

ผลการทดลอง

4.1 การศึกษาความเป็นพิษเฉียบพลันของสารลดแรงตึงผิว

การทดลองหาความเป็นพิษเฉียบพลันของสารลดแรงตึงผิว ประเภทแอนไอออนิก (anionic surfactant, LAS) และประเภทนอนไอออนิก (nonionic surfactant, APE) โดยการหาค่า มัธยฐานของระดับความเป็นพิษของสารลดแรงตึงผิว (Median lethal concentration,  $LC_{50}$ ) ได้จากการนำ เปอร์เซ็นต์การตายของไรแดง มาคำนวณหาค่า  $LC_{50}$  ในระยะเวลา 24 ชั่วโมง ตามวิธีของ Litchfield and Wilcoxon(1949) ซึ่งแสดงไว้ใน ภาคผนวก

1. ผลการทดลองหาความเป็นพิษเฉียบพลันของ LAS ต่อไรแดง

1.1 น้ำตัวกลางในการทดลองไม่เติมอาหาร ความเข้มข้นของ LAS ที่ทำให้ ไรแดงตาย ( $LC_{50}$ ) และค่าฟังก์ชันความเอียง (slope function) ในเวลา 24 ชั่วโมง ที่ช่วงความเชื่อมั่น 95% (95% confidence limit) มีค่าเท่ากับ 7.50(6.70-8.40) ppm. และ 1.74(1.55-1.95) ตามลำดับ (ตารางที่ 4.1)

1.2 น้ำตัวกลางในการทดลองเติมอาหาร ความเข้มข้นของ LAS ที่ทำให้ ไรแดงตาย ( $LC_{50}$ ) และค่าฟังก์ชันความเอียง ในเวลา 24 ชั่วโมง ที่ช่วงความเชื่อมั่น 95% มีค่าเท่ากับ 13.75(12.73-14.85) ppm. และ 1.45(1.34-1.57) ตามลำดับ (ตารางที่ 4.2)

2. ผลการทดลองหาความเป็นพิษเฉียบพลันของ APE ต่อไรแดง

2.1 น้ำตัวกลางในการทดลองไม่เติมอาหาร ความเข้มข้นของ APE ที่ทำให้ ไรแดงตาย ( $LC_{50}$ ) และค่าฟังก์ชันความเอียง ในเวลา 24 ชั่วโมง ที่ช่วงความเชื่อมั่น 95% มีค่าเท่ากับ 37.50(35.38-39.75) ppm. และ 1.30(1.24-1.37) ตามลำดับ (ตารางที่ 4.3)

2.2 น้ำตัวกลางในการทดลองเติมอาหาร ความเข้มข้นของ APE ที่ทำให้ ไรแดงตาย ( $LC_{50}$ ) และค่าฟังก์ชันความเอียง ในเวลา 24 ชั่วโมง ที่ช่วงความเชื่อมั่น 95% มีค่าเท่ากับ 50.00(47.17-53.00) ppm. และ 1.32(1.26-1.39) ตามลำดับ (ตารางที่ 4.4)

ตารางที่ 4.1 พืชเฉียบพลันของสารลดแรงตึงผิวประเภทแอนไอออนิก (LAS) ต่อไรแดง ในน้ำตัวกลางในการทดลองไม่เติมอาหาร

ความเข้มข้น (ppm.)	ไรแดง (ตัว)	อัตราการตาย																				
		1.5 ชั่วโมง			3 ชั่วโมง			6 ชั่วโมง			9 ชั่วโมง			12 ชั่วโมง			18 ชั่วโมง			24 ชั่วโมง		
		ตาย จริง	ค่า แก้ไข	%	ตาย จริง	ค่า แก้ไข	%	ตาย จริง	ค่า แก้ไข	%	ตาย จริง	ค่า แก้ไข	%	ตาย จริง	ค่า แก้ไข	%	ตาย จริง	ค่า แก้ไข	%	ตาย จริง	ค่า แก้ไข	%
0	90	0	0	0	1	0	0	2	0	0	5	0	0	7	0	0	7	0	0	9	0	0
3.9	90	0	0	0	3	2.03	2.25	5	3.08	3.42	9	4.23	4.70	12	5.42	6.02	13	6.50	7.22	17	8.89	9.88
6.3	90	3	3	3.33	8	7.08	7.87	11	9.21	10.23	18	13.76	15.29	22	16.26	18.07	32	27.11	30.12	41	35.56	39.51
10	90	6	6	6.67	17	16.18	17.98	25	23.53	26.14	34	30.71	34.12	40	35.78	39.75	54	50.97	56.63	65	62.22	69.13
16	90	12	12	13.33	35	34.38	38.20	46	45	50.00	56	54	60.00	63	60.72	67.47	75	73.73	81.92	84	83.33	92.59
25	90	17	17	18.89	49	48.54	53.93	63	62.39	69.32	70	68.82	76.47	79	78.08	86.75	90	90	100	90	90	100
LC <sub>50</sub> (ppm.)		90			22.50			16.50			13.75			11.50			9.00			7.50		
95% Confidence Limit		-			19.40-26.10			14.47-18.81			12.06-15.68			10.18-13.00			8.11-9.99			6.70-8.40		
Slope Function (S)		-			2.46			2.20			2.15			2.05			1.85			1.74		
95% Confidence Limit		-			1.94-3.12			1.83-2.64			1.81-2.56			1.77-2.38			1.65-2.07			1.55-1.95		

