

บทที่ 4

ผลการวิจัย

การตรวจวัดการเรืองแสงของเมตาบอไลต์ในน้ำดี และระดับปฏิกิริยา EROD ในตับของปลานิล ที่สัมผัสกับสารประกอบฟิเอเอช คือ แนพทาลิน, ฟิแนนทรีน และไพรีน และน้ำมันทางการค้า คือ น้ำมันเครื่อง API SG/ CD, น้ำมันเบนซิน 91 และน้ำมันดีเซล เพื่อใช้เป็นดัชนีชี้วัดการปนเปื้อนของสารประกอบฟิเอเอชในแหล่งน้ำ โดยมีคุณภาพน้ำระหว่างการศึกษาดังนี้

ตารางที่ 4 คุณภาพน้ำระหว่างการศึกษา (ณรงค์-รุ่งรัตน์ชัชวาลย์, 2541)

คุณภาพน้ำ	ค่าเฉลี่ย	ระดับที่เหมาะสม
ออกซิเจนละลายน้ำ (DO) (มิลลิกรัมต่อลิตร)	4.3-5.3	> 3
ความเป็นกรด-ด่าง (pH)	7.5-8.0	5-9
อุณหภูมิ (°C)	27.8-29.9	23-32

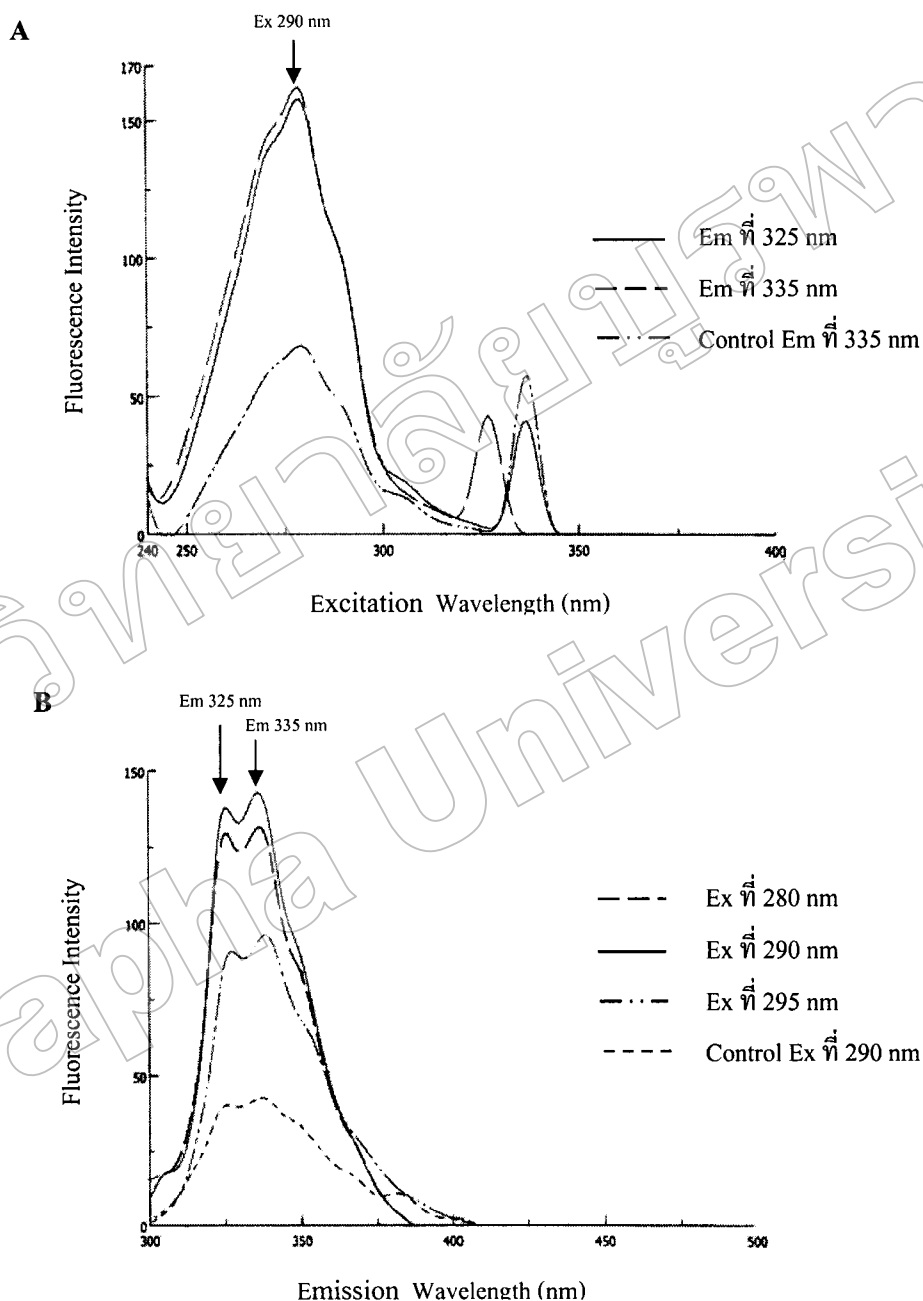
การศึกษาเบื้องต้น

1. การศึกษาเพื่อหาความยาวคลื่นคู่ที่เหมาะสมในการตรวจวัดระดับการเรืองแสงของฟิเอเอชเมตาบอไลต์ในน้ำดี

การศึกษาเพื่อหาความยาวคลื่นคู่ที่สามารถตรวจวัดระดับการเรืองแสงของฟิเอเอชเมตาบอไลต์ในน้ำดีได้มากที่สุด ดัดแปลงมาจากวิธีของ Jonsson et al. (2004) ด้วยวิธีฟลูออเรสเซนซ์ สกรีนนิ่ง โดยศึกษาจากน้ำดีของปลานิล ที่สัมผัสกับสารประกอบฟิเอเอช คือ แนพทาลิน, ฟิแนนทรีน และไพรีน เข้มข้น 8.000, 3.000 และ 0.250 มิลลิกรัมต่อลิตร ตามลำดับ โดยใช้อะซิโตนในไตรท์ 0.2 มิลลิตรต่อลิตร เป็นตัวทำละลาย และใช้กลุ่มควบคุมเป็นอะซิโตนในไตรท์ 0.2 มิลลิตรต่อลิตร (ดังจะกล่าวต่อไป) โดยระยะเวลาในการสัมผัสนาน 1 วัน ผลการศึกษา คือ

1.1 ความยาวคลื่นคู่ที่สามารถตรวจวัดระดับการเรืองแสงของแนพทาลินเมตาบอไลต์ในน้ำดี ได้สูงที่สุด คือ Ex 290 และ Em 335 นาโนเมตร โดยการสแกน Excitation Eavelengths ขณะที่ Fixed Emission Wavelengths (ที่ 325 และ 335 นาโนเมตร) (ภาพที่ 33 A) และสแกน Emission Wavelengths ขณะที่ Fixed Excitation Wavelengths (ที่ 280, 290 และ 295

นาโนเมตร) (ภาพที่ 33 B)

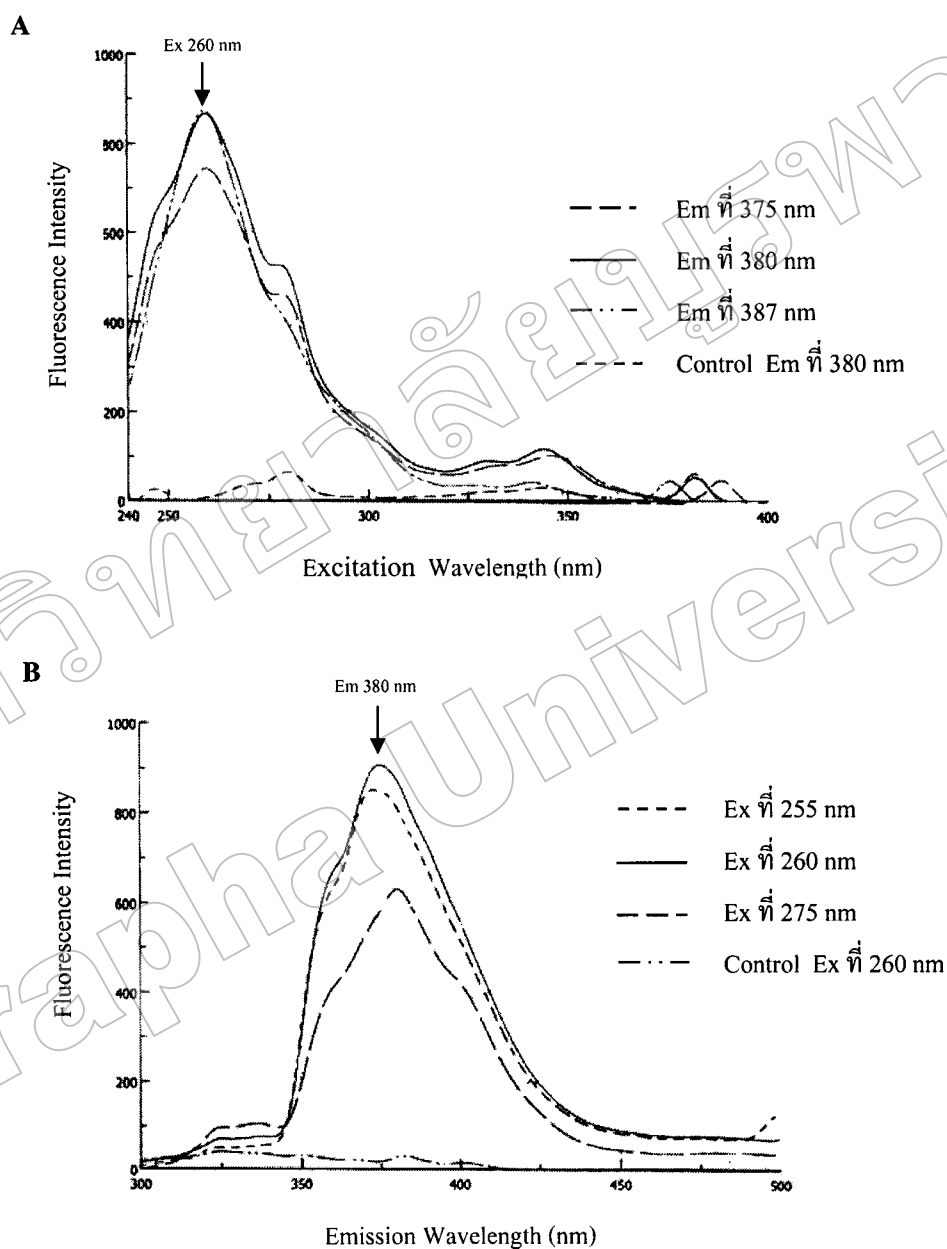


ภาพที่ 31 ความยาวคลื่นคู่ที่สามารถตรวจวัดระดับการเรืองแสงของเนพทาลีนเมตาบอไลต์

1.2 ความยาวคลื่นคู่ที่สามารถตรวจวัดระดับการเรืองแสงของพีแนนทริน

เมตาบอไลต์ในน้ำคิได้สูงที่สุด คือ Ex 260 และ Em 380 นาโนเมตร โดยการสแกน Excitation Wavelengths ขณะที่ Fixed Emission Wavelengths (ที่ 375, 380 และ 387 นาโนเมตร) (ภาพที่ 34 A) และสแกน Emission Wavelengths ขณะที่ Fixed Excitation Wavelengths

(ที่ 225, 260 และ 275 นาโนเมตร) (ภาพที่ 34 B)

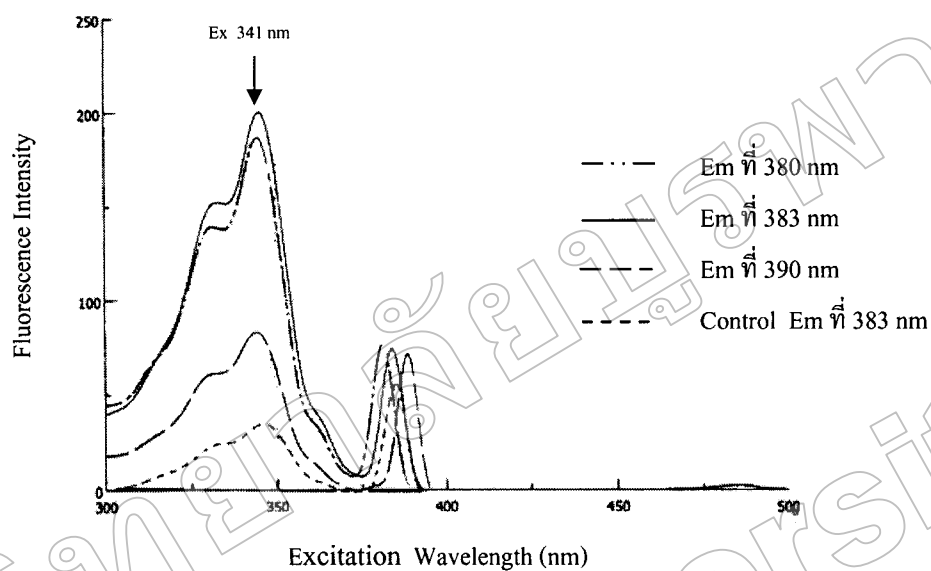


ภาพที่ 32 ความยาวคลื่นคู่ที่สามารถตรวจวัดระดับการเรืองแสงของพีแชนเทร็นเมตาบอไลต์

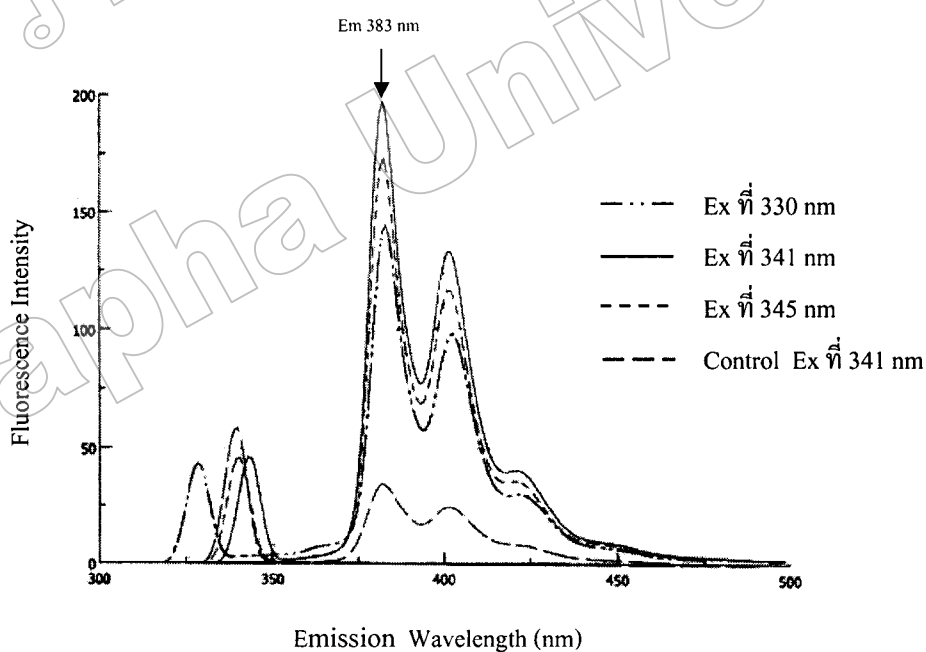
1.3 ความยาวคลื่นคู่ที่สามารถตรวจวัดระดับการเรืองแสงของไฟรินเมตาบอไลต์
 ในน้ำได้มากที่สุด คือ Ex 341 และ Em 383 นาโนเมตร โดยการสแกน Excitation Wavelength
 ขณะที่ Fixed Emission Wavelengths (ที่ 380, 383 และ 390 นาโนเมตร) (ภาพที่ 35 A) และสแกน
 Emission Wavelengths ขณะที่ Fixed Excitation Wavelengths (ที่ 330, 341 และ 345 นาโนเมตร)

