylene | <6,600 | <8 | 1-5 |
| Chrysene | <2,500 | >-26 | 3-52 |
| Coronene | ไม่มีข้อมูล | 0.2 | ไม่มีข้อมูล |
| Dibenz[A,H]Anthracene | ไม่มีข้อมูล | 0.4-0.7 | 1-5 |
| Fluoranthene | <3,700 | 2-326 | 6-400 |
| Fluorene | <9,900 | 106-220 | 104-381 |
| Naphthalene | <2,800 | 402-900 | 203-1,390 |
| Perylene | <600 | 6-31 | 0.3-68 |
| Phenanthrene | <20,400 | 129-322 | 221-842 |
| Pyrene | <35,000 | 2-216 | 18-421 |
| Triphenylene | ไม่มีข้อมูล | <13 | 0.5 |

มหาวิทยาลัยบูรพา Burapha University

**2.2 ผลของระยะเวลา และความเข้มข้นที่ต่างกันต่อระดับปฏิกิริยา EROD ในตับ**

ระยะเวลา และความเข้มข้นในการสัมผัสกับสารประกอบพีเอเอช และน้ำมันทางการค้า มีผลต่อ ระดับปฏิกิริยา EROD ในตับของปลานิล นั้นคือ เมื่อระยะเวลา และความเข้มข้นที่ใช้ในการสัมผัสเพิ่มขึ้น ระดับปฏิกิริยา EROD ในตับจะเพิ่มขึ้นตามไปด้วย เช่นเดียวกับ Aas et al. (2000) นอกจากศึกษาระดับการเรืองแสงของพีเอเอชบอไลต์ในน้ำดี แล้วยังศึกษาถึงระดับปฏิกิริยา EROD ในตับของปลา Juvenile Cod ที่สัมผัสกับน้ำมันจากลูกสูบของเครื่องจักร พบว่า ระดับปฏิกิริยา EROD ในตับจะเพิ่มขึ้นเมื่อระยะเวลา และความเข้มข้นที่ใช้ในการสัมผัสเพิ่มขึ้น ระดับปฏิกิริยา EROD ในตับจะเพิ่มขึ้นเรื่อย ๆ ช่วงระยะเวลาในการสัมผัสนาน 3-30 และมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นเรื่อย ๆ เช่นเดียวกับระดับการเรืองแสงของพีเอเอชเมตาไลต์ในน้ำดี Camus et al. (1998) นอกจากศึกษาระดับการเรืองแสงของพีเอเอชบอไลต์แล้วยังศึกษาถึงระดับปฏิกิริยา EROD ในตับของปลา Juvenile Cod ที่สัมผัสกับน้ำมันดิบ ความเข้มข้น 0.125, 0.5 และ 2.0 มิลลิลิตรต่อลิตร พบว่า ระดับปฏิกิริยา EROD ในตับจะเพิ่มขึ้น เมื่อระยะเวลา และความเข้มข้นที่ใช้ในการสัมผัสเพิ่มขึ้น ระดับปฏิกิริยา EROD ในตับจะเพิ่มขึ้นอย่างต่อเนื่อง และไม่มีแนวโน้มที่จะลดลง ถึงแม้ว่าจะนำปลาที่สัมผัสกับน้ำมันดิบนาน 21 วันมาแช่ในน้ำสะอาดนาน 9 วันแล้ว ยังพบว่าระดับปฏิกิริยา EROD ในตับยังเพิ่มขึ้นอย่างต่อเนื่อง และ Inzunza et al. (2006) ศึกษาโดยนำตะกอนดินจากแม่น้ำไบรโอไบรโอ 4 บริเวณ คือ 1. เป็นบริเวณที่อยู่เหนือจากบริเวณที่ปล่อยของเสีย (Upstream) 2. เป็นบริเวณที่มีการปล่อยของเสียโดยตรง 3. เป็นบริเวณที่อยู่ต่ำบริเวณที่ปล่อยของเสีย (Downstream) ประมาณ 600 เมตร และ 4. เป็นบริเวณที่อยู่เหนือจากบริเวณที่ปล่อยของเสีย (downstream) ประมาณ 2 กิโลเมตร มาใส่ในตู้ปลาที่มีน้ำสะอาดอยู่ปล่อยปลา Rainbow Trout ลงไปเลี้ยงนาน 21 วัน พบว่า ระดับปฏิกิริยา EROD ในตับของปลา Rainbow Trout (*Oncorhynchus mykiss)* ที่ตรวจวัดได้ทั้ง 4 บริเวณ แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ โดยพบมากที่สุดในบริเวณที่ 3, 4, 2 และ 1 ตามลำดับ เนื่องจากบริเวณที่ 3 เป็นบริเวณน้ำไหล และมีการพัดพาเอาดินตะกอนไปทับถม ทำให้พบการปนเปื้อนของสารประกอบพีเอเอชมากที่สุด ในบริเวณที่ 3 > บริเวณที่ 4 > บริเวณที่ 2 > บริเวณที่ 1