ตารางที่ 4.2 พืชเฉียบพลันของสารลดแรงตึงผิวประเภทแอนไอออนิก (LAS) ต่อไรแดง ในน้ำตัวกลางในการทดลองเดิมอาหาร

ความเข้มข้น (ppm.)	ไรแดง (ตัว)	อัตราการตาย																				
		1.5 ชั่วโมง			3 ชั่วโมง			6 ชั่วโมง			9 ชั่วโมง			12 ชั่วโมง			18 ชั่วโมง			24 ชั่วโมง		
		ตาย จริง	ค่า แก้ไข	%	ตาย จริง	ค่า แก้ไข	%	ตาย จริง	ค่า แก้ไข	%	ตาย จริง	ค่า แก้ไข	%	ตาย จริง	ค่า แก้ไข	%	ตาย จริง	ค่า แก้ไข	%	ตาย จริง	ค่า แก้ไข	%
0	90	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	3	0	0	5	0	0	6	0	0
8.7	90	0	0	0	0	0	0	2	2	2.22	4	3.03	3.37	7	4.14	4.60	11	6.35	7.05	15	9.65	10.72
11.5	90	0	0	0	2	2	2.22	5	5	5.56	9	8.09	8.99	14	11.39	12.65	21	16.94	18.82	33	28.93	32.14
15.5	90	1	1	1.11	4	4	4.44	11	11	12.22	20	19.22	21.35	28	25.87	28.74	42	39.18	43.53	56	53.57	59.52
21	90	2	2	2.22	9	9	10	23	23	25.56	36	35.40	39.33	47	45.51	50.57	67	65.65	72.94	80	79.29	88.10
28	90	6	6	6.67	18	18	20	34	34	37.78	49	48.54	53.93	63	62.07	68.97	81	80.47	89.41	90	90	100
LC <sub>50</sub> (ppm.)		-			61.00			34.00			26.00			21.25			16.75			13.75		
95% Confidence Limit		-			-			29.57-39.10			23.42-28.86			19.32-23.38			15.51-18.09			12.73-14.85		
Slope Function (S)		-			-			2.00			1.85			1.74			1.56			1.45		
95% Confidence Limit		-			-			1.53-2.62			1.56-2.20			1.51-2.00			1.43-1.70			1.34-1.57		

17134523

ตารางที่ 4.3 พิษเฉียบพลันของสารลดแรงตึงผิวประเภทนอนอิออนิก (APE) ต่อไรแดง ในน้ำตัวกลางในการทดลองไม่เติมอาหาร

ความเข้มข้น (ppm.)	ไรแดง (ตัว)	อัตราการตาย																				
		1.5 ชั่วโมง			3 ชั่วโมง			6 ชั่วโมง			9 ชั่วโมง			12 ชั่วโมง			18 ชั่วโมง			24 ชั่วโมง		
		ตาย จริง	ค่า แก้ไข	%	ตาย จริง	ค่า แก้ไข	%	ตาย จริง	ค่า แก้ไข	%	ตาย จริง	ค่า แก้ไข	%	ตาย จริง	ค่า แก้ไข	%	ตาย จริง	ค่า แก้ไข	%	ตาย จริง	ค่า แก้ไข	%
0	90	0	0	0	0	0	0	1	0	0	4	0	0	6	0	0	7	0	0	7	0	0
25	90	0	0	0	0	0	0	2	1.01	1.12	5	1.04	1.17	8	2.17	2.41	10	3.25	3.61	12	5.42	6.02
31.5	90	0	0	0	2	2	2.22	5	4.04	4.49	10	6.28	6.98	14	8.58	9.53	23	17.35	19.28	28	22.77	25.30
39	90	1	1	1.11	5	5	5.56	12	11.12	12.36	23	19.89	22.10	29	24.64	27.38	41	36.86	40.96	49	45.54	50.60
50	90	4	4	4.44	18	18	20	34	33.37	37.08	44	41.87	46.52	56	53.57	59.52	68	66.14	73.49	79	78.08	86.75
63	90	10	10	11.11	32	32	35.56	53	52.59	58.43	70	69.08	76.75	78	77.15	85.72	90	90	100	90	90	100
LC <sub>50</sub> (ppm.)		112.50			75.00			58.00			51.00			46.50			41.25			37.50		
95% Confidence Limit		-			-			53.70-62.64			48.11-54.06			44.29-48.83			39.29-43.31			35.38-39.75		
Slope Function (S)		-			-			1.45			1.38			1.35			1.31			1.30		
95% Confidence Limit		-			-			1.32-1.60			1.30-1.46			1.29-1.42			1.26-1.36			1.24-1.37		