(ภาพที่ 35 B)

A



B



ภาพที่ 33 ความยาวคลื่นคู่ที่สามารถตรวจวัดระดับการเรืองแสงของไฟรินเมตาบอไลต์

จากการศึกษาแสดงให้เห็นว่า ความยาวคลื่นคู่ที่ Em 290/ Ex 335 นาโนเมตร, Ex 260/ Em 380 นาโนเมตร และ Ex 341/ Em 383 นาโนเมตร เป็นความยาวคลื่นคู่ที่เหมาะสมสำหรับการตรวจวัดระดับการเรืองแสงของเนพทาดีนเมตาบอไลต์, ฟิแนนทรินเมตาบอไลต์ และไฟริน

เมตาบอไลต์ในน้ำดี ตามลำดับ

เมื่อนำความยาวคลื่นคู่ที่ Em 290/ Ex 335 นาโนเมตร, Ex 260/ Em 380 นาโนเมตร และ Ex 341/ Em 383 นาโนเมตร มาทำการตรวจวัดระดับการเรืองแสงของฟิเอเอชเมตาบอไลต์ในน้ำดีของปลา ที่สัมผัสกับน้ำมันทางการค้า คือ น้ำมันเครื่อง API SG/ CD, น้ำมันเบนซิน 91 และน้ำมันดีเซล ที่ความเข้มข้นเท่ากัน คือ 1 มิลลิลิตรต่อลิตร และกลุ่มควบคุม คือ น้ำเปล่า ที่ระยะเวลาในการสัมผัสนาน 1 วัน พบว่า ความยาวคลื่นคู่ดังกล่าว สามารถตรวจวัดระดับการเรืองแสงของฟิเอเอชเมตาบอไลต์ในน้ำดีของปลา ที่สัมผัสกับน้ำมันทางการค้า ได้เช่นกัน

2. การศึกษาระดับการเรืองแสงของฟิเอเอชเมตาบอไลต์ ในน้ำดีของปลา ในกลุ่มควบคุมที่มีอะซิโตนในไตรท์เป็นตัวทำละลาย

การศึกษานี้เป็นการศึกษาโดยการแช่ปลานิลในน้ำที่มีสารประกอบฟิเอเอชละลายอยู่ แต่เนื่องสารประกอบฟิเอเอชมีคุณสมบัติในการละลายน้ำได้ต่ำ ดังที่กล่าวในบทที่ 2 จึงต้องอาศัยตัวทำละลายเพื่อเพิ่มความสามารถในการละลายน้ำของสารประกอบฟิเอเอชแต่ละชนิด ตัวทำละลายที่เลือกใช้ คือ อะซิโตนในไตรท์

จากผลการศึกษาระดับการเรืองแสงของฟิเอเอชเมตาบอไลต์ในน้ำดีของปลานิลในกลุ่มควบคุมที่เติมด้วยอะซิโตนในไตรท์ 0.2 มิลลิลิตรต่อลิตร และกลุ่มควบคุมที่ไม่เติมอะซิโตนในไตรท์ (น้ำเปล่า) พบว่า

ระดับการเรืองแสงของเนพทาไลน์เมตาบอไลต์ในน้ำดี (ตรวจวัดโดยใช้ความยาวคลื่น Ex 290/ Em 335 นาโนเมตร) เฉลี่ย 1.83 ± 0.09 และ 1.74 ± 0.48 ตามลำดับ แสดงในตารางที่ 5 เมื่อทดสอบความแตกต่างของระดับการเรืองแสงของเนพทาไลน์เมตาบอไลต์ในน้ำดี (Two-Way ANOVA) พบว่า กลุ่มควบคุมทั้ง 2 ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ ($p < 0.05$)

ระดับการเรืองแสงของฟิเนนทรีนเมตาบอไลต์ในน้ำดี (ตรวจวัดโดยใช้ความยาวคลื่น Ex 260/ Em 380 นาโนเมตร) เฉลี่ย 3.87 ± 2.96 และ 1.91 ± 0.46 ตามลำดับ แสดงในตารางที่ 5 เมื่อทดสอบความแตกต่างของระดับการเรืองแสงของฟิเนนทรีนเมตาบอไลต์ในน้ำดี (Two-Way ANOVA) พบว่า กลุ่มควบคุมทั้ง 2 ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ ($p < 0.05$)

ระดับการเรืองแสงของไพรีนเมตาบอไลต์ในน้ำดี (ตรวจวัดโดยใช้ความยาวคลื่น Ex 341/ Em 383 นาโนเมตร) เฉลี่ย 2.66 ± 0.74 และ 1.36 ± 0.43 ตามลำดับ แสดงในตารางที่ 5 เมื่อทดสอบความแตกต่างของระดับการเรืองแสงของไพรีนเมตาบอไลต์ในน้ำดี (Two-Way ANOVA) พบว่า กลุ่มควบคุมทั้ง 2 ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ ($p < 0.05$)

ตารางที่ 5 ระดับการเรืองแสงของฟิเอเอชเมตาบอไลต์ในน้ำดีของปลานิล ในกลุ่มควบคุมที่เติมด้วยอะซิโตนไนไตรท์ 0.2 มิลลิลิตรต่อลิตร และกลุ่มควบคุมที่ไม่เติมอะซิโตนไนไตรท์ (น้ำเปล่า) ($n=6$)

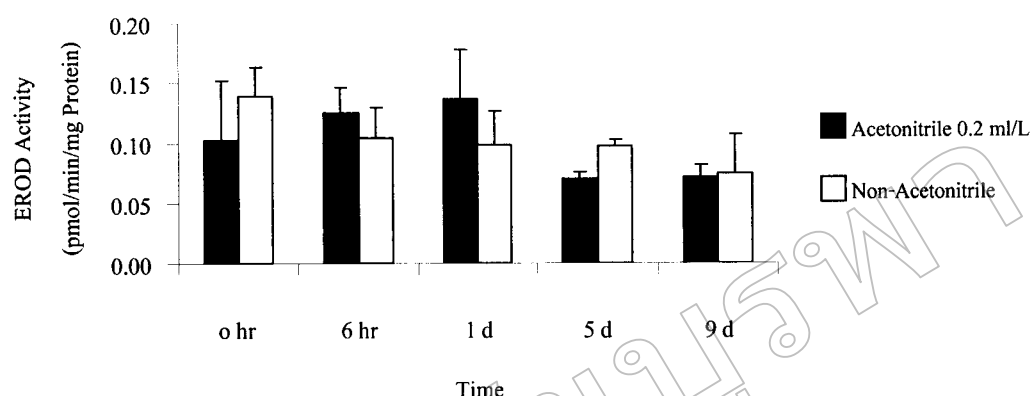
Control Group	Types of Metabolite	Levels of Fluorescence Intensity				
		0 Hour	6 Hour	1 Day	5 Day	9 Day
Acetonitrile	Naphthalene	0.00 ± 0.00	0.00 ± 0.00	0.00 ± 0.00	1.77 ± 0.02	1.89 ± 0.09
	Phenanthrene	0.48 ± 0.06	0.00 ± 0.00	6.74 ± 0.03	5.92 ± 0.63	2.36 ± 0.26
	Pyrene	1.82 ± 0.06	2.40 ± 0.35	2.51 ± 0.06	2.67 ± 0.28	3.81 ± 0.03
Non-Acetonitrile	Naphthalene	2.30 ± 0.36	1.64 ± 0.01	1.14 ± 0.08	1.47 ± 0.62	2.14 ± 0.15
	Phenanthrene	1.40 ± 0.22	2.47 ± 0.28	2.05 ± 0.25	1.47 ± 0.62	2.14 ± 0.15
	Pyrene	1.10 ± 0.08	0.81 ± 0.30	1.94 ± 0.21	1.47 ± 0.62	1.48 ± 0.46

3. การศึกษาระดับปฏิกิริยา EROD ในตับของปลา ในกลุ่มควบคุมที่มีอะซิโตนไนไตรท์เป็นตัวทำลาย

จากผลการศึกษาระดับปฏิกิริยา EROD ในตับของปลานิล ในกลุ่มควบคุมที่เติมด้วยอะซิโตนไนไตรท์ 0.2 มิลลิลิตรต่อลิตร และกลุ่มควบคุมที่ไม่เติมอะซิโตนไนไตรท์ (น้ำเปล่า) พบว่า ระดับปฏิกิริยา EROD เฉลี่ย 0.143 ± 0.039 และ 0.102 ± 0.023 pmol/ min/ mg Protein ตามลำดับ แสดงในตารางที่ 6 เมื่อทดสอบความแตกต่างของระดับปฏิกิริยา EROD ในตับ (Two-Way ANOVA) พบว่า กลุ่มควบคุมทั้ง 2 ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ ($p < 0.05$)

ตารางที่ 6 ระดับปฏิกิริยา EROD ในตับของปลานิล ในกลุ่มควบคุมที่เติมด้วยอะซิโตนไนไตรท์ 0.2 มิลลิลิตรต่อลิตร และกลุ่มควบคุมที่ไม่เติมอะซิโตนไนไตรท์ ($n=6$)

Control Group	Levels of EROD Activity (pmol/ min/ mg Protein)				
	0 Hour	6 Hour	1 Day	5 Day	9 Day
Acetonitrile	0.103 ± 0.049	0.125 ± 0.022	0.136 ± 0.041	0.069 ± 0.006	0.071 ± 0.010
Non-Acetonitrile	0.138 ± 0.024	0.104 ± 0.026	0.097 ± 0.029	0.097 ± 0.005	0.073 ± 0.033



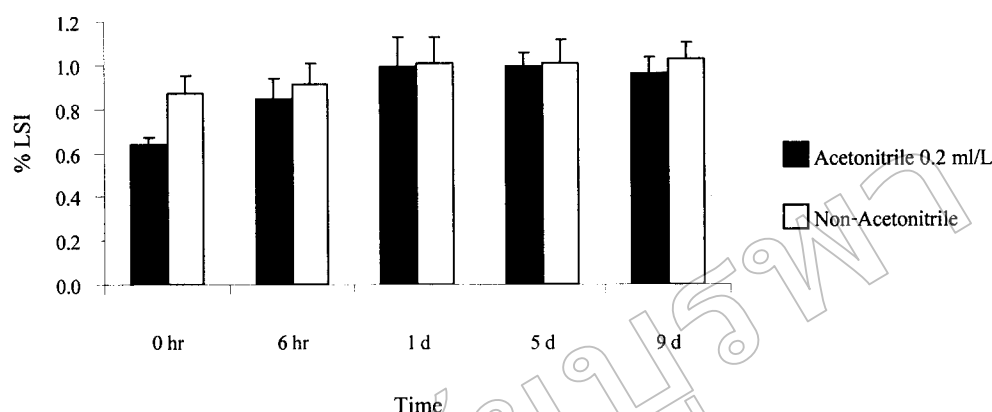
ภาพที่ 34 การเปรียบเทียบระดับปฏิกิริยา EROD ในตับของปลานิล ในกลุ่มควบคุมที่เติมด้วยอะซิโตนไนไตรท์ 0.2 มิลลิลิตรต่อลิตร และกลุ่มควบคุมที่ไม่เติมอะซิโตนไนไตรท์ ($n=6$)

4. การศึกษาสัดส่วนระหว่างน้ำหนักตับต่อน้ำหนักตัวของปลา ในกลุ่มควบคุมที่มีอะซิโตนไนไตรท์เป็นตัวทำลาย

จากผลการศึกษาสัดส่วนระหว่างน้ำหนักตับต่อน้ำหนักตัวของปลานิล ในกลุ่มควบคุมที่เติมด้วยอะซิโตนไนไตรท์ 0.2 มิลลิลิตรต่อลิตร และกลุ่มควบคุมที่ไม่เติมอะซิโตนไนไตรท์ (น้ำเปล่า) พบว่า สัดส่วนระหว่างน้ำหนักตับต่อน้ำหนักตัวเฉลี่ย 0.88 ± 0.15 และ 0.96 ± 0.07 ตามลำดับ แสดงในตารางที่ 7 เมื่อทดสอบความแตกต่างของสัดส่วนระหว่างน้ำหนักตับต่อน้ำหนักตัวของปลา (Two-Way ANOVA) พบว่า กลุ่มควบคุมทั้ง 2 ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ ($p < 0.05$)

ตารางที่ 7 ระดับของสัดส่วนระหว่างน้ำหนักตับต่อน้ำหนักตัวของปลานิล ในกลุ่มควบคุมที่เติมด้วยอะซิโตนไนไตรท์ 0.2 มิลลิลิตรต่อลิตร และกลุ่มควบคุมที่ไม่เติมอะซิโตนไนไตรท์ ($n=6$)

Control Group	Levels of Liver Somatic Index (%LSI)				
	0 Hour	6 Hour	1 Day	5 Day	9 Day
Acetonitrile	0.64 ± 0.04	0.84 ± 0.09	0.99 ± 0.13	0.99 ± 0.06	0.96 ± 0.08
Non-Acetonitrile	0.87 ± 0.08	0.91 ± 0.09	1.01 ± 0.12	1.00 ± 0.11	1.03 ± 0.07



ภาพที่ 35 การเปรียบเทียบสัดส่วนระหว่างน้ำหนักตับต่อน้ำหนักตัวของปลานิล ในกลุ่มควบคุมที่เติมด้วยอะซิโตนไนไตรท์ 0.2 มิลลิกรัมต่อลิตร และกลุ่มควบคุมที่ไม่เติมอะซิโตนไนไตรท์ ($n=6$)

จากการทดสอบความแตกต่างของระดับการเรืองแสงของพีเอเอชเมตาบอไลต์ในน้ำดี ระดับปฏิกิริยา EROD ในตับ และสัดส่วนระหว่างน้ำหนักตับต่อน้ำหนักตัวของปลานิล ในกลุ่มควบคุมที่เติมด้วยอะซิโตนไนไตรท์ 0.2 มิลลิกรัมต่อลิตร และกลุ่มควบคุมที่ไม่เติมอะซิโตนไนไตรท์ (น้ำเปล่า) (Two-Way ANOVA) พบว่า กลุ่มควบคุมทั้ง 2 ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ ($p < 0.05$) ดังนั้น ในทุก ๆ ชุดการทดลองจึงใช้กลุ่มควบคุมเป็นกลุ่มที่เติมอะซิโตนไนไตรท์ 0.2 มิลลิกรัมต่อลิตร

การศึกษาปัจจัยต่าง ๆ ที่มีผลต่อระดับการเรืองแสงของพีเอเอชเมตาบอไลต์ในน้ำดี

1. การศึกษาผลของความแตกต่างของระยะเวลา และความเข้มข้นของสารประกอบพีเอเอชต่อระดับการเรืองแสงของพีเอเอชเมตาบอไลต์ในน้ำดี

1.1 ศึกษาผลของระยะเวลา และความเข้มข้นของเนพทาไลน์ที่แตกต่างกันต่อระดับการเรืองแสงของเนพทาไลน์เมตาบอไลต์ในน้ำดีของปลานิล (ตรวจวัดโดยใช้ความยาวคลื่น Ex 290/ Em 335 นาโนเมตร) ที่ 0 และ 6 ชั่วโมง 1, 5 และ 9 วัน ความเข้มข้น 0.125, 0.500, 2.000 และ 8.000 มิลลิกรัมต่อลิตร ส่วนกลุ่มควบคุม คือ อะซิโตนไนไตรท์ 0.2 มิลลิกรัมต่อลิตร