**2.3 ผลของระยะเวลา และความเข้มข้นที่ต่างกันต่อสัดส่วนระหว่างน้ำหนักตับต่อน้ำหนักตัว**

ระยะเวลา และความเข้มข้นในการสัมผัสกับสารประกอบพีเอเอช และน้ำมันทางการค้า มีผลต่อ สัดส่วนระหว่างน้ำหนักตับต่อน้ำหนักตัวของปลานิล นั้นคือ เมื่อระยะเวลา และความเข้มข้นที่ใช้ในการสัมผัสเพิ่มขึ้น สัดส่วนระหว่างน้ำหนักตับต่อน้ำหนักตัว จะเพิ่มขึ้นตาม

ไปด้วย เช่นเดียวกับ Fuentes-Rios et al. (2005) ทำการศึกษาในปลา *Schroederichthys chilensis* (Guichenot 1848) ที่จับจาก 3 บริเวณ คือ Cerro, Verde และ Lenga ซึ่งเป็นบริเวณที่มีการปล่อยของเสียพวกปิโตรเลียมไฮโดรคาร์บอน พบว่า มีสัดส่วนระหว่างน้ำหนักตับต่อน้ำหนักตัวมากกว่าปลาที่จับจากบริเวณอื่น Barra et al. (2001) ศึกษาพบว่า สัดส่วนระหว่างน้ำหนักตัวต่อความยาวของลำตัว และสัดส่วนระหว่างน้ำหนักตับต่อน้ำหนักตัวของปลา Rainbow Trout จากบริเวณลาโมชิต้าของแม่น้ำไบรโอไบรโอมากกว่าปลาที่จับจากแม่น้ำทั่วไปที่ไม่มีการปนเปื้อนของสารประกอบพีเอเอช นั้นคือ บริเวณลาโมชิต้าของแม่น้ำไบรโอไบรมีการปนเปื้อนของสารประกอบพีเอเอช

อธิบายได้ว่า สารประกอบพีเอเอช หรือสารพิษชนิดอื่น ๆ ที่ปนเปื้อนในแหล่งน้ำมีผลต่อสัดส่วนระหว่างน้ำหนักตัวต่อความยาวของลำตัว และสัดส่วนระหว่างน้ำหนักตับต่อน้ำหนักตัวของปลา เช่น เกิดอาการตับบวม ส่งผลกระทบโดยตรงต่อกระบวนการทำงาน และการเจริญเติบโตของร่างกาย

**3. การศึกษาความสัมพันธ์ของระดับการเรืองแสงของพีเอเอชเมตาบอไลต์ในน้ำดี, ระดับปฏิกิริยา EROD ในตับ และสัดส่วนระหว่างน้ำหนักตับต่อน้ำหนักตัว**