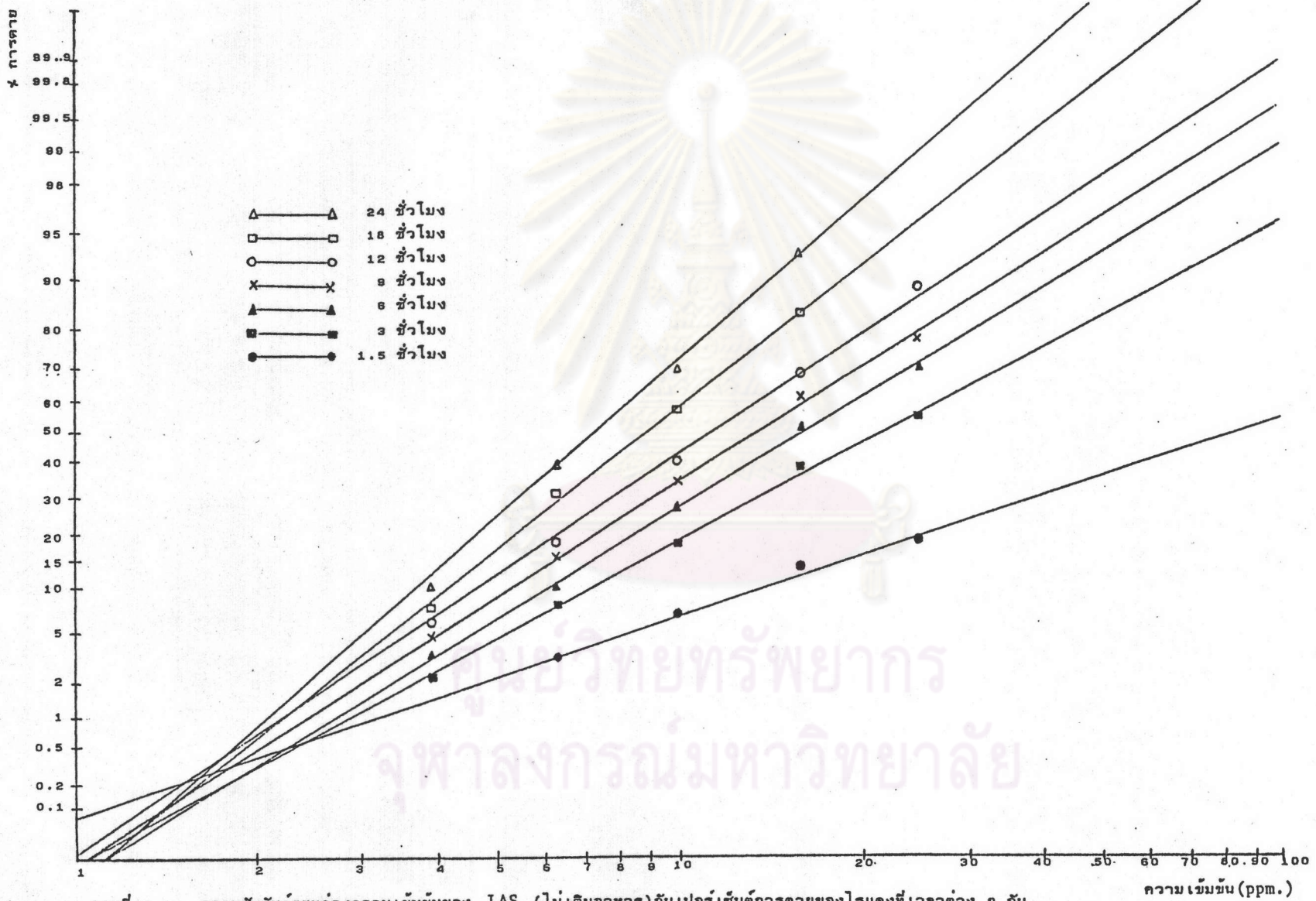
ตารางที่ 4.4 พิษเฉียบพลันของสารลดแรงตึงผิวประเภทนอนไอออนิก (APE) ต่อไรแดง ในน้ำตัวกลางในการทดลองเดิมอาหาร