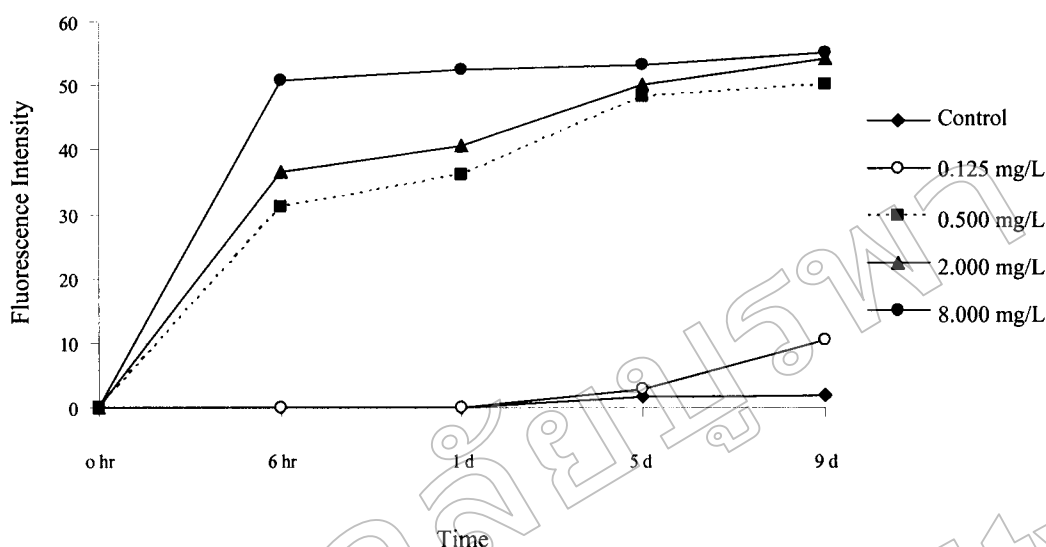
จากผลการศึกษา พบว่า เมื่อระยะเวลา และความเข้มข้นของเนพทาไลน์เพิ่มขึ้น ทำให้ระดับการเรืองแสงของเนพทาไลน์เมตาบอไลต์ในน้ำดีเพิ่มขึ้น ตรวจวัดได้ถึงความเข้มข้นของเนพทาไลน์ 0.125, 0.500, 2.000 และ 8.000 มิลลิกรัมต่อลิตร อยู่ระหว่าง 0-10.42, 0-50.00, 0-54.05

และ 0-55.14 ตามลำดับ แสดงผลดังตารางที่ 8

ตารางที่ 8 ระดับการเรืองแสงของแนพทาลินเมตาบอไลต์ในน้ำคือน้ำของปลานิล ที่สัมผัสกับ
แนพทาลินที่ระยะเวลา และความเข้มข้นต่าง ๆ ($n=6$)

Conc. of Naphthalene (ppm)	Levels of Fluorescence Intensity				
	0 Hour	6 Hour	1 Day	5 Day	9 Day
Control	0.00 ± 0.00	0.00 ± 0.00	0.00 ± 0.00	1.77 ± 0.02	1.89 ± 0.09
0.125	0.00 ± 0.00	0.00 ± 0.00	0.00 ± 0.00	2.83 ± 0.69	10.42 ± 0.25
0.500	0.00 ± 0.00	31.01 ± 1.18	35.97 ± 0.84	48.11 ± 0.76	50.00 ± 1.59
2.000	0.00 ± 0.00	36.43 ± 0.84	40.64 ± 1.13	50.03 ± 0.87	54.05 ± 0.91
8.000	0.00 ± 0.00	50.65 ± 1.35	52.41 ± 2.69	53.16 ± 3.71	55.14 ± 2.58

เมื่อทดสอบความแตกต่างของระดับการเรืองแสงของแนพทาลินเมตาบอไลต์ในน้ำคือน้ำ
โดยทดสอบความแปรปรวน (ANOVA) ด้วยวิธี Two-Way ANOVA พบว่า ระยะเวลา และความ
เข้มข้นของแนพทาลินที่ต่างกัน มีระดับการเรืองแสงของแนพทาลินเมตาบอไลต์ในน้ำคือน้ำแตกต่างกัน
อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$)



ภาพที่ 36 ระดับการเรืองแสงของแฟลโพรทีนเมตาบอไลต์ในน้ำคั้นของปลานิล ที่สัมผัสกับแฟลโพรทีน ที่ระยะเวลา และความเข้มข้นต่าง ๆ ($n=6$) (ไม่ใส่ค่า S.D. ในกราฟเพื่อหลีกเลี่ยงความสับสนของข้อมูล)

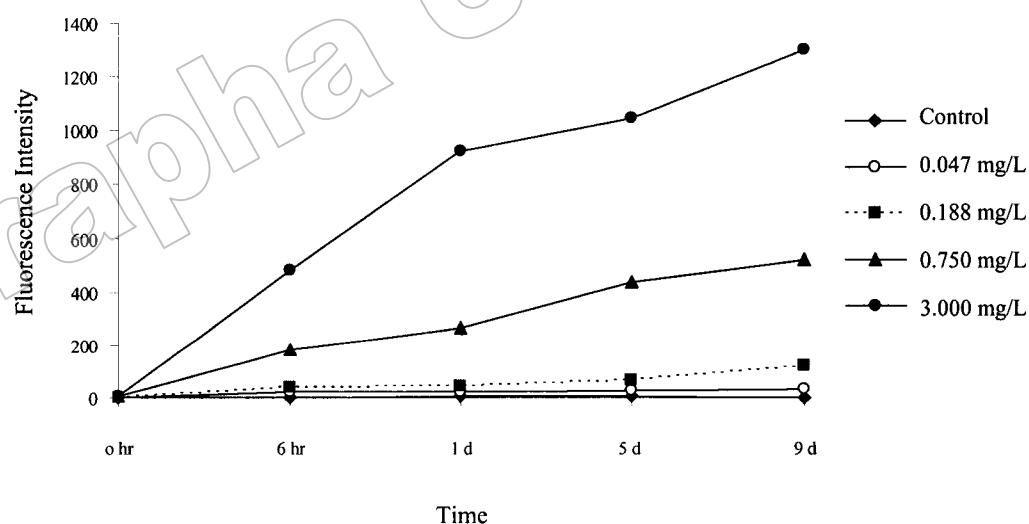
1.2 ศึกษาผลของระยะเวลา และความเข้มข้นของฟิแนนทรินที่แตกต่างกันต่อระดับการเรืองแสงของฟิแนนทรินเมตาบอไลต์ในน้ำคั้นของปลานิล (ตรวจวัดโดยใช้ความยาวคลื่น Ex 260/ Em 380 นาโนเมตร) ที่ 0 และ 6 ชั่วโมง 1, 5 และ 9 วัน ความเข้มข้น 0.047, 0.188, 0.750 และ 3.000 มิลลิกรัมต่อลิตร ส่วนกลุ่มควบคุม คือ อะซิโตนในไตรท์ 0.2 มิลลิกรัมต่อลิตร

จากผลการศึกษา พบว่า เมื่อระยะเวลา และความเข้มข้นของฟิแนนทรินเพิ่มขึ้น ทำให้ระดับการเรืองแสงของฟิแนนทรินเมตาบอไลต์ในน้ำคั้นเพิ่มขึ้น ตรวจวัดได้ถึงความเข้มข้นของฟิแนนทริน 0.047, 0.188, 0.750 และ 3.000 มิลลิกรัมต่อลิตร อยู่ระหว่าง 0.48-31.11, 0-129.91, 3.19-520.00 และ 6.97-1301.47 ตามลำดับ แสดงผลดังตารางที่ 9

ตารางที่ 9 ระดับการเรืองแสงของฟิแนนทรีนเมตาบอไลต์ในน้ำดีของปลานิล ที่สัมผัสกับ
ฟิแนนทรีนที่ระยะเวลา และความเข้มข้นต่าง ๆ ($n=6$)

Conc. of Phenanthrene (ppm)	Levels of Fluorescence Intensity				
	0 Hour	6 Hour	1 Day	5 Day	9 Day
Control	0.48 ± 0.06	0.00 ± 0.00	6.74 ± 0.03	5.92 ± 0.63	2.36 ± 0.26
0.047	0.48 ± 0.11	20.11 ± 1.90	20.12 ± 2.10	25.80 ± 2.43	31.11 ± 0.62
0.188	0.00 ± 0.00	40.52 ± 2.03	45.33 ± 0.72	67.51 ± 2.69	123.91 ± 11.60
0.750	3.19 ± 0.74	181.60 ± 7.76	264.49 ± 9.48	439.01 ± 1.84	520.00 ± 6.29
3.000	6.97 ± 1.11	479.79 ± 3.50	924.94 ± 77.63	1047.20 ± 27.71	1301.47 ± 42.24

เมื่อทดสอบความแตกต่างของระดับการเรืองแสงของฟิแนนทรีนเมตาบอไลต์ในน้ำดี
โดยทดสอบความแปรปรวน (ANOVA) ด้วยวิธี Two-Way ANOVA พบว่า ระยะเวลา และความ
เข้มข้นของฟิแนนทรีนที่ต่างกัน มีระดับการเรืองแสงของฟิแนนทรีนเมตาบอไลต์ในน้ำดี แตกต่าง
กันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$)



ภาพที่ 37 ระดับการเรืองแสงของฟิแนนทรีนเมตาบอไลต์ในน้ำดีของปลานิล ที่สัมผัสกับ
ฟิแนนทรีน ที่ระยะเวลา และความเข้มข้นต่าง ๆ ($n=6$) (ไม่ใส่ค่า S.D. ในกราฟเพื่อ
หลีกเลี่ยงความสับสนของข้อมูล)

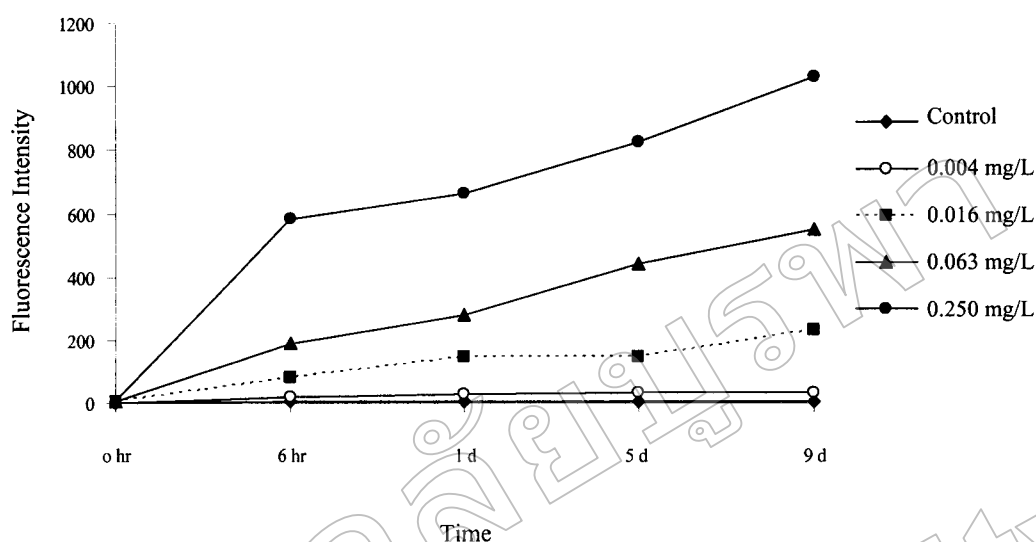
1.3 ศึกษาผลของระยะเวลา และความเข้มข้นของไพรีน ที่แตกต่างกันต่อระดับการเรืองแสงของไพรีนเมตาบอไลต์ในน้ำดีของปลานิล (ตรวจวัดโดยใช้ความยาวคลื่น Ex 341/Em 383 นาโนเมตร) ที่ 0 และ 6 ชั่วโมง 1, 5 และ 9 วัน ความเข้มข้น 0.004, 0.016, 0.063 และ 0.250 มิลลิกรัมต่อลิตร ส่วนกลุ่มควบคุม คือ อะซิโตนในไตรที่ 0.2 มิลลิตรต่อลิตร

จากผลการศึกษา พบว่า เมื่อระยะเวลา และความเข้มข้นของไพรีนเพิ่มขึ้น ทำให้ระดับการเรืองแสงของไพรีนเมตาบอไลต์ในน้ำดีเพิ่มขึ้น ตรวจวัดได้ถึงความเข้มข้นของไพรีน 0.004, 0.016, 0.063 และ 0.250 มิลลิกรัมต่อลิตร อยู่ระหว่าง 2.29-35.36, 2.40-232.08, 4.96-549.46 และ 2.77-1027.00 ตามลำดับ แสดงผลดังตารางที่ 10

ตารางที่ 10 ระดับการเรืองแสงของไพรีนเมตาบอไลต์ในน้ำดีของปลานิล ที่สัมผัสกับไพรีนที่ระยะเวลา และความเข้มข้นต่าง ๆ ($n=6$)

Conc. of Pyrene (ppm)	Levels of Fluorescence Intensity				
	0 Hour	6 Hour	1 Day	5 Day	9 Day
Control	1.82 ± 0.06	2.40 ± 0.35	2.51 ± 0.06	2.67 ± 0.28	3.81 ± 0.03
0.004	2.29 ± 0.04	20.07 ± 1.36	28.50 ± 1.09	33.01 ± 2.46	35.36 ± 0.86
0.016	2.40 ± 0.04	81.96 ± 3.56	147.18 ± 6.62	149.05 ± 13.76	232.08 ± 6.98
0.063	4.96 ± 0.10	191.80 ± 12.03	279.59 ± 5.87	439.04 ± 25.94	549.46 ± 19.24
0.250	2.77 ± 0.17	583.68 ± 55.95	665.55 ± 63.20	824.88 ± 34.71	1027.00 ± 10.58

เมื่อทดสอบความแตกต่างของระดับการเรืองแสงของไพรีนเมตาบอไลต์ในน้ำดี โดยทดสอบความแปรปรวน (ANOVA) ด้วยวิธี Two-Way ANOVA พบว่า ระยะเวลา และความเข้มข้นของไพรีนที่ต่างกัน มีระดับการเรืองแสงของไพรีนเมตาบอไลต์ในน้ำดี แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$)



ภาพที่ 38 ระดับการเรืองแสงของไฟรีนเมตาบอไลต์ในน้ำดีของปลานิล ที่สัมผัสกับไฟรีน ที่ระยะเวลา และความเข้มข้นต่าง ๆ ($n=6$) (ไม่ใส่ค่า *S.D.* ในกราฟเพื่อหลีกเลี่ยงความสับสนของข้อมูล)

จากการศึกษาผลของความแตกต่างของระยะเวลา และความเข้มข้นของสารประกอบฟิเอเอชต่อระดับการเรืองแสงของฟิเอเอชเมตาบอไลต์ในน้ำดี พบว่า เมื่อระยะเวลา และความเข้มข้นของเพิ่มขึ้น ทำให้ระดับการเรืองแสงของฟิเอเอชเมตาบอไลต์ในน้ำดีจะเพิ่มขึ้นเรื่อย ๆ ตามระยะเวลา และความเข้มข้นในการสัมผัสสูงสุด

2. การศึกษาผลของความแตกต่างของระยะเวลา และน้ำมันทางการค้า ต่อระดับการเรืองแสงของฟิเอเอชเมตาบอไลต์ในน้ำดี