จากการศึกษาความสัมพันธ์ของระดับการเรืองแสงของพีเอเอชเมตาบอไลต์ (แนพทาลีนเมตาบอไลต์, ฟีแนนทรีนเมตาบอไลต์ และไพรีนเมตาบอไลต์) ในน้ำดี, ระดับปฏิกิริยา EROD ในตับ และสัดส่วนระหว่างน้ำหนักตับต่อน้ำหนักตัวของปลานิล ที่สัมผัสกับสารประกอบพีเอเอช (แนพทาลีน, ฟีแนนทรีน และไพรีน) ที่ความเข้มข้นต่าง ๆ และน้ำมันทางการค้า มีความสัมพันธ์ในทิศทางเดียวกัน ในระดับสูง ที่ระดับความเชื่อมั่น 99 ($p = 0.01$) และ 95 ($p = 0.05$) เช่นเดียวกันกับการศึกษาของ Fuentes-Rios et al. (2005) พบว่า การเรืองแสงของเมตาบอไลต์ในน้ำดี และระดับปฏิกิริยา EROD ในตับของปลา *Schroederichthys chilensis* ที่สัมผัสกับสารประกอบพีเอเอชที่ปนเปื้อนบริเวณชายฝั่งทะเลของเมือง Chilean มีความสัมพันธ์ในทิศทางเดียวกัน นั้นคือ จะแปรผันตรงกับมลพิษที่ปนเปื้อนบริเวณชายฝั่งทะเลที่ทำการศึกษา, Aas et al. (2000) ศึกษาระดับการเรืองแสงของแนพทาลีนเมตาบอไลต์, ไพรีนเมตาบอไลต์ และเบนโซ-เอ-ไพรีนเมตาบอไลต์ในน้ำดี และระดับปฏิกิริยา EROD ในตับของปลา Juvenile Cod ที่สัมผัสกับน้ำมันจากลูกสูบของเครื่องจักรที่ความเข้มข้นต่าง ๆ พบว่า ค่าที่ตรวจวัดได้จะเพิ่มขึ้นเรื่อย ๆ ช่วงระยะเวลาในการสัมผัสนาน 3-30 วัน นั้นคือ มีความสัมพันธ์ในทิศทางเดียวกัน และ Barra et al. (2001) ศึกษาการสะสมของสารประกอบพีเอเอชในปลา Rainbow Trout ที่อาศัยอยู่ในแม่น้ำไบรโอไบรโอ ประเทศชิลี ทำการศึกษาทั้งภาคสนาม และห้องแลปตรวจวัดระดับการเรืองแสงทั้งหมดของพีเอเอชเมตาบอไลต์ในน้ำดี และระดับปฏิกิริยา EROD ในตับ พบว่า ค่าที่ตรวจวัดได้

เพิ่มขึ้นอย่างเห็นได้ชัดเจนเมื่อระยะเวลาในการสัมผัสเพิ่มขึ้น

ขัดแย้งกับ Camus et al. (1998) ตรวจวัดระดับการเรืองแสงของเบนโซ-เอ-ไพรีน เมตาบอไลต์ในน้ำดี และระดับปฏิกิริยา EROD ในตับของปลา Juvinile Turbot ที่สัมผัสกับน้ำมันดิบ ความเข้มข้น 0.125, 0.5 และ 2.0 มิลลิลิตรต่อลิตร พบว่า ค่าที่ตรวจวัดได้เพิ่มขึ้นอย่างเห็นได้ชัดเจนเมื่อระยะเวลาในการสัมผัสเพิ่มขึ้น แต่ระดับการเรืองแสงของเบนโซ-เอ-ไพรีน เมตาบอไลต์ในน้ำดีจะลดลงหลังจากวันที่ 4 ในทางกลับกันระดับปฏิกิริยา EROD ในตับกลับเพิ่มขึ้นเรื่อย ๆ