ความเข้มข้น (ppm.)	ไรแดง (ตัว)	อัตราการตาย																				
		1.5 ชั่วโมง			3 ชั่วโมง			6 ชั่วโมง			9 ชั่วโมง			12 ชั่วโมง			18 ชั่วโมง			24 ชั่วโมง		
		ตาย จริง	ค่า แก้ไข	%	ตาย จริง	ค่า แก้ไข	%	ตาย จริง	ค่า แก้ไข	%	ตาย จริง	ค่า แก้ไข	%	ตาย จริง	ค่า แก้ไข	%	ตาย จริง	ค่า แก้ไข	%	ตาย จริง	ค่า แก้ไข	%
0	90	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2	0	0	3	0	0	5	0	0	6	0	0
32	90	0	0	0	1	1	1.11	2	2	2.22	4	2.04	2.27	6	3.11	3.46	8	3.18	3.53	10	4.28	4.76
42	90	1	1	1.11	4	4	4.44	7	7	7.78	9	7.16	7.96	13	10.34	11.49	21	16.94	18.82	29	24.64	27.38
56	90	3	3	3.33	11	11	12.22	18	18	20	26	24.55	27.28	33	31.03	34.48	46	43.41	48.23	62	59.98	66.64
75	90	9	9	10	26	26	28.89	42	42	46.67	50	49.10	54.55	61	60.00	66.67	74	73.05	81.17	83	82.49	91.66
87	90	12	12	13.33	33	33	36.67	53	53	58.89	62	61.36	68.18	74	73.45	81.61	90	90	100	90	90	100
LC <sub>50</sub> (ppm.)		-			100.00			79.00			71.00			64.00			56.50			50.00		
95% Confidence Limit		-			-			73.15-85.32			66.36-75.97			60.38-67.84			52.80-60.46			47.17-53.00		
Slope Function (S)		-			-			1.57			1.49			1.41			1.36			1.32		
95% Confidence Limit		-			-			1.40-1.76			1.37-1.62			1.32-1.51			1.28-1.44			1.26-1.39		