การศึกษานี้เป็นการศึกษาระดับการเรืองแสงของฟิเอเอชเมตาบอไลต์ในน้ำดีของปลานิล ที่สัมผัสกับน้ำมันทางการค้า คือ น้ำมันเครื่อง API SG/ CD, น้ำมันเบนซิน 91 และน้ำมันดีเซล ที่ 0 และ 6 ชั่วโมง 1, 5 และ 9 วัน ความเข้มข้นที่เท่ากัน คือ 1 มิลลิลิตรต่อลิตร ส่วนกลุ่มควบคุม คือ น้ำเปล่า โดยศึกษาผลของระยะเวลา และน้ำมันทางการค้าที่ต่างกันต่อระดับการเรืองแสงของฟิเอเอชเมตาบอไลต์ในน้ำดี (ตรวจวัดโดยใช้ความยาวคลื่น Ex 290/ Em 335 นาโนเมตร, Ex 260/ Em 380 นาโนเมตร และ Ex 341/ Em 383 นาโนเมตร)

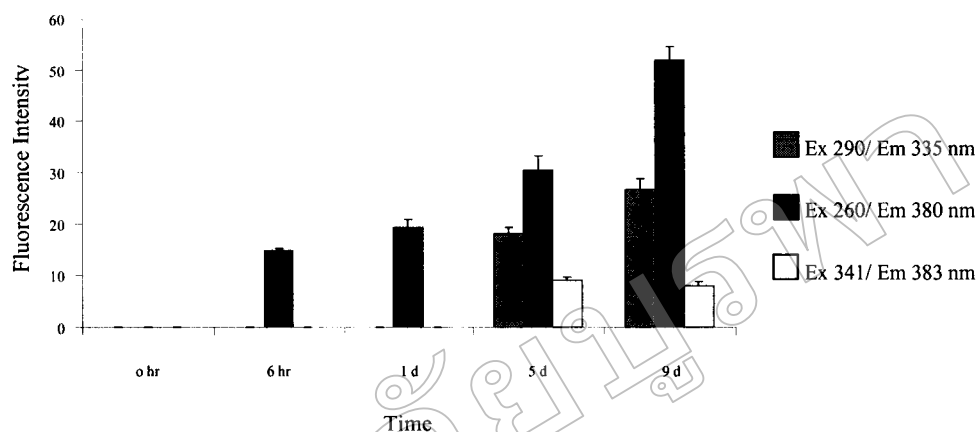
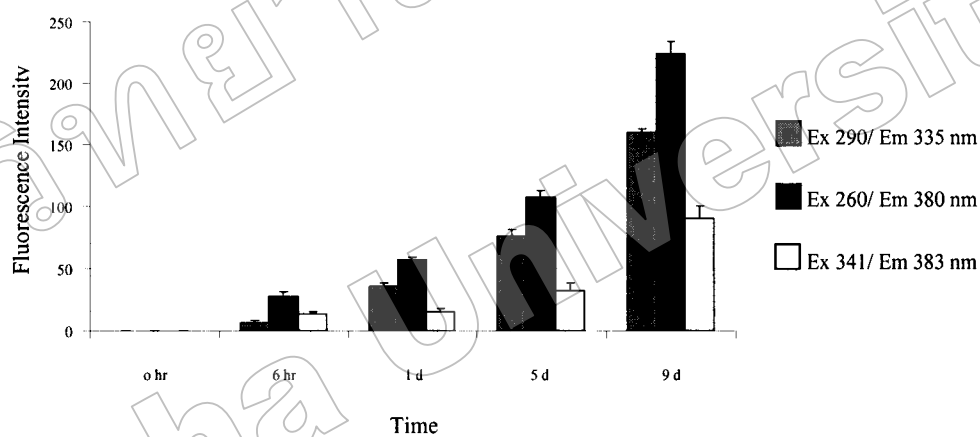
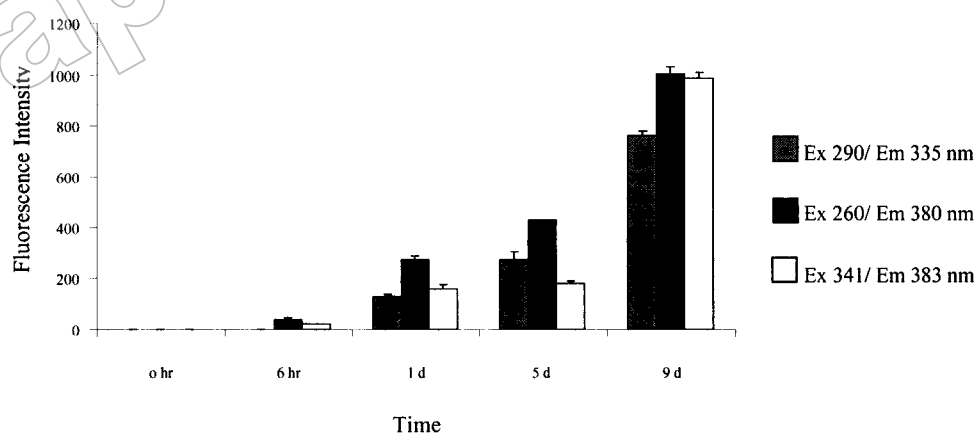
จากการศึกษา พบว่า เมื่อระยะเวลาในการสัมผัสกับน้ำมันทางการค้าเพิ่มขึ้น มีผลทำให้ระดับการเรืองแสงของฟิเอเอชเมตาบอไลต์ในน้ำดี ที่ตรวจวัดโดยใช้ความยาวคลื่น Ex 290/ Em 335 นาโนเมตร, Ex 260/ Em 380 นาโนเมตร และ Ex 341/ Em 383 นาโนเมตร เพิ่มขึ้น คือ

ตรวจวัดได้ในน้ำดีของปลาที่สัมผัสกับน้ำมันเครื่อง API SG/ CD อยู่ระหว่าง 0-26.52, 0-51.87 และ 0-8.90 ตามลำดับ, น้ำมันเบนซิน 91 อยู่ระหว่าง 0-159.62, 0-223.94 และ 0-90.36 ตามลำดับ และ น้ำมันดีเซล อยู่ระหว่าง 0-762.57, 0-1003.35 และ 0.85-986.69 ตามลำดับ แสดงผลดังตารางที่ 11

ตารางที่ 11 ระดับการเรืองแสงของฟิเออเฮเมตาบอไลต์ในน้ำดีของปลานิล ที่สัมผัสกับน้ำมันทางการค้า ที่ระยะเวลาต่าง ๆ ($n=6$)

Type of Oil	Optimal Ex/ Em (nm) Wavelengths	Levels of Fluorescence Intensity				
		0 Hour	6 Hour	1 Day	5 Day	9 Day
Control	Ex 290/ Em 335	0.00 ± 0.00	0.00 ± 0.00	0.00 ± 0.00	1.95 ± 0.44	2.51 ± 0.32
	Ex 260/ Em 380	0.00 ± 0.00	0.00 ± 0.00	0.00 ± 0.00	3.44 ± 0.62	0.00 ± 0.00
	Ex 341/ Em 383	0.21 ± 0.01	0.00 ± 0.00	8.05 ± 0.06	6.97 ± 0.81	9.47 ± 0.12
Lubrication	Ex 290/ Em 335	0.00 ± 0.00	0.00 ± 0.00	0.00 ± 0.00	18.06 ± 1.26	26.52 ± 2.28
	Ex 260/ Em 380	0.00 ± 0.00	14.89 ± 0.41	19.24 ± 1.62	30.34 ± 2.86	51.87 ± 2.50
	Ex 341/ Em 383	0.00 ± 0.00	0.00 ± 0.00	0.00 ± 0.00	8.90 ± 0.69	7.85 ± 1.01
Benzene	Ex 290/ Em 335	0.00 ± 0.00	6.48 ± 1.80	35.67 ± 2.81	76.33 ± 4.72	159.62 ± 3.01
	Ex 260/ Em 380	0.00 ± 0.00	27.59 ± 3.42	56.79 ± 2.21	107.34 ± 5.15	223.94 ± 10.31
	Ex 341/ Em 383	0.00 ± 0.00	13.56 ± 1.73	15.30 ± 2.96	32.44 ± 6.23	90.36 ± 9.64
Diesel	Ex 290/ Em 335	0.00 ± 0.00	1.43 ± 0.20	126.76 ± 9.52	274.28 ± 30.51	762.57 ± 18.06
	Ex 260/ Em 380	0.85 ± 0.04	38.70 ± 7.59	274.53 ± 13.74	427.14 ± 2.61	1003.35 ± 25.54
	Ex 341/ Em 383	0.00 ± 0.00	19.94 ± 2.98	157.18 ± 18.80	178.34 ± 9.26	986.69 ± 18.83

เมื่อทดสอบความแตกต่างของระดับการเรืองแสงของฟิเออเฮเมตาบอไลต์ในน้ำดีของปลาที่สัมผัสกับน้ำมันทางการค้าที่ตรวจวัดโดยใช้ความยาวคลื่น Ex 290/ Em 335 นาโนเมตร, Ex 260/ Em 380 นาโนเมตร และ Ex 341/ Em 383 นาโนเมตร ทดสอบความแปรปรวน (ANOVA) ด้วยวิธี Two-Way ANOVA พบว่า ระยะเวลา และชนิดของน้ำมันทางการค้าที่ต่างกัน มีระดับการเรืองแสงของฟิเออเฮเมตาบอไลต์ในน้ำดี แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$)

A**B****C**

ภาพที่ 39 เปรียบเทียบระดับการเรืองแสงของฟิเอเอชเมตาบอไลต์ในน้ำดีของปลานิล ที่สัมผัสกับน้ำมันเครื่อง API SG/ CD (A), น้ำมันเบนซิน 91 (B) และน้ำมันดีเซล (C) ($n=6$)

การศึกษาปัจจัยต่าง ๆ ที่มีผลต่อระดับปฏิกิริยา EROD ในตับ

1. การศึกษาผลของความแตกต่างของระยะเวลา และความเข้มข้นของสารประกอบ พีเอเอชต่อระดับปฏิกิริยา EROD ในตับ

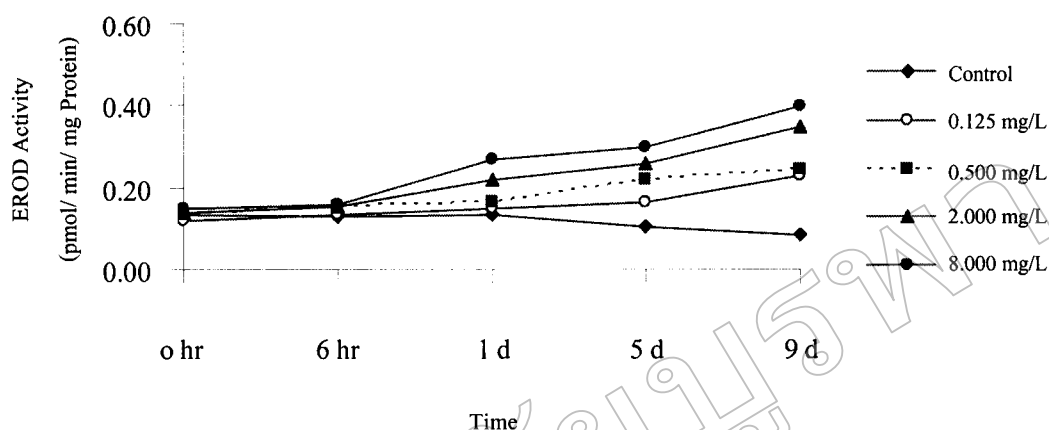
1.1 ศึกษาผลของระยะเวลา และความเข้มข้นของเนพทาไลน์ที่แตกต่างกันต่อระดับปฏิกิริยา EROD ในตับของปลานิล ที่ 0 และ 6 ชั่วโมง 1, 5 และ 9 วัน ความเข้มข้น 0.125, 0.500, 2.000 และ 8.000 มิลลิกรัมต่อลิตร ส่วนกลุ่มควบคุม คือ อะซิโตนในไตรท์ 0.2 มิลลิตรต่อลิตร

จากผลการศึกษา พบว่า เมื่อระยะเวลา และความเข้มข้นของเนพทาไลน์เพิ่มขึ้น ทำให้ระดับปฏิกิริยา EROD ในตับ เพิ่มขึ้น ตรวจวัดได้ความเข้มข้นของเนพทาไลน์ 0.125, 0.500, 2.000 และ 8.000 มิลลิกรัมต่อลิตร อยู่ระหว่าง 0.121-0.227, 0.134-0.244, 0.140-0.349 และ 0.149-0.399 pmol/ min/ mg Protein ตามลำดับ แสดงผลดังตารางที่ 12

ตารางที่ 12 ระดับปฏิกิริยา EROD ในตับของปลานิล ที่สัมผัสกับเนพทาไลน์ ที่ระยะเวลาและความเข้มข้นต่าง ๆ (n=6)

Conc. of Naphthalene (ppm)	Levels of EROD Activity (pmol/ min/ mg Protein)				
	0 Hour	6 Hour	1 Day	5 Day	9 Day
Control	0.136 ± 0.035	0.127 ± 0.012	0.135 ± 0.002	0.104 ± 0.057	0.086 ± 0.013
0.125	0.121 ± 0.024	0.132 ± 0.033	0.150 ± 0.021	0.164 ± 0.013	0.227 ± 0.037
0.500	0.134 ± 0.030	0.153 ± 0.050	0.164 ± 0.022	0.218 ± 0.027	0.244 ± 0.007
2.000	0.140 ± 0.006	0.155 ± 0.017	0.216 ± 0.018	0.256 ± 0.064	0.349 ± 0.029
8.000	0.149 ± 0.059	0.160 ± 0.041	0.268 ± 0.014	0.296 ± 0.012	0.399 ± 0.052

เมื่อทดสอบความแตกต่างของระดับปฏิกิริยา EROD ในตับ โดยทดสอบความแปรปรวน (ANOVA) ด้วยวิธี Two-Way ANOVA พบว่า ระยะเวลา และความเข้มข้นของเนพทาไลน์ที่ต่างกัน มีระดับปฏิกิริยา EROD ในตับ แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$)



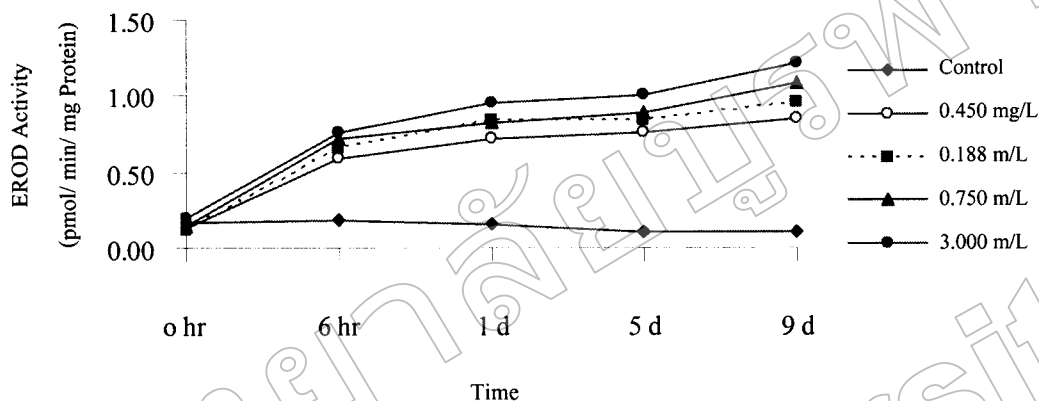
ภาพที่ 40 ระดับปฏิกิริยา EROD ในตับของปลานิล ที่สัมผัสกับเนฟทาซีน ที่ระยะเวลา และความเข้มข้นต่าง ๆ ($n=6$) (ไม่ได้ค่า S.D. ในกราฟเพื่อหลีกเลี่ยงความสับสนของข้อมูล)

1.2 ศึกษาผลของระยะเวลา และความเข้มข้นของฟีนแอนทรีนที่แตกต่างกันต่อระดับปฏิกิริยา EROD ในตับของปลานิล ที่ 0 และ 6 ชั่วโมง 1, 5 และ 9 วัน ความเข้มข้น 0.047, 0.188, 0.750 และ 3.000 มิลลิกรัมต่อลิตร ส่วนกลุ่มควบคุม คือ อะซิโตน ในไตรท์ 0.2 มิลลิกรัมต่อลิตร จากผลการศึกษา พบว่า เมื่อระยะเวลา และความเข้มข้นของฟีนแอนทรีนเพิ่มขึ้น ทำให้ระดับปฏิกิริยา EROD ในตับ เพิ่มขึ้น ตรวจวัดได้ถึงความเข้มข้นของฟีนแอนทรีน 0.047, 0.188, 0.750 และ 3.000 มิลลิกรัมต่อลิตร อยู่ระหว่าง 0.136-0.851, 0.121-0.950, 0.149-1.087 และ 0.195-1.210 pmol/ min/ mg Protein ตามลำดับ แสดงผลดังตารางที่ 13

ตารางที่ 13 ระดับปฏิกิริยา EROD ในตับของปลานิล ที่สัมผัสกับฟีนแอนทรีน ที่ระยะเวลา และความเข้มข้นต่าง ๆ ($n=6$)

Conc. of Phenanthrene (ppm)	Levels of EROD Activity (pmol/ min/ mg Protein)				
	0 Hour	6 Hour	1 Day	5 Day	9 Day
Control	0.174 ± 0.030	0.178 ± 0.044	0.160 ± 0.008	0.102 ± 0.003	0.101 ± 0.031
0.047	0.136 ± 0.041	0.589 ± 0.062	0.714 ± 0.133	0.757 ± 0.115	0.851 ± 0.008
0.188	0.121 ± 0.066	0.646 ± 0.024	0.832 ± 0.077	0.839 ± 0.115	0.950 ± 0.055
0.750	0.149 ± 0.019	0.723 ± 0.053	0.827 ± 0.060	0.882 ± 0.065	1.087 ± 0.050
3.000	0.195 ± 0.069	0.754 ± 0.099	0.946 ± 0.169	1.001 ± 0.029	1.210 ± 0.044

เมื่อทดสอบความแตกต่างของระดับปฏิกิริยา EROD ในตับ โดยทดสอบความแปรปรวน (ANOVA) ด้วยวิธี Two-Way ANOVA พบว่า ระยะเวลา และความเข้มข้นของฟิแนนทรินที่ต่างกัน มีระดับปฏิกิริยา EROD ในตับ แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$)



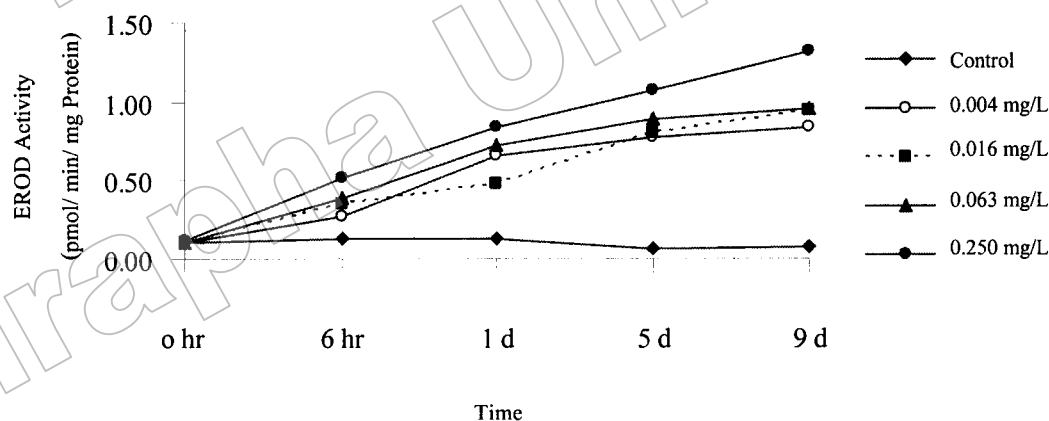
ภาพที่ 41 ระดับปฏิกิริยา EROD ในตับของปลานิล ที่สัมผัสกับฟิแนนทริน ที่ระยะเวลา และความเข้มข้นต่าง ๆ ($n=6$) (ไม่ใส่ค่า S.D. ในกราฟเพื่อหลีกเลี่ยงความสับสนของข้อมูล)

1.3 ศึกษาผลของระยะเวลา และความเข้มข้นของไฟรินที่แตกต่างกันต่อระดับปฏิกิริยา EROD ในตับของปลานิล ที่ 0 และ 6 ชั่วโมง 1, 5 และ 9 วัน ความเข้มข้น 0.004, 0.016, 0.063 และ 0.250 มิลลิกรัมต่อลิตร ส่วนกลุ่มควบคุม คือ อะซิโตนในไตรท์ 0.2 มิลลิกรัมต่อลิตร จากผลการศึกษา พบว่า เมื่อระยะเวลา และความเข้มข้นของไฟรินเพิ่มขึ้น ทำให้ระดับปฏิกิริยา EROD ในตับ เพิ่มขึ้น ตรวจวัดได้กับความเข้มข้นของไฟริน 0.004, 0.016, 0.063 และ 0.250 มิลลิกรัมต่อลิตร อยู่ระหว่าง 2.29-35.36, 2.40-232.08, 4.96-549.46 และ 2.77-1027.00 pmol/min/ mg Protein ตามลำดับ แสดงผลดังตารางที่ 14

ตารางที่ 14 ระดับปฏิกิริยา EROD ในตับของปลานิล ที่สัมผัสกับไพรีน ที่ระยะเวลา
และความเข้มข้นต่าง ๆ ($n=6$)

Conc. of Pyrene (ppm)	Levels of EROD Activity (pmol/ min/ mg Protein)				
	0 Hour	6 Hour	1 Day	5 Day	9 Day
Control	0.103 $\pm$ 0.049	0.125 $\pm$ 0.022	0.136 $\pm$ 0.041	0.069 $\pm$ 0.006	0.071 $\pm$ 0.010
0.004	0.101 $\pm$ 0.004	0.278 $\pm$ 0.005	0.654 $\pm$ 0.076	0.774 $\pm$ 0.073	0.841 $\pm$ 0.032
0.016	0.105 $\pm$ 0.014	0.343 $\pm$ 0.021	0.479 $\pm$ 0.094	0.795 $\pm$ 0.093	0.945 $\pm$ 0.209
0.063	0.108 $\pm$ 0.020	0.385 $\pm$ 0.000	0.728 $\pm$ 0.010	0.891 $\pm$ 0.054	0.958 $\pm$ 0.029
0.250	0.211 $\pm$ 0.011	0.523 $\pm$ 0.041	0.838 $\pm$ 0.153	1.078 $\pm$ 0.051	1.317 $\pm$ 0.327

เมื่อทดสอบความแตกต่างของระดับปฏิกิริยา EROD ในตับ โดยทดสอบความแปรปรวน (ANOVA) ด้วยวิธี Two-Way ANOVA พบว่า ระยะเวลา และความเข้มข้นของไพรีนที่ต่างกัน มีระดับปฏิกิริยา EROD ในตับ แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$)



ภาพที่ 42 ระดับปฏิกิริยา EROD ในตับของปลานิล ที่สัมผัสกับไพรีน ที่ระยะเวลา และ
ความเข้มข้นต่าง ๆ ($n=6$) (ไม่ใส่ค่า S.D. ในกราฟเพื่อหลีกเลี่ยงความสับสนของข้อมูล)

จากการศึกษาผลของความแตกต่างของระยะเวลา และความเข้มข้นของสารประกอบ
ไพเออร์ระดับปฏิกิริยา EROD ในตับ พบว่า เมื่อระยะเวลา และความเข้มข้นของเพิ่มขึ้น ทำให้
ระดับปฏิกิริยา EROD ในตับ จะเพิ่มขึ้นเรื่อย ๆ ตามระยะเวลา และความเข้มข้นในการสัมผัสสูงสุด

2. การศึกษาผลของความแตกต่างของระยะเวลา และน้ำมันทางการค้าต่อระดับปฏิกิริยา

EROD ในตับ

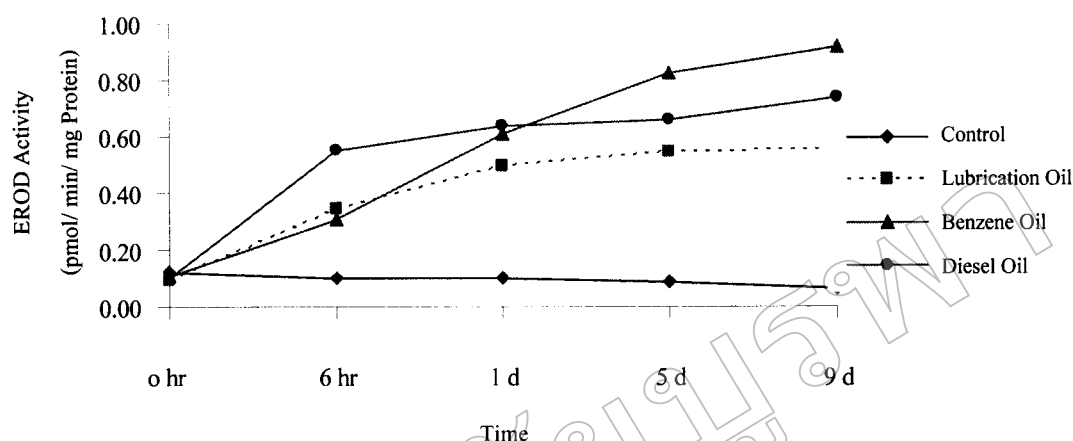
ศึกษาผลของระยะเวลา และน้ำมันทางการค้าที่ต่างกันต่อระดับปฏิกิริยา EROD ในตับของปลานิล ที่สัมผัสกับน้ำมันทางการค้า คือ น้ำมันเครื่อง API SG/ CD, น้ำมันเบนซิน 91 และน้ำมันดีเซล ที่ 0 และ 6 ชั่วโมง 1, 5 และ 9 วัน และความเข้มข้นที่เท่ากัน คือ 1 มิลลิกรัมต่อลิตร ส่วนกลุ่มควบคุม คือ น้ำเปล่า

จากผลการศึกษา พบว่า เมื่อระยะเวลาในการสัมผัสกับน้ำมันทางการค้าเพิ่มขึ้น ทำให้ระดับปฏิกิริยา EROD เพิ่มขึ้น ตรวจวัดได้ของน้ำมันเครื่อง API SG/ CD, น้ำมันเบนซิน 91 และน้ำมันดีเซล อยู่ระหว่าง 0.091-0.547, 0.109-0.917 และ 0.097-0.734 pmol/ min/ mg Protein ตามลำดับ แสดงผลดังตารางที่ 15

ตารางที่ 15 ระดับปฏิกิริยา EROD ในตับของปลานิล ที่สัมผัสกับน้ำมันทางการค้าแต่ละชนิด ที่ระยะเวลาต่าง ๆ (n=6)

Type of Oil	Levels of EROD Activity (pmol/ min/ mg Protein)				
	0 Hour	6 Hour	1 Day	5 Day	9 Day
Control	0.121 ± 0.014	0.103 ± 0.016	0.103 ± 0.015	0.088 ± 0.030	0.064 ± 0.014
Lubrication	0.091 ± 0.012	0.342 ± 0.068	0.494 ± 0.063	0.543 ± 0.017	0.547 ± 0.029
Benzene	0.109 ± 0.042	0.311 ± 0.076	0.610 ± 0.027	0.821 ± 0.055	0.917 ± 0.208
Diesel	0.097 ± 0.006	0.550 ± 0.152	0.637 ± 0.046	0.655 ± 0.156	0.734 ± 0.002

เมื่อทดสอบความแตกต่างของระดับปฏิกิริยา EROD ในตับของปลา ที่สัมผัสกับน้ำมันทางการค้าที่ตรวจวัดได้ โดยทดสอบความแปรปรวน (ANOVA) ด้วยวิธี Two-Way ANOVA พบว่า ระยะเวลา และชนิดของน้ำมันที่ต่างกันมีระดับปฏิกิริยา EROD ในตับ แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$)



ภาพที่ 43 ระดับปฏิกิริยา EROD ในตับของปลานิล ที่สัมผัสกับน้ำมันทางการค้าแต่ละชนิด ที่ระยะเวลาต่าง ๆ ($n=6$) (ไม่ใส่ค่า S.D. ในกราฟเพื่อหลีกเลี่ยงความสับสนของข้อมูล)

การศึกษาปัจจัยต่าง ๆ ที่มีผลต่อสัดส่วนระหว่างน้ำหนักตับต่อน้ำหนักตัว (%LSI)

1. การศึกษาผลของความแตกต่างของระยะเวลา และความเข้มข้นของสารประกอบ

พีเอเอชต่อสัดส่วนระหว่างน้ำหนักตับต่อน้ำหนักตัว (%LSI) ของปลา

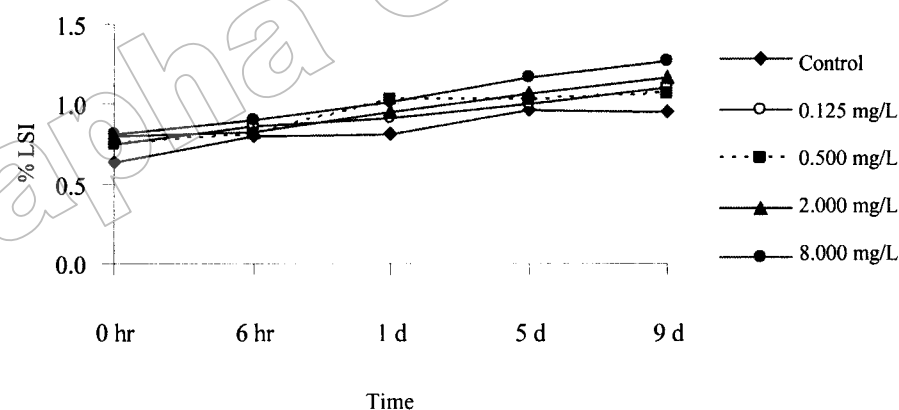
1.1 ศึกษาผลของระยะเวลา และความเข้มข้นของเนพทาลินที่แตกต่างกันต่อสัดส่วนระหว่างน้ำหนักตับต่อน้ำหนักตัวของปลานิล ที่ 0 และ 6 ชั่วโมง 1, 5 และ 9 วัน ความเข้มข้น 0.125, 0.500, 2.000 และ 8.000 มิลลิกรัมต่อลิตร ส่วนกลุ่มควบคุม คือ อะซิโตนในไตรท์ 0.2 มิลลิกรัมต่อลิตร

จากผลการศึกษา พบว่า เมื่อระยะเวลา และความเข้มข้นของเนพทาลินเพิ่มขึ้น ทำให้สัดส่วนระหว่างน้ำหนักตับต่อน้ำหนักตัวเพิ่มขึ้น ตรวจวัดได้ที่ความเข้มข้นของเนพทาลิน 0.125, 0.500, 2.000 และ 8.000 มิลลิกรัมต่อลิตร อยู่ระหว่าง 0.75-1.11, 0.75-1.06, 0.80-1.17 และ 0.82-1.27 ตามลำดับ แสดงผลดังตารางที่ 16

ตารางที่ 16 สัดส่วนระหว่างน้ำหนักตับต่อน้ำหนักตัวของปลานิล ที่สัมผัสกับแนพทาลิน
ที่ระยะเวลา และความเข้มข้นต่าง ๆ ($n=6$)

Conc. of Naphthalene (ppm)	Levels of Liver Somatic Index (%LSI)				
	0 Hour	6 Hour	1 Day	5 Day	9 Day
Control	0.64 ± 0.08	0.80 ± 0.07	0.82 ± 0.08	0.97 ± 0.09	0.96 ± 0.04
0.125	0.75 ± 0.06	0.87 ± 0.06	0.92 ± 0.04	1.00 ± 0.04	1.11 ± 0.05
0.500	0.75 ± 0.05	0.81 ± 0.07	1.03 ± 0.07	1.03 ± 0.06	1.06 ± 0.07
2.000	0.80 ± 0.06	0.83 ± 0.09	0.96 ± 0.02	1.07 ± 0.09	1.17 ± 0.02
8.000	0.82 ± 0.09	0.90 ± 0.02	1.01 ± 0.07	1.17 ± 0.03	1.27 ± 0.01

เมื่อทดสอบความแตกต่างของสัดส่วนระหว่างน้ำหนักตับต่อน้ำหนักตัว โดยทดสอบ
ความแปรปรวน (ANOVA) ด้วยวิธี Two-Way ANOVA พบว่า ระยะเวลา และความเข้มข้นของ
แนพทาลินที่ต่างกันมีสัดส่วนระหว่างน้ำหนักตับต่อน้ำหนักตัว แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ
ทางสถิติ ($p < 0.05$)



ภาพที่ 44 สัดส่วนระหว่างน้ำหนักตับต่อน้ำหนักตัวของปลานิล ที่สัมผัสกับแนพทาลิน
ที่ระยะเวลา และความเข้มข้นต่าง ๆ ($n=6$) (ไม่ใส่ค่า S.D. ในกราฟเพื่อหลีกเลี่ยง
ความสับสนของข้อมูล)

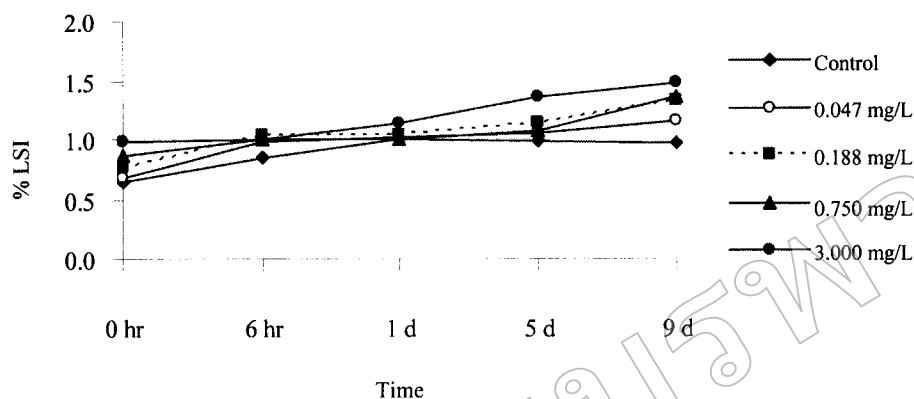
1.2 ศึกษาผลของระยะเวลา และความเข้มข้นของฟิแนนทรีนที่แตกต่างกันต่อ สัดส่วนระหว่างน้ำหนักตับต่อน้ำหนักตัวของปลานิล ที่ 0 และ 6 ชั่วโมง 1, 5 และ 9 วัน ความเข้มข้น 0.047, 0.188, 0.750 และ 3.000 มิลลิกรัมต่อลิตร ส่วนกลุ่มควบคุม คือ อะซิโตนไนไตรท์ 0.2 มิลลิกรัมต่อลิตร

จากผลการศึกษา พบว่า เมื่อระยะเวลา และความเข้มข้นของฟิแนนทรีนเพิ่มขึ้น ทำให้ สัดส่วนระหว่างน้ำหนักตับต่อน้ำหนักตัวเพิ่มขึ้น ตรวจวัดได้ความเข้มข้นของฟิแนนทรีน 0.047, 0.188, 0.750 และ 3.000 มิลลิกรัมต่อลิตร อยู่ระหว่าง 0.68-1.16, 0.76-1.32, 0.87-1.36 และ 0.98-1.47 ตามลำดับ แสดงผลดังตารางที่ 17

ตารางที่ 17 สัดส่วนระหว่างน้ำหนักตับต่อน้ำหนักตัวของปลานิล ที่สัมผัสกับฟิแนนทรีน ที่ระยะเวลา และความเข้มข้นต่าง ๆ ($n=6$)

Conc. of Phenanthrene (ppm)	Levels of Liver Somatic Index (%LSI)				
	0 Hour	6 Hour	1 Day	5 Day	9 Day
Control	0.64 ± 0.04	0.84 ± 0.09	0.99 ± 0.13	0.99 ± 0.06	0.96 ± 0.08
0.047	0.68 ± 0.04	0.98 ± 0.00	1.01 ± 0.04	1.04 ± 0.06	1.16 ± 0.05
0.188	0.76 ± 0.06	1.03 ± 0.06	1.03 ± 0.03	1.14 ± 0.00	1.32 ± 0.10
0.750	0.87 ± 0.04	0.99 ± 0.08	1.00 ± 0.05	1.06 ± 0.05	1.36 ± 0.03
3.000	0.98 ± 0.08	1.01 ± 0.06	1.13 ± 0.04	1.36 ± 0.05	1.47 ± 0.03

เมื่อทดสอบความแตกต่างของสัดส่วนระหว่างน้ำหนักตับต่อน้ำหนักตัว โดยทดสอบ ความแปรปรวน (ANOVA) ด้วยวิธี Two-Way ANOVA พบว่า ระยะเวลา และความเข้มข้นของ ฟิแนนทรีนที่ต่างกันมีสัดส่วนระหว่างน้ำหนักตับต่อน้ำหนักตัว (%LSI) แตกต่างกันอย่างมีนัย สำคัญทางสถิติ ($p<0.05$)



ภาพที่ 45 สัดส่วนระหว่างน้ำหนักตับต่อน้ำหนักตัวของปลานิล ที่สัมผัสกับพีแนทรีน ที่ระยะเวลา และความเข้มข้นต่าง ๆ ($n=6$) (ไม่ใส่ค่า S.D. ในกราฟเพื่อหลีกเลี่ยงความสับสนของข้อมูล)

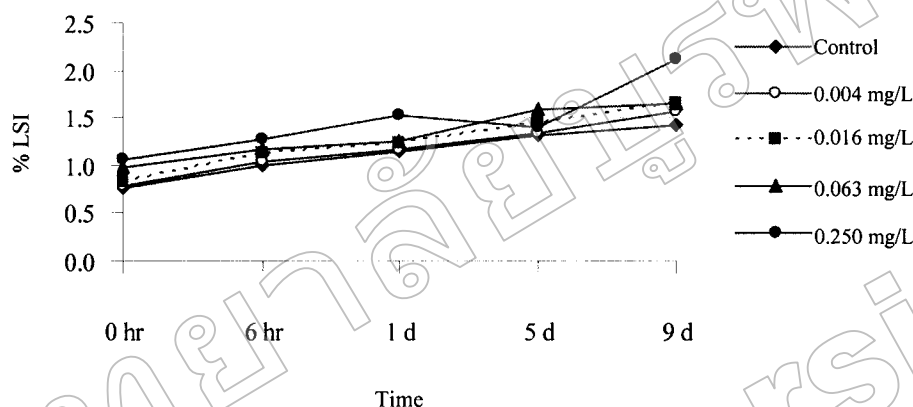
1.3 ศึกษาผลของระยะเวลา และความเข้มข้นของไพรีนที่แตกต่างกันต่อสัดส่วนระหว่างน้ำหนักตับต่อน้ำหนักตัวของปลานิล ที่ 0 และ 6 ชั่วโมง 1, 5 และ 9 วัน ความเข้มข้น 0.004, 0.016, 0.063 และ 0.250 มิลลิกรัมต่อลิตร ส่วนกลุ่มควบคุม คือ อะซิโตนในไตรท์ 0.2 มิลลิกรัมต่อลิตร

จากผลการศึกษา พบว่า เมื่อระยะเวลา และความเข้มข้นของไพรีนเพิ่มขึ้น ทำให้สัดส่วนระหว่างน้ำหนักตับต่อน้ำหนักตัวเพิ่มขึ้น ตรวจวัดได้ถึงความเข้มข้นของไพรีน 0.004, 0.016, 0.063 และ 0.250 มิลลิกรัมต่อลิตร อยู่ระหว่าง 0.78-1.56, 0.83-1.65, 0.98-1.65 และ 1.06-2.12 ตามลำดับ แสดงผลดังตารางที่ 18

ตารางที่ 18 สัดส่วนระหว่างน้ำหนักตับต่อน้ำหนักตัวของปลานิล ที่สัมผัสกับไพรีน ที่ระยะเวลา และความเข้มข้นต่าง ๆ ($n=6$)

Conc. of Pyrene (ppm)	Levels of Liver Somatic Index (%LSI)				
	0 Hour	6 Hour	1 Day	5 Day	9 Day
Control	0.76 ± 0.09	0.99 ± 0.12	1.14 ± 0.30	1.31 ± 0.17	1.42 ± 0.11
0.004	0.78 ± 0.02	1.04 ± 0.08	1.17 ± 0.09	1.33 ± 0.02	1.56 ± 0.02
0.016	0.83 ± 0.00	1.12 ± 0.08	1.23 ± 0.17	1.43 ± 0.03	1.65 ± 0.09
0.063	0.98 ± 0.04	1.17 ± 0.01	1.25 ± 0.01	1.60 ± 0.05	1.65 ± 0.09
0.250	1.06 ± 0.07	1.27 ± 0.11	1.52 ± 0.11	1.40 ± 0.12	2.12 ± 0.08

เมื่อทดสอบความแตกต่างของสัดส่วนระหว่างน้ำนักดับต่อน้ำนักตัว โดยทดสอบความแปรปรวน (ANOVA) ด้วยวิธี Two-Way ANOVA พบว่า ระยะเวลา และความเข้มข้นของไฟรีนที่ต่างกันมีสัดส่วนระหว่างน้ำนักดับต่อน้ำนักตัว แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$)



ภาพที่ 46 สัดส่วนระหว่างน้ำนักดับต่อน้ำนักตัวของปลานิล ที่สัมผัสกับไฟรีน ที่ระยะเวลาและความเข้มข้นต่าง ๆ ($n=6$) (ไม่ได้ค่า *S.D.* ในกราฟเพื่อหลีกเลี่ยงความสับสนของข้อมูล)

จากการศึกษาผลของความแตกต่างของระยะเวลา และความเข้มข้นของสารประกอบฟิเอเซตต่อสัดส่วนระหว่างน้ำนักดับต่อน้ำนักตัวของปลานิล พบว่า เมื่อระยะเวลา และความเข้มข้นของเพิ่มขึ้น ทำให้สัดส่วนระหว่างน้ำนักดับต่อน้ำนักตัวของปลานิลจะเพิ่มขึ้นเรื่อย ๆ ตามระยะเวลา และความเข้มข้นในการสัมผัสสูงสุด

2. การศึกษาผลของความแตกต่างของระยะเวลา และน้ำมันทางการค้าต่อสัดส่วนระหว่างน้ำนักดับต่อน้ำนักตัวของปลา

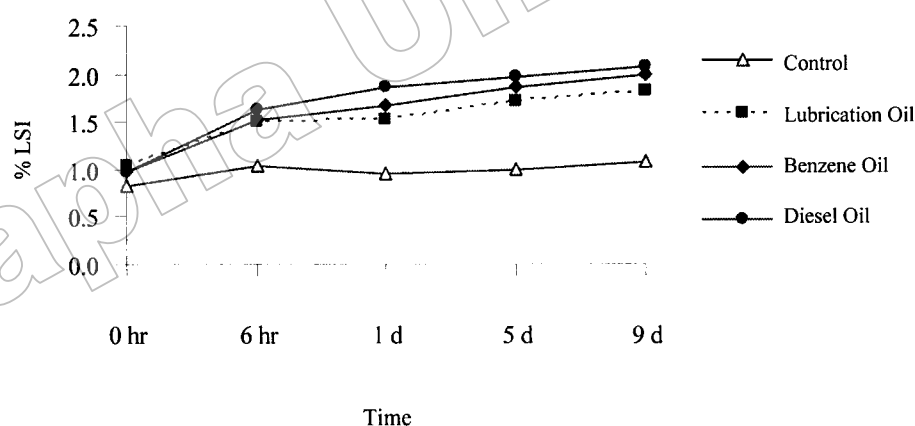
ศึกษาผลของระยะเวลา และน้ำมันทางการค้าที่ต่างกันต่อสัดส่วนระหว่างน้ำนักดับต่อน้ำนักตัวของปลานิล ที่สัมผัสกับน้ำมันทางการค้า คือ น้ำมันเครื่อง API SG/ CD, น้ำมันเบนซิน 91 และน้ำมันดีเซล ที่ 0 และ 6 ชั่วโมง 1, 5 และ 9 วัน และความเข้มข้นที่เท่ากัน คือ 1 มิลลิกรัมต่อลิตร ส่วนกลุ่มควบคุม คือ น้ำเปล่า

จากผลการศึกษา พบว่า เมื่อระยะเวลาในการสัมผัสเพิ่มขึ้น ทำให้สัดส่วนระหว่างน้ำนักดับต่อน้ำนักตัวเพิ่มขึ้น ตรวจวัดได้ของน้ำมันเครื่อง API SG/ CD, น้ำมันเบนซิน 91 และน้ำมันดีเซล อยู่ระหว่าง 1.05-1.81, 0.98-1.99 และ 0.98-2.07 ตามลำดับ แสดงผลดังตารางที่ 19

ตารางที่ 19 สัดส่วนระหว่างน้ำหนักตับต่อน้ำหนักตัวของปลานิล ที่สัมผัสกับน้ำมันทางการค้าแต่ละชนิด ที่ระยะเวลาต่าง ๆ ($n=6$)

Type of Oil	Levels of Liver Somatic Index (%LSI)				
	0 Hour	6 Hour	1 Day	5 Day	9 Day
Control	0.82 ± 0.08	1.04 ± 0.08	0.95 ± 0.13	1.00 ± 0.00	1.09 ± 0.02
Lubrication	1.05 ± 0.03	1.50 ± 0.01	1.53 ± 0.14	1.73 ± 0.02	1.81 ± 0.11
Benzene	0.98 ± 0.03	1.53 ± 0.04	1.67 ± 0.07	1.87 ± 0.05	1.99 ± 0.04
Diesel	0.98 ± 0.012	1.64 ± 0.08	1.86 ± 0.04	1.97 ± 0.05	2.07 ± 0.11

เมื่อทดสอบความแตกต่างของสัดส่วนระหว่างน้ำหนักตับต่อน้ำหนักตัวของปลานิล ที่สัมผัสกับน้ำมันทางการค้าที่ตรวจวัดได้ โดยทดสอบความแปรปรวน (ANOVA) ด้วยวิธี Two-Way ANOVA พบว่า ระยะเวลา และชนิดของน้ำมันที่ต่างกันมีสัดส่วนระหว่างน้ำหนักตับต่อน้ำหนักตัว แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$)



ภาพที่ 47 สัดส่วนระหว่างน้ำหนักตับต่อน้ำหนักตัวของปลานิล ที่สัมผัสกับน้ำมันทางการค้าแต่ละชนิด ที่ระยะเวลาต่าง ๆ ($n=6$)

การวิเคราะห์ความสัมพันธ์

การศึกษาความสัมพันธ์ของระดับการเรืองแสงของเมตาบอไลต์ในน้ำดี, ระดับปฏิกิริยา EROD ในตับ และสัดส่วนระหว่างน้ำหนักตับต่อน้ำหนักตัวของปลานิล ที่สัมผัสกับสารประกอบฟิเอเอช และน้ำมันทางการค้า ที่ระยะเวลา และความเข้มข้นที่ต่างกัน โดยใช้วิธีการหาสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ (Correlation Coefficient: r) ที่ระดับความเชื่อมั่น 99 ($p = 0.01$) และ 95 ($p = 0.05$) จากการศึกษา พบว่า ตัวแปรต่าง ๆ มีความสัมพันธ์กัน ดังนี้

1. ความสัมพันธ์ระหว่างระดับการเรืองแสงของแนพทาลินเมตาบอไลต์ในน้ำดี, ระดับปฏิกิริยา EROD ในตับ และสัดส่วนระหว่างน้ำหนักตับต่อน้ำหนักตัวของปลานิล ที่สัมผัสกับแนพทาลิน ความเข้มข้น 0.125, 0.500, 2.000 และ 8.000 มิลลิกรัมต่อลิตร แสดงในตารางที่ 20

1.1 ความสัมพันธ์ระหว่างระดับการเรืองแสงของแนพทาลินเมตาบอไลต์ในน้ำดีกับระดับปฏิกิริยา EROD ในตับ มีความสัมพันธ์ในทิศทางเดียวกัน ในระดับสูง ($r = 0.861$; $p = 0.01$, $r = 0.750$; $p = 0.05$, $r = 0.708$; $p = 0.05$ และ $r = 0.614$ ตามลำดับ)

1.2 ความสัมพันธ์ระหว่างระดับการเรืองแสงของแนพทาลินเมตาบอไลต์ในน้ำดีกับสัดส่วนระหว่างน้ำหนักตับต่อน้ำหนักตัว มีความสัมพันธ์ในทิศทางเดียวกัน ในระดับสูง ($r = 0.788$; $p = 0.01$, $r = 0.769$; $p = 0.01$, $r = 0.818$; $p = 0.01$ และ $r = 0.754$; $p = 0.05$ ตามลำดับ)

1.3 ความสัมพันธ์ระหว่างระดับปฏิกิริยา EROD ในตับกับสัดส่วนระหว่างน้ำหนักตับต่อน้ำหนักตัว มีความสัมพันธ์ในทิศทางเดียวกัน ในระดับสูง ($r = 0.731$; $p = 0.05$, $r = 0.726$; $p = 0.05$, $r = 0.772$; $p = 0.01$ และ $r = 0.924$; $p = 0.01$ ตามลำดับ)

2. ความสัมพันธ์ระหว่างระดับการเรืองแสงของพีแนนทรินเมตาบอไลต์ในน้ำดี, ระดับปฏิกิริยา EROD ในตับ และสัดส่วนระหว่างน้ำหนักตับต่อน้ำหนักตัวของปลานิล ที่สัมผัสกับพีแนนทริน ความเข้มข้น 0.047, 0.188, 0.750 และ 3.000 มิลลิกรัมต่อลิตร แสดงในตารางที่ 21

2.1 ความสัมพันธ์ระหว่างระดับการเรืองแสงของพีแนนทรินเมตาบอไลต์ในน้ำดีกับระดับปฏิกิริยา EROD ในตับ มีความสัมพันธ์ในทิศทางเดียวกัน ในระดับสูง ($r = 0.937$; $p = 0.01$, $r = 0.834$; $p = 0.01$, $r = 0.921$; $p = 0.01$ และ $r = 0.948$; $p = 0.01$ ตามลำดับ)

2.2 ความสัมพันธ์ระหว่างระดับการเรืองแสงของพีแนนทรินเมตาบอไลต์ในน้ำดีกับสัดส่วนระหว่างน้ำหนักตับต่อน้ำหนักตัว มีความสัมพันธ์ในทิศทางเดียวกัน ในระดับสูง ($r = 0.972$; $p = 0.01$, $r = 0.928$; $p = 0.01$, $r = 0.826$; $p = 0.01$ และ $r = 0.854$; $p = 0.01$ ตามลำดับ)

2.3 ความสัมพันธ์ระหว่างระดับปฏิกิริยา EROD ในตับกับสัดส่วนระหว่างน้ำหนักตับต่อน้ำหนักตัว มีความสัมพันธ์ในทิศทางเดียวกัน ในระดับสูง ($r = 0.938$; $p = 0.01$, $r = 0.878$; $p = 0.01$, $r = 0.802$; $p = 0.01$ และ $r = 0.777$; $p = 0.01$ ตามลำดับ)

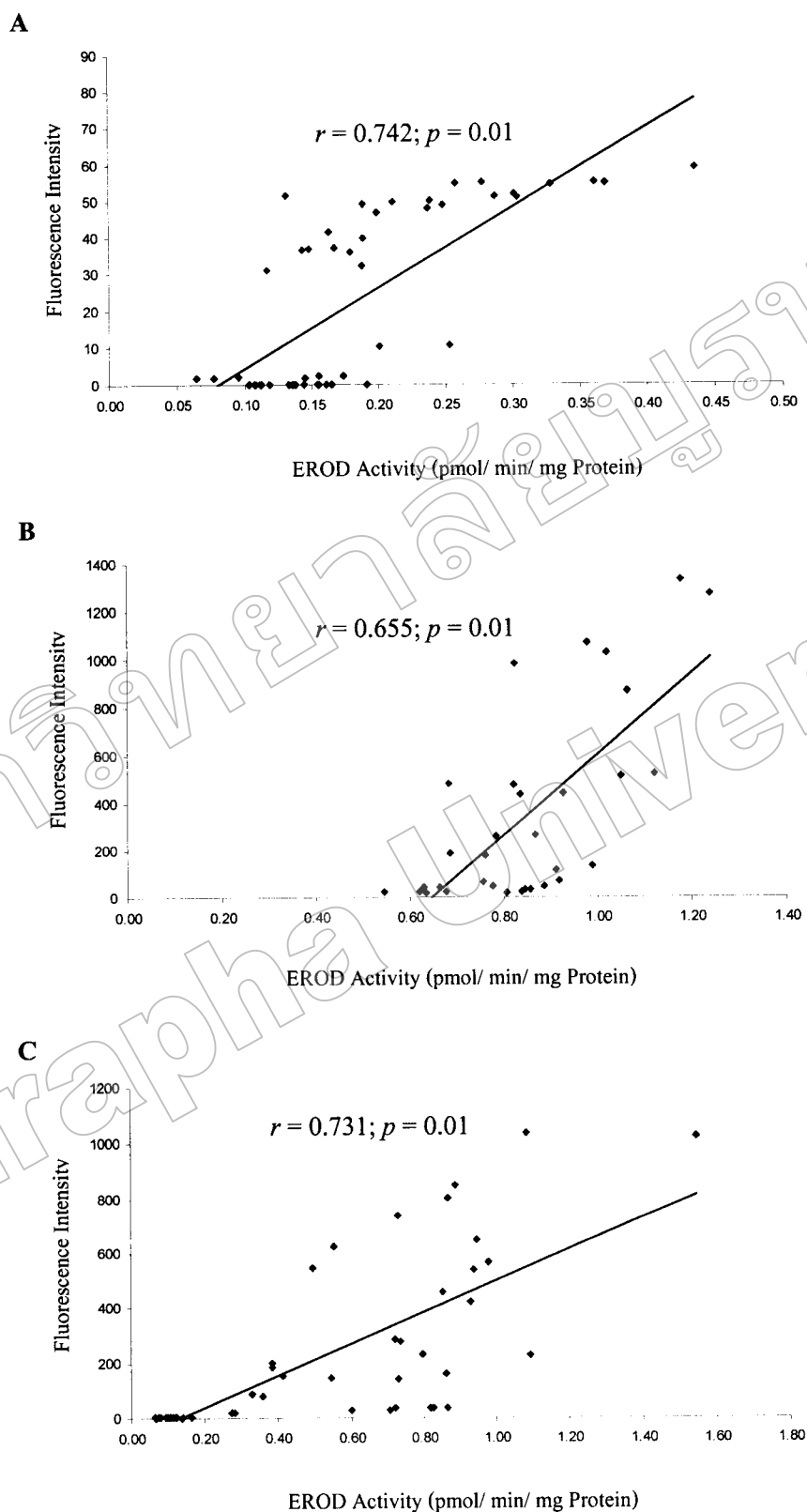
3. ความสัมพันธ์ระหว่างระดับการเรืองแสงของไฟรีนเมตาบอไลต์ในน้ำดี, ระดับปฏิกิริยา EROD ในตับ และสัดส่วนระหว่างน้ำหนักตับต่อน้ำหนักตัวของปลานิล ที่สัมผัสกับไฟรีน ความเข้มข้น 0.004, 0.016, 0.063 และ 0.250 มิลลิกรัมต่อลิตร แสดงในตารางที่ 22

3.1 ความสัมพันธ์ระหว่างระดับการเรืองแสงของไฟรีนเมตาบอไลต์ในน้ำดีกับระดับปฏิกิริยา EROD ในตับ มีความสัมพันธ์ในทิศทางเดียวกัน ในระดับสูง ($r = 0.943; p = 0.01$, $r = 0.914; p = 0.01$, $r = 0.964; p = 0.01$ และ $r = 0.917; p = 0.01$ ตามลำดับ)

3.2 ความสัมพันธ์ระหว่างระดับการเรืองแสงของไฟรีนเมตาบอไลต์ในน้ำดีกับสัดส่วนระหว่างน้ำหนักตับต่อน้ำหนักตัว มีความสัมพันธ์ในทิศทางเดียวกัน ในระดับสูง ($r = 0.930; p = 0.01$, $r = 0.939; p = 0.01$, $r = 0.978; p = 0.01$ และ $r = 0.815; p = 0.01$ ตามลำดับ)

3.3 ความสัมพันธ์ระหว่างระดับปฏิกิริยา EROD ในตับกับสัดส่วนระหว่างน้ำหนักตับต่อน้ำหนักตัว มีความสัมพันธ์ในทิศทางเดียวกัน ในระดับสูง ($r = 0.921; p = 0.01$, $r = 0.935; p = 0.01$, $r = 0.933; p = 0.01$ และ $r = 0.889; p = 0.01$ ตามลำดับ)

กล่าวโดยสรุป ระดับการเรืองแสงของเนพทาไลน์เมตาบอไลต์, ฟีนานทรินเมตาบอไลต์ และไฟรีนเมตาบอไลต์ในน้ำดี กับระดับปฏิกิริยา EROD ในตับของปลานิล ที่สัมผัสกับเนพทาไลน์, ฟีนานทริน และไฟรีน ที่ความเข้มข้นต่าง ๆ มีความสัมพันธ์ในทิศทางเดียวกัน ในระดับสูง ($r = 0.724; p = 0.01$, $r = 0.655; p = 0.01$ และ $r = 0.731; p = 0.01$) แสดงในภาพที่ 48



ภาพที่ 48 ความสัมพันธ์ระหว่างระดับการเรืองแสงของเมตาบอไลต์กับระดับปฏิกิริยา EROD ของปลานิล ที่สัมผัสกับเนพทาลิน (A), ฟีนนทรีน (B) และไพรีน (C)

4. ความสัมพันธ์ระหว่างระดับการเรืองแสงของพีเอเอชเมตาบอไลต์ในน้ำดี ที่ตรวจวัดโดยใช้ความยาวคลื่น Ex 290/ Em 335 นาโนเมตร, Ex 260/ Em 380 นาโนเมตร และ Ex 341/ Em 383 นาโนเมตร, ระดับปฏิกิริยา EROD ในตับ และสัดส่วนระหว่างน้ำหนักตับต่อน้ำหนักตัวของปลานิล ที่สัมผัสกับน้ำมันทางการค้า

4.1 ความสัมพันธ์ระหว่างระดับการเรืองแสงของพีเอเอชเมตาบอไลต์ในน้ำดี ที่ตรวจวัดโดยใช้ความยาวคลื่น Ex 290/ Em 335 นาโนเมตร, Ex 260/ Em 380 นาโนเมตร และ Ex 341/ Em 383 นาโนเมตร, ระดับปฏิกิริยา EROD ในตับ และสัดส่วนระหว่างน้ำหนักตับต่อน้ำหนักตัวของปลาที่สัมผัสกับน้ำมันเครื่อง API SG/ CD แสดงในตารางที่ 23

4.1.1 ความสัมพันธ์ระหว่างระดับการเรืองแสงของพีเอเอชเมตาบอไลต์ในน้ำดี ที่ตรวจวัดโดยใช้ความยาวคลื่น Ex 290/ Em 335 นาโนเมตร, Ex 260/ Em 380 นาโนเมตร และ Ex 341/ Em 383 นาโนเมตร กับระดับปฏิกิริยา EROD ในตับ มีความสัมพันธ์ในทิศทางเดียวกัน ในระดับสูง ($r = 0.645; p = 0.05, r = 0.822; p = 0.01$ และ $r = 0.654; p = 0.05$ ตามลำดับ)

4.1.2 ความสัมพันธ์ระหว่างระดับการเรืองแสงของพีเอเอชเมตาบอไลต์ในน้ำดี ที่ตรวจวัดโดยใช้ความยาวคลื่น Ex 290/ Em 335 นาโนเมตร, Ex 260/ Em 380 นาโนเมตร และ Ex 341/ Em 383 นาโนเมตร กับสัดส่วนระหว่างน้ำหนักตับต่อน้ำหนักตัว มีความสัมพันธ์ในทิศทางเดียวกัน ในระดับสูง ($r = 0.734; p = 0.05, r = 0.899; p = 0.01$ และ $r = 0.718; p = 0.05$ ตามลำดับ)

4.1.3 ความสัมพันธ์ระหว่างระดับปฏิกิริยา EROD ในตับกับสัดส่วนระหว่างน้ำหนักตับต่อน้ำหนักตัว มีความสัมพันธ์ในทิศทางเดียวกัน ในระดับสูง ($r = 0.933; p = 0.01$)

4.2 ความสัมพันธ์ระหว่างระดับการเรืองแสงของพีเอเอชเมตาบอไลต์ในน้ำดี ที่ตรวจวัดโดยใช้ความยาวคลื่น Ex 290/ Em 335 นาโนเมตร, Ex 260/ Em 380 นาโนเมตร และ Ex 341/ Em 383 นาโนเมตร, ระดับปฏิกิริยา EROD ในตับ และสัดส่วนระหว่างน้ำหนักตับต่อน้ำหนักตัวของปลาที่สัมผัสกับน้ำมันเบนซิน 91 แสดงในตารางที่ 24

4.2.1 ความสัมพันธ์ระหว่างระดับการเรืองแสงของพีเอเอชเมตาบอไลต์ในน้ำดี ที่ตรวจวัดโดยใช้ความยาวคลื่น Ex 290/ Em 335 นาโนเมตร, Ex 260/ Em 380 นาโนเมตร และ Ex 341/ Em 383 นาโนเมตร กับระดับปฏิกิริยา EROD ในตับ มีความสัมพันธ์ในทิศทางเดียวกัน ในระดับสูง ($r = 0.854; p = 0.01, r = 0.871; p = 0.01$ และ $r = 0.817; p = 0.01$ ตามลำดับ)

4.2.2 ความสัมพันธ์ระหว่างระดับการเรืองแสงของพีเอเอชเมตาบอไลต์ในน้ำดี ที่ตรวจวัดโดยใช้ความยาวคลื่น Ex 290/ Em 335 นาโนเมตร, Ex 260/ Em 380 นาโนเมตร และ