สารประกอบพีเอเอชที่ปนเปื้อนในแหล่งน้ำสามารถสะสมได้ในสิ่งมีชีวิตที่อาศัยอยู่ในแหล่งน้ำนั้นโดยเฉพาะปลา ซึ่งเป็นสัตว์น้ำที่พบได้ทั่วไปในแหล่งน้ำ การศึกษาเพื่อตรวจวัดระดับการเรืองแสงของพีเอเอชเมตาบอไลต์ในน้ำดีด้วยเทคนิค FF และระดับปฏิกิริยา EROD ในตับของปลานิลในครั้งนี้ สามารถใช้เป็นดัชนีชี้วัดการปนเปื้อนของสารประกอบพีเอเอชในแหล่งน้ำได้ เนื่องจากค่าที่ตรวจวัดแปรผันตรงกับระยะเวลา และความเข้มข้นที่ใช้ในการสัมผัสกับสารประกอบพีเอเอชที่ปนเปื้อนในน้ำ โดยมีความสัมพันธ์ในทิศทางเดียวกันในระดับสูง ที่ระดับความเชื่อมั่น 99 ($p = 0.01$) และ 95 ($p = 0.05$) จากการศึกษาแสดงให้เห็นว่า เทคนิค FF ที่ใช้ตรวจวัดระดับการเรืองแสงของพีเอเอชเมตาบอไลต์ในน้ำดีของปลา มีความไวต่อการเป็นดัชนีชี้วัดทางชีวภาพมากกว่าระดับปฏิกิริยา EROD ในตับของปลา นั้นคือ การศึกษาการปนเปื้อนของสารประกอบพีเอเอชในแหล่งน้ำ กรณีที่ต้องการความสะดวก รวดเร็ว และประหยัด ควรเลือกตรวจวัดระดับการเรืองแสงของพีเอเอชเมตาบอไลต์ในน้ำดีด้วยเทคนิค FF แต่กรณีที่ต้องการศึกษาที่ระยะเวลาในการสัมผัสกับสารประกอบพีเอเอชนาน ๆ ควรเลือกการตรวจวัดระดับปฏิกิริยา EROD ในตับซึ่งเป็นเทคนิคที่ค่อนข้างยุ่งยาก และล่าช้า ข้อจำกัดของการศึกษา เช่น ระยะเวลาในการได้รับสัมผัส (รับสัมผัสแบบต่อเนื่อง หรือรับสัมผัสแบบครั้งเดียว) และคุณสมบัติทางกายภาพ ชีวภาพ และเคมีของสารประกอบพีเอเอชแต่ละชนิดดังที่กล่าวมาข้างต้น

นอกจากนี้ยังสามารถนำบางการศึกษามาประยุกต์ใช้เพื่อความปลอดภัย ในการนำปลาจากแหล่งน้ำที่มีการปนเปื้อนของสารประกอบพีเอเอชมารับประทาน ดังการศึกษาของ Ferreira, Moradas-Ferreira and Reis-Henriques (2006) โดยจับปลา Grey Mullet (*Mugil cephalus*) จากบริเวณปากแม่น้ำ Douro ประเทศ Portugal ในแต่ละเดือน แล้วตรวจวัดระดับการเรืองแสงรวมของพีเอเอชเมตาบอไลต์ในน้ำดี (แนพทาลีนเมตาบอไลต์, ไพรีนเมตาบอไลต์, ฟีแนนทรีนเมตาบอไลต์ และเบนโซ-เอ-ไพรีนเมตาบอไลต์), ระดับปฏิกิริยา EROD (Phase I) และระดับปฏิกิริยา GST (Phase II) ในตับ และสัดส่วนระหว่างน้ำหนักตับต่อน้ำหนักตัวในทันที จากนั้นนำ