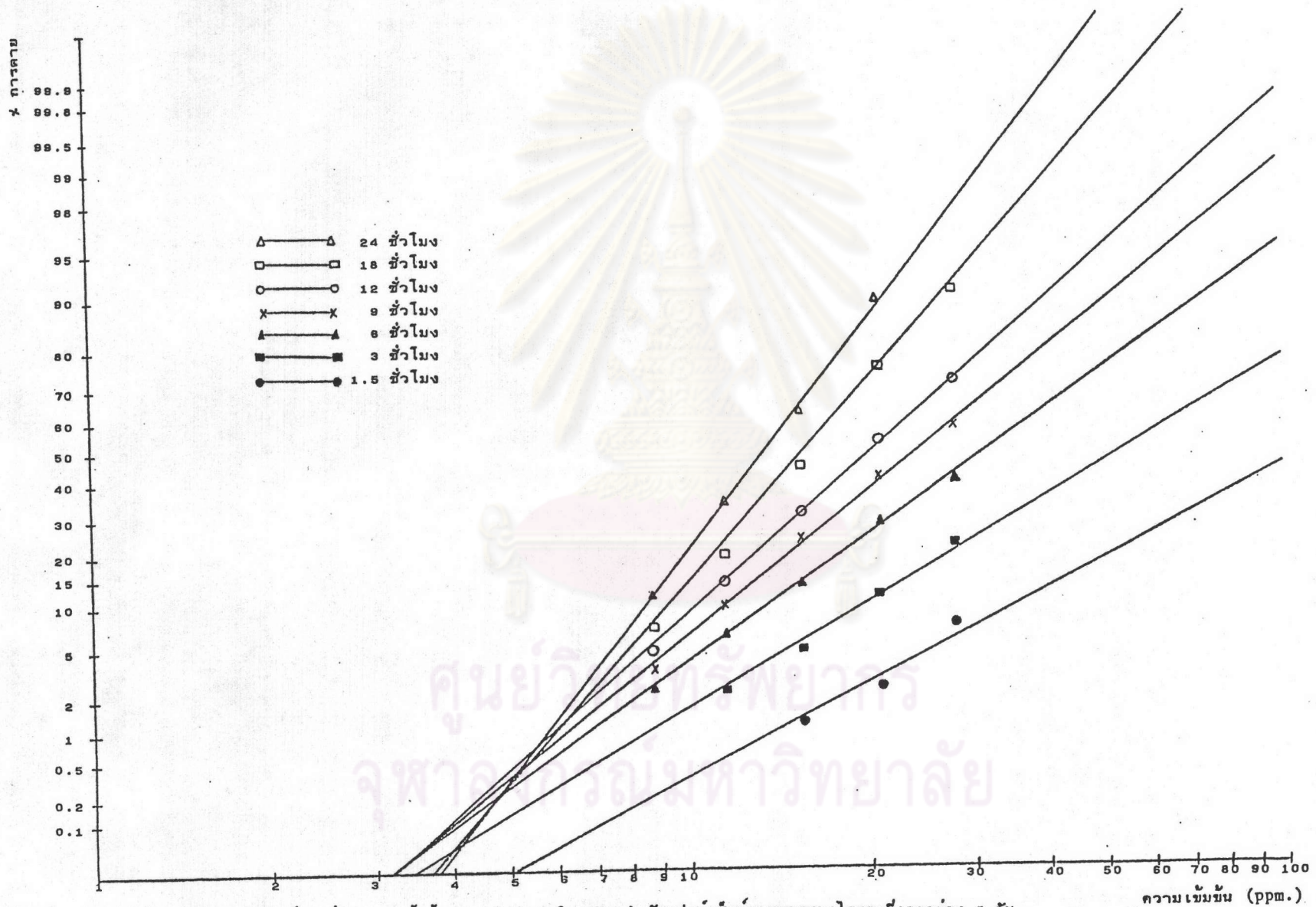


ผลจากการทดลอง ความเป็นพิษเฉียบพลันของสารลดแรงตึงผิวทั้ง 2 ชนิด ที่มีต่อไรแดง ในสภาพน้ำตัวกลางไม่เติมอาหารและเติมอาหาร พบว่า ไรแดงในชุดควบคุมบางส่วนมีการตายเกิดขึ้นอยู่ในช่วง 5%-20% จึงต้องใช้ Abbott's formula คำนวณเพื่อหาค่าเปอร์เซ็นต์อัตราการตายจริงของไรแดง ส่วนในชุดทดลอง เปอร์เซ็นต์อัตราการตายของไรแดงจะสูงเพิ่มขึ้นตามความเข้มข้นของสารลดแรงตึงผิวและระยะเวลาที่เพิ่มขึ้น ดังจะเห็นได้จากกราฟแสดงการตายของไรแดง (mortality curve) (ภาพที่ 4.1-4.4) ซึ่งเป็นความสัมพันธ์ระหว่าง เปอร์เซ็นต์การตายของไรแดงที่เวลาต่างๆ กับอัตราความเข้มข้นของสารลดแรงตึงผิว รวมทั้ง เส้นกราฟความเป็นพิษ (toxicity curve) ของสารลดแรงตึงผิวทั้ง 2 ชนิด ที่มีต่อไรแดง (ภาพที่ 4.5-4.8) ซึ่งแสดงความสัมพันธ์ ระหว่างค่า  $LC_{50}$  ของสารลดแรงตึงผิวที่เวลาต่างๆ กับอัตราความเข้มข้นของสารลดแรงตึงผิว

ลักษณะอาการของไรแดงเมื่อได้รับพิษของสารลดแรงตึงผิวทั้ง 2 ชนิด จะมีลักษณะคล้ายคลึงกันคือ ไรแดงจะมีการตอบสนองต่อสารลดแรงตึงผิว ที่มีความเข้มข้นสูงมากกว่า สารลดแรงตึงผิวที่มีความเข้มข้นต่ำ เมื่อสังเกตด้วยตาเปล่า พบว่า ไรแดงที่ได้รับพิษของสารลดแรงตึงผิว จะมีอาการกระวนกระวายและว่ายน้ำหมุนไปรอบๆ ภาชนะ ในบางครั้งจะว่ายน้ำขึ้นลง ระหว่างผิวน้ำกับก้นภาชนะ ซึ่งเกิดขึ้นในช่วงระยะเวลาหนึ่ง หลังจากนั้นจะหยุดการเคลื่อนไหวและตายในเวลาต่อมา ในระหว่างการทดลอง เมื่อตรวจดูลักษณะของไรแดงด้วยกล้องจุลทรรศน์ จะพบไรแดงในชุดทดลองซึ่งอยู่ในสารลดแรงตึงผิวที่มีความเข้มข้นสูง เปลือกหุ้มลำตัวเกิดการฉีกขาด และหนวดบางเส้นจะขาดหรือหลุดออกจากร่างกายของไรแดง มีลักษณะไม่สมบูรณ์เหมือนกับไรแดงในชุดควบคุม และเมื่อศึกษาการทำงานของร่างกายพบว่า อัตราการหายใจจะเร็วขึ้นในตอนแรกและจะค่อยๆ ช้าลง ตามลำดับ จนหยุดลง ไรแดงที่ตายสามารถสังเกตได้ง่าย โดยที่ไรแดงจะหยุดการเคลื่อนไหว ลำตัวซีดลง มีสีขุ่นขึ้น คือ เปลี่ยนจากสีแดงเป็นสีขาว ไรแดงที่มีสีขุ่นขึ้น ทำให้มองเห็นอวัยวะภายในได้ไม่ชัดเจน อวัยวะบางส่วน จะเริ่มสลายตัวและมีแบคทีเรียเข้ามาทำการย่อยสลายอวัยวะภายในเหล่านี้ด้วย และช่วงก่อนตาย ไรแดงที่ได้รับพิษของสารลดแรงตึงผิว จะมีการลอกคราบเกิดขึ้นซึ่งสังเกตเห็นได้ชัดเจน โดยเฉพาะในสารลดแรงตึงผิวที่มีความเข้มข้นสูง และเปลือกหุ้มลำตัวใหม่ของไรแดงจะบางลงกว่าเดิม

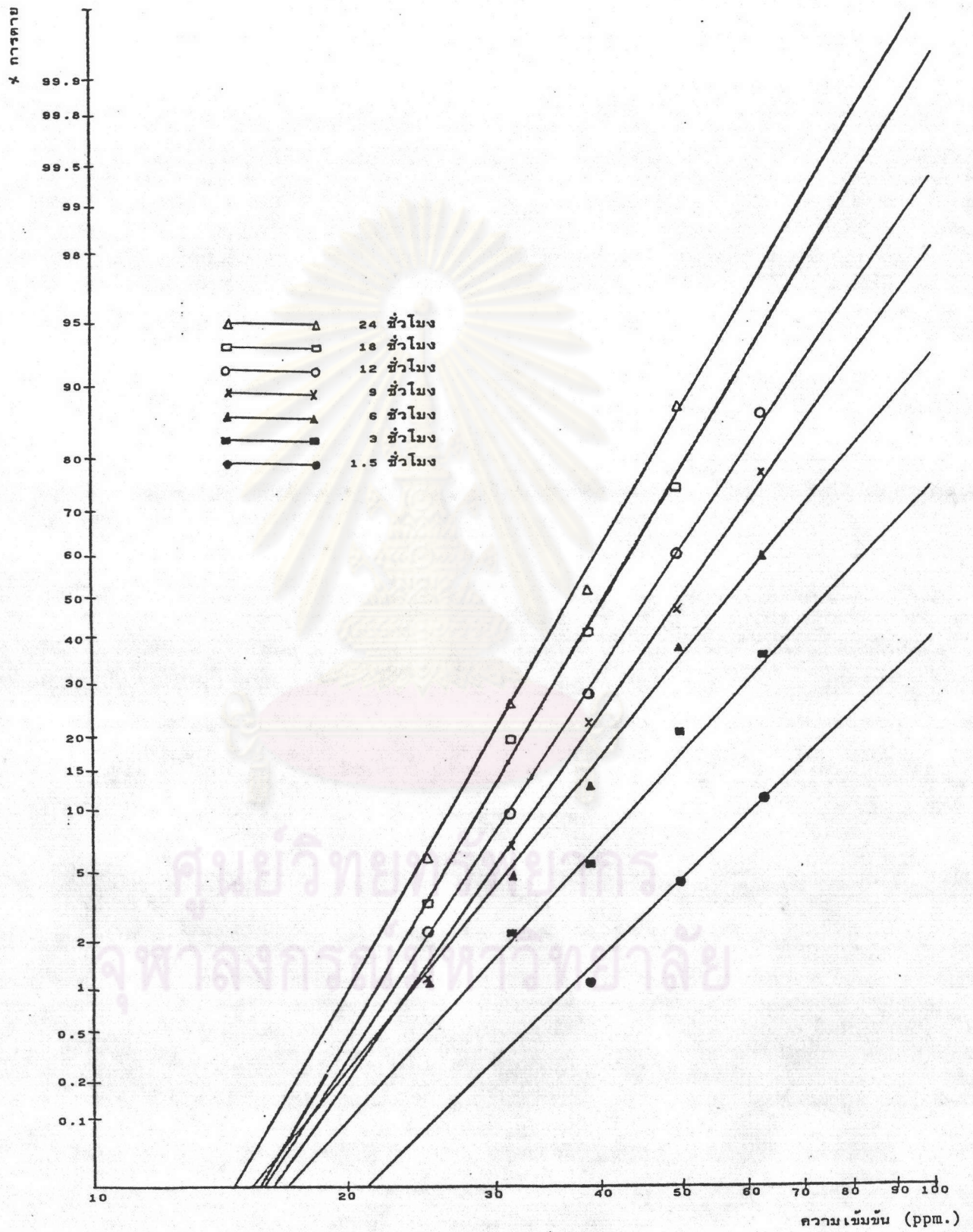


ภาพที่ 4.1 ความสัมพันธ์ระหว่างความเข้มข้นของ LAS (ไม่เติมอาหาร) กับเปอร์เซ็นต์การตายของไรแดงที่เวลาต่าง ๆ กัน

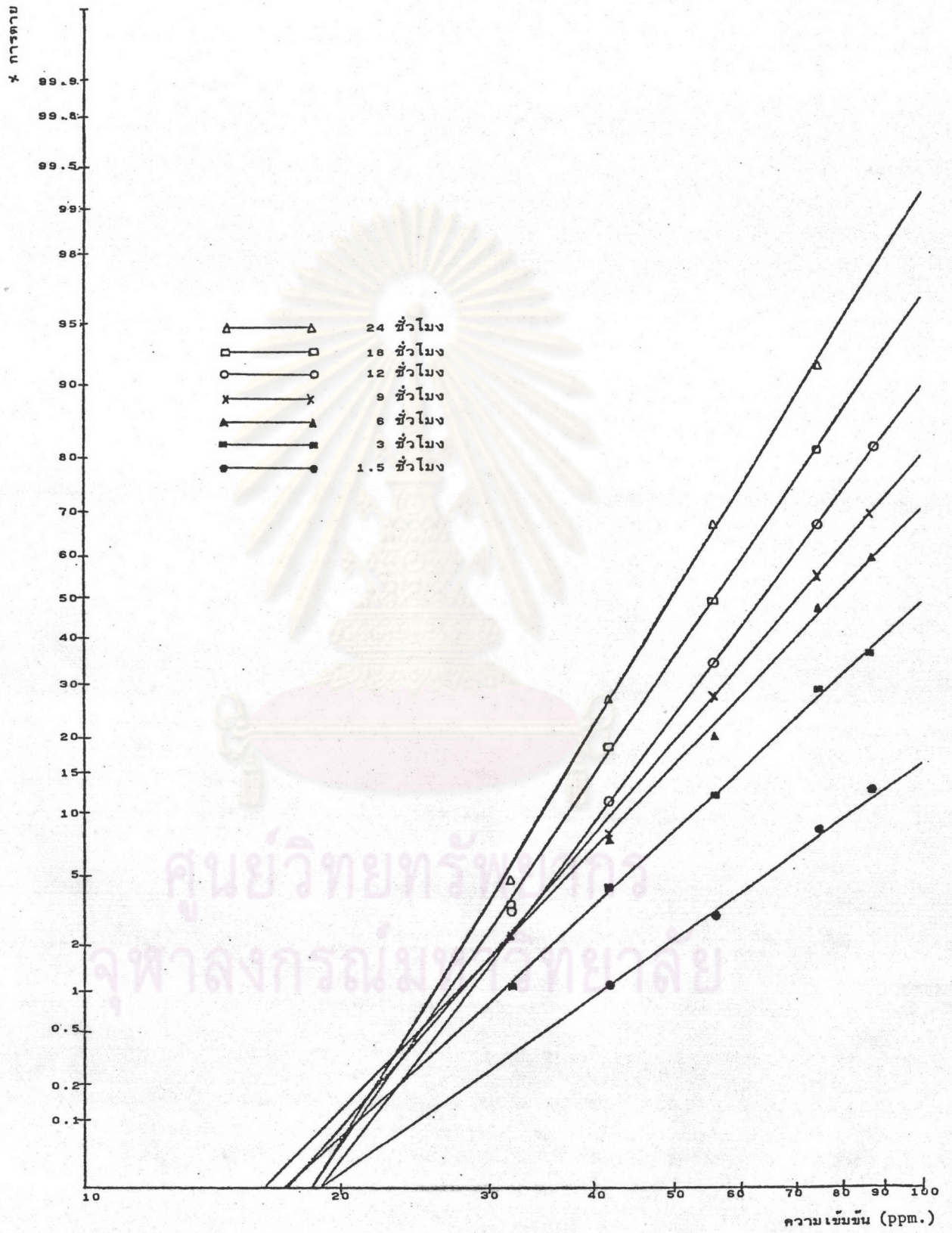


ภาพที่ 4.2 ความสัมพันธ์ระหว่างความเข้มข้นของ LAS (เดิมอาหาร) กับเปอร์เซ็นต์การตายของไรแดงที่เวลาต่าง ๆ กัน

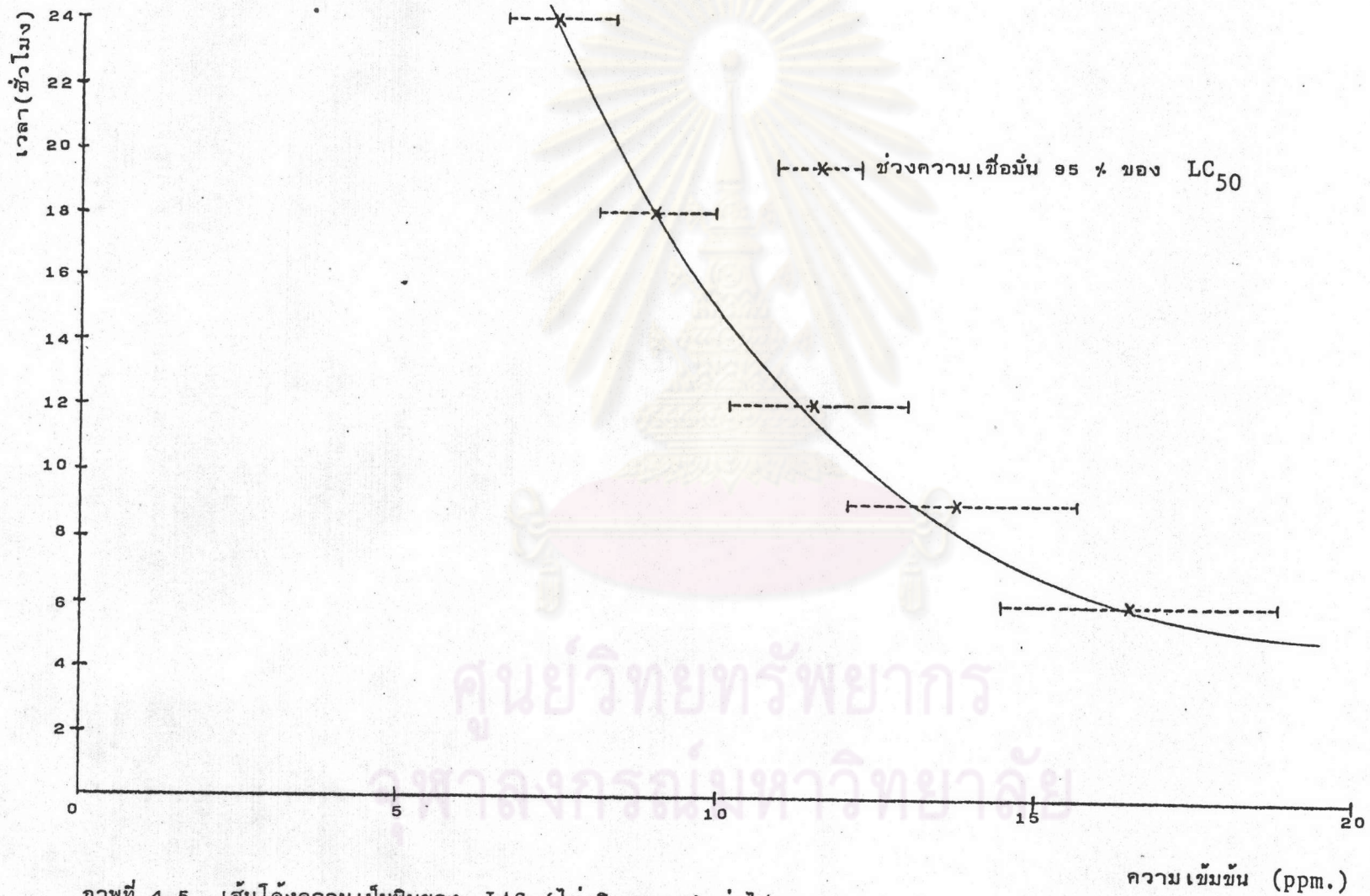