Ex 341/ Em 383 นาโนเมตร กับสัดส่วนระหว่างน้ำหนักต่อน้ำหนักตัว มีความสัมพันธ์ในทิศทางเดียวกัน ในระดับสูง ($r = 0.789$; $p = 0.01$, $r = 0.820$; $p = 0.01$ และ $r = 0.771$; $p = 0.05$ ตามลำดับ)

4.2.3 ความสัมพันธ์ระหว่างระดับปฏิกิริยา EROD ในตับกับสัดส่วนระหว่างน้ำหนักต่อน้ำหนักตัว มีความสัมพันธ์ในทิศทางเดียวกัน ในระดับสูง ($r = 0.914$; $p = 0.01$)

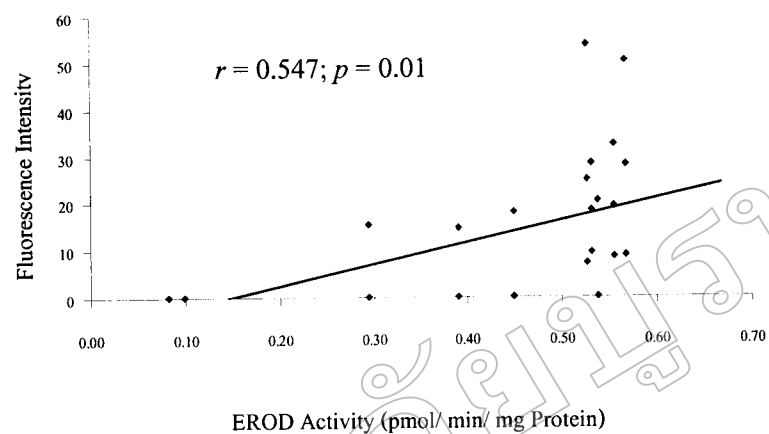
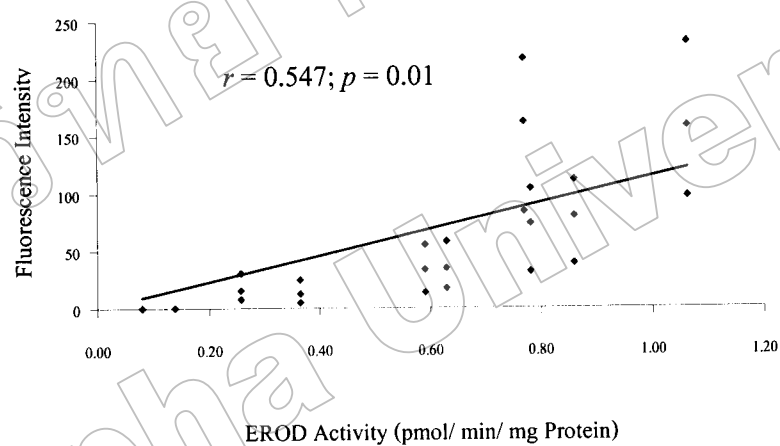
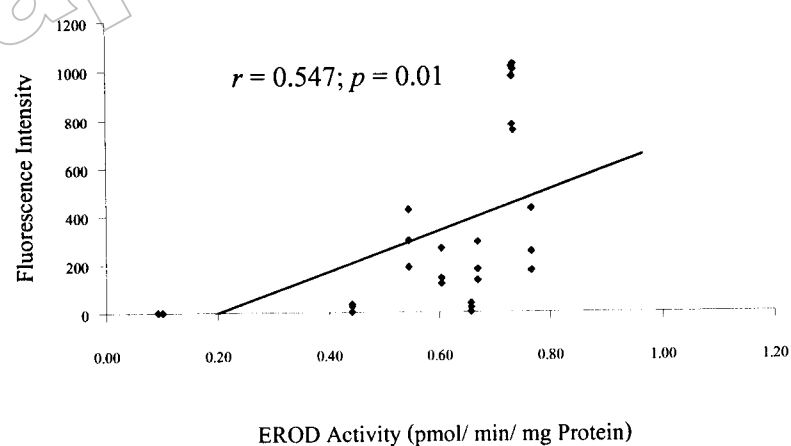
4.3 ความสัมพันธ์ระหว่างระดับการเรืองแสงของฟิเออเฮเมตาบอไลต์ในน้ำดี ที่ตรวจวัดโดยใช้ความยาวคลื่น Ex 290/ Em 335 นาโนเมตร, Ex 260/ Em 380 นาโนเมตร และ Ex 341/ Em 383 นาโนเมตร, ระดับปฏิกิริยา EROD ในตับ และสัดส่วนระหว่างน้ำหนักต่อน้ำหนักตัวของปลาที่สัมผัสกับน้ำมันดีเซล แสดงในตารางที่ 25

4.3.1 ความสัมพันธ์ระหว่างระดับการเรืองแสงของฟิเออเฮเมตาบอไลต์ในน้ำดี ที่ตรวจวัดโดยใช้ความยาวคลื่น Ex 290/ Em 335 นาโนเมตร, Ex 260/ Em 380 นาโนเมตร และ Ex 341/ Em 383 นาโนเมตร กับระดับปฏิกิริยา EROD ในตับ มีความสัมพันธ์ในทิศทางเดียวกัน ในระดับปานกลาง ($r = 0.582$, $r = 0.650$; $p = 0.05$ และ $r = 0.534$ ตามลำดับ)

4.3.2 ความสัมพันธ์ระหว่างระดับการเรืองแสงของฟิเออเฮเมตาบอไลต์ในน้ำดี ที่ตรวจวัดโดยใช้ความยาวคลื่น Ex 290/ Em 335 นาโนเมตร, Ex 260/ Em 380 นาโนเมตร และ Ex 341/ Em 383 นาโนเมตร กับสัดส่วนระหว่างน้ำหนักต่อน้ำหนักตัว มีความสัมพันธ์ในทิศทางเดียวกัน ในระดับสูง ($r = 0.683$; $p = 0.05$, $r = 0.745$; $p = 0.05$ และ $r = 0.612$ ตามลำดับ)

4.3.3 ความสัมพันธ์ระหว่างระดับปฏิกิริยา EROD ในตับ กับสัดส่วนระหว่างน้ำหนักต่อน้ำหนักตัว มีความสัมพันธ์ในทิศทางเดียวกัน ในระดับสูง ($r = 0.929$; $p = 0.01$)

กล่าวโดยสรุป ระดับการเรืองแสงของฟิเออเฮเมตาบอไลต์ในน้ำดี กับระดับปฏิกิริยา EROD ในตับของปลานิล ที่สัมผัสกับน้ำมันทางการค้า คือ น้ำมันเครื่อง API SG/ CD, น้ำมันเบนซิน 91 และน้ำมันดีเซล มีความสัมพันธ์ในทิศทางเดียวกัน ($r = 0.547$; $p = 0.01$, $r = 0.762$; $p = 0.01$ และ $r = 0.580$; $p = 0.01$ ตามลำดับ) แสดงในภาพที่ 49

A**B****C**

ภาพที่ 49 ความสัมพันธ์ระหว่างระดับการเรืองแสงของเมตาบอไลต์กับระดับปฏิกิริยา EROD ของปลาไนล์ ที่สัมผัสกับน้ำมันเครื่อง (A), น้ำมันเบนซิน 91 (B) และน้ำมันดีเซล(C)

ตารางที่ 20 ลักษณะพิษสัณฐานสัมพันธ์ของระดับการเร่งของเนพทาไลน์ตามไฮโดรคาร์บอนในน้ำดี, ระดับปฏิกิริยา EROD ในตับ และสัดส่วนระหว่างน้ำหนักตับต่อ น้ำหนักตัวของปลาที่สัมผัสกับเนพทาไลน์ที่ความเข้มข้นต่าง ๆ

Control															0.050 mg/L			2.000 mg/L			8.000 mg/L					
FF			EROD			LSI			FF			EROD			LSI			FF			EROD			LSI		
Control	FF	1																								
	EROD	-.628**	1																							
	LSI	.850**	-.415	1																						
0.125 mg/L	FF	-	-	-	1																					
	EROD	-	-	-	.861**	1																				
	LSI	-	-	-	.788**	.731*	1																			
0.050 mg/L	FF	-	-	-	-	-	1																			
	EROD	-	-	-	-	-	-	1																		
	LSI	-	-	-	-	-	-	.750*	.769**	.726*	1															
2.000 mg/L	FF	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1														
	EROD	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	.708*	1													
	LSI	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	.818**	.772**	1												
8.000 mg/L	FF	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1												
	EROD	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	.614	1											
	LSI	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	.754*	.924**	1										

** มีความสัมพันธ์แบบมีนัยสำคัญที่ $p = 0.01$

* มีความสัมพันธ์แบบมีนัยสำคัญที่ $p = 0.05$ (- ไม่มีความเกี่ยวข้องกัน)

ตารางที่ 21 สัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ของระดับการเรืองแสงของฟีนทรีนเมตาบอไลต์ในน้ำดี, ระดับปฏิกิริยา EROD ในตับ และสัดส่วนระหว่างน้ำหนักตับต่อ น้ำหนักตัวของปลาชนิด ที่สัมผัสกับฟีนทรีน ที่ความเข้มข้นต่าง ๆ

Control														
0.045 mg/L			0.188 mg/L			0.750 mg/L			3.000 mg/L					
FF	EROD	LSI	FF	EROD	LSI	FF	EROD	LSI	FF	EROD	LSI	FF	EROD	LSI
Control	1													
EROD		1												
LSI					1									
FF														
EROD														
LSI														
FF														
EROD														
LSI														
FF														
EROD														
LSI														
FF														
EROD														
LSI														
FF														
EROD														
LSI														
FF														
EROD														
LSI														

** มีความสัมพันธ์แบบมีนัยสำคัญที่ $p = 0.01$

* มีความสัมพันธ์แบบมีนัยสำคัญที่ $p = 0.05$ (- ไม่มีความเกี่ยวข้องกัน)

ตารางที่ 22 สัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ของระดับการเรืองแสงของไฟรีนเมตาบอไลต์ในน้ำดี, ระดับปฏิกิริยา EROD ในตับ และสัดส่วนระหว่างน้ำหนักรับต่อน้ำหนักตัว
ของปลาชนิด ที่สัมผัสกับไฟรีน ที่ความเข้มข้นต่างๆ

Control												0.004 mg/L			0.016 mg/L			0.063 mg/L			0.250 mg/L					
FF			EROD			LSI			FF			EROD			LSI			FF			EROD			LSI		
Control	FF	1																								
	EROD	-.534																								
	LSI	.787**																								
0.004 mg/L	FF	-	-	-	-																					
	EROD	-	-	-	-																					
	LSI	-	-	-	-																					
0.016 mg/L	FF	-	-	-	-																					
	EROD	-	-	-	-																					
	LSI	-	-	-	-																					
0.063 mg/L	FF	-	-	-	-																					
	EROD	-	-	-	-																					
	LSI	-	-	-	-																					
0.250 mg/L	FF	-	-	-	-																					
	EROD	-	-	-	-																					
	LSI	-	-	-	-																					

** มีความสัมพันธ์แบบมีนัยสำคัญที่ $p = 0.01$

- ไม่มีความเกี่ยวข้องกัน

ตารางที่ 23 สัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ของระดับการเรียงแสงของฟิเออชเมตามอไลต์ในน้ำ (ตรวจวัดโดยใช้ความยาวคลื่น Ex 290/Em 335 นาโนเมตร, Ex 260/Em 380 นาโนเมตร และ Ex 341/Em 383 นาโนเมตร), ระดับปฏิกิริยา EROD ในตับ และสัดส่วนระหว่างน้ำหนักตับต่อน้ำหนักตัวของปลาที่สัมผัสกับน้ำมัน

เครื่อง API SG/ CD

	Control					Lubrication				
	290/ 335 nm	260/ 380 nm	341/ 383 nm	EROD	LSI	290/ 335 nm	260/ 380 nm	341/ 383 nm	EROD	LSI
Control	290/ 335 nm	1								
	260/ 380 nm	-	1							
	341/ 383 nm	-	-	1						
	EROD	-.702*	-.117	-.612	1					
	LSI	.532	.096	.407	-.436	1				
Lubrication	290/ 335 nm	-	-	-	-	1				
	260/ 380 nm	-	-	-	-	-	1			
	341/ 383 nm	-	-	-	-	-	-	1		
	EROD	-	-	-	-	.645*	.822**	.654*	1	
	LSI	-	-	-	-	.734*	.899**	.718*	.933**	1

** มีความสัมพันธ์แบบมีนัยสำคัญที่ $p = 0.01$

* มีความสัมพันธ์แบบมีนัยสำคัญที่ $p = 0.05$

- ไม่มีความเกี่ยวข้องกัน

ตารางที่ 24 สัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ของระดับการเรืองแสงของพีเอเอชเมตาบอลิไตในน้ำดี (ตรวจวัดโดยใช้ความยาวคลื่น Ex 290/Em 335 นาโนเมตร, Ex 260/Em 380 นาโนเมตร และ Ex 341/Em 383 นาโนเมตร), ระดับปฏิกิริยา EROD ในตับ และสัดส่วนระหว่างน้ำหนักตับต่อน้ำหนักตัวของปลาที่สัมผัสกับน้ำมัน

เบนซิน 91

	Control					Benzene				
	290/335 nm	260/380 nm	341/383 nm	EROD	LSI	290/335 nm	260/380 nm	341/383 nm	EROD	LSI
Control	290/335 nm	1								
	260/380 nm	-	1							
	341/383 nm	-	-	1						
	EROD	-.702*	-.117	-.612	1					
	LSI	.532	.096	.407	-.436	1				
Benzene	290/335 nm	-	-	-	-	1				
	260/380 nm	-	-	-	-	-	1			
	341/383 nm	-	-	-	-	-	-	1		
	EROD	-	-	-	-	.854**	.817**	.817**	1	
	LSI	-	-	-	-	.789**	.820**	.771**	.914**	1

** มีความสัมพันธ์แบบมีนัยสำคัญที่ $p = 0.01$

* มีความสัมพันธ์แบบมีนัยสำคัญที่ $p = 0.05$

- ไม่มีความเกี่ยวข้องกัน

ตารางที่ 25 สัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ของระดับการเรืองแสงของฟลูออโรโพรตอไลต์ในน้ำดี (ตรวจวัดโดยใช้ความยาวคลื่น Ex 290/ Em 335 นาโนเมตร, Ex 260/ Em 380 นาโนเมตร และ Ex 341/ Em 383 นาโนเมตร), ระดับปฏิกิริยา EROD ในตับ และสัดส่วนระหว่างน้ำหนักตับค่อน้ำหนักตัวของปลาที่สัมผัสกับน้ำมันดีเซล

	Control					Diesel				
	290/ 335 nm	260/ 380 nm	341/ 383 nm	EROD	LSI	290/ 335 nm	260/ 380 nm	341/ 383 nm	EROD	LSI
Control	290/ 335 nm	1								
	260/ 380 nm	-	1							
	341/ 383 nm	-	-	1						
	EROD	-.702*	-.117	-.612						
	LSI	.532	.096	.407	-.436	1				
Diesel	290/ 335 nm	-	-	-	-	1				
	260/ 380 nm	-	-	-	-	-	1			
	341/ 383 nm	-	-	-	-	-	-	1		
	EROD	-	-	-	-	.582	.650*	.534	1	
	LSI	-	-	-	-	.683*	.745*	.612	.929**	1

** มีความสัมพันธ์แบบมีนัยสำคัญที่ $p = 0.01$

* มีความสัมพันธ์แบบมีนัยสำคัญที่ $p = 0.05$

- ไม่มีความเกี่ยวข้องกัน