ปลาที่จับมาในแต่ละเดือน แช่ในน้ำสะอาดที่ 1, 4 และ 8 เดือน พบว่า ค่าที่ตรวจวัดได้จะลดลงเมื่อแช่ในน้ำสะอาด และมีระดับลดลงเรื่อย ๆ เมื่อระยะเวลาในการแช่ในน้ำสะอาดมากขึ้น นั้นคือสามารถนำปลา หรือสัตว์น้ำชนิดอื่น ๆ ที่อาจจับมาจากแหล่งน้ำที่มีสารประกอบพีเอเอชปนเปื้อนอยู่ มาแช่ในน้ำสะอาดก่อนนำมารับประทาน เพื่อเป็นการป้องกัน หลีกเลี่ยง หรือลดอันตราย ที่เกิดจากสารประกอบพีเอเอชที่สะสมในร่างกายของสัตว์น้ำได้

## ข้อเสนอแนะ

การศึกษาการปนเปื้อนของสารประกอบพีเอเอชในแหล่งน้ำ งานวิจัยส่วนใหญ่มักเลือกใช้ปลาเป็นดัชนีชี้ทางชีวภาพ โดยทำการศึกษาในน้ำดี และตับของปลาด้วยเทคนิคที่ยุ่งยากและราคาสูง เช่น GC-MS, HPLC-F เป็นต้น แต่สำหรับการศึกษาในครั้งนี้เป็นการตรวจวัดระดับการเรืองของพีเอเอชเมตาบอไลต์ในน้ำดีด้วยเทคนิค FF และระดับปฏิกิริยา EROD ในตับของปลานิล ที่สัมผัสกับสารประกอบพีเอเอชที่ปนเปื้อนในน้ำ ซึ่งผลการศึกษาที่ได้เป็นไปในทิศทางเดียวกัน ชี้ให้เห็นได้ชัดว่าเทคนิค FF ซึ่งเป็นเทคนิคใหม่ ที่ไม่ยุ่งยาก สะดวก รวดเร็ว และราคาถูก เป็นทางเลือกใหม่อีกทางเลือกหนึ่งที่น่าสนใจ แต่ก็ยังคงมีข้อจำกัดบ้างประการที่ต้องมีการพัฒนาหรือปรับปรุงให้เหมาะสมกับการศึกษานั้น ๆ โดยเฉพาะถ้าเป็นการศึกษาแบบสำรวจอาจมีปัจจัยอื่น ๆ เช่น เพศ อายุ ฤดูกาล เข้ามาเกี่ยวข้องต้องคำนึงถึงส่วนนี้ด้วย นอกจากนี้ควรมีการศึกษาเพิ่มเติม เช่น

1. ควรมีการศึกษาเพิ่มเติมโดยการเพิ่มระยะเวลาในการสัมผัสกับสารประกอบพีเอเอช และเมื่อนำมาแช่น้ำในสะอาด มีผลต่อระดับการเรืองแสงของพีเอเอชเมตาบอไลต์ในน้ำดี, ระดับปฏิกิริยา EROD ในตับ และสัดส่วนระหว่างน้ำหนักตับต่อน้ำหนักตัว หรือไม่อย่างไร
2. ควรมีการศึกษาถึงปัจจัยอื่น ๆ ที่มีผลต่อระดับการเรืองแสงของพีเอเอชเมตาบอไลต์ในน้ำดี, ระดับปฏิกิริยา EROD ในตับ และสัดส่วนระหว่างน้ำหนักตับต่อน้ำหนักตัว
3. ควรศึกษาเพิ่มเติมในสารประกอบพีเอเอชตัวอื่น ๆ รวมทั้งน้ำมันทางการค้าชนิดอื่น ๆ
4. ควรศึกษาเพิ่มเติมในปลา หรือสิ่งมีชีวิตชนิดอื่น และศึกษาการสะสมของสารประกอบพีเอเอชในเนื้อเยื่อควบคู่ไปด้วย

มหาวิทยาลัยบูรพา Burapha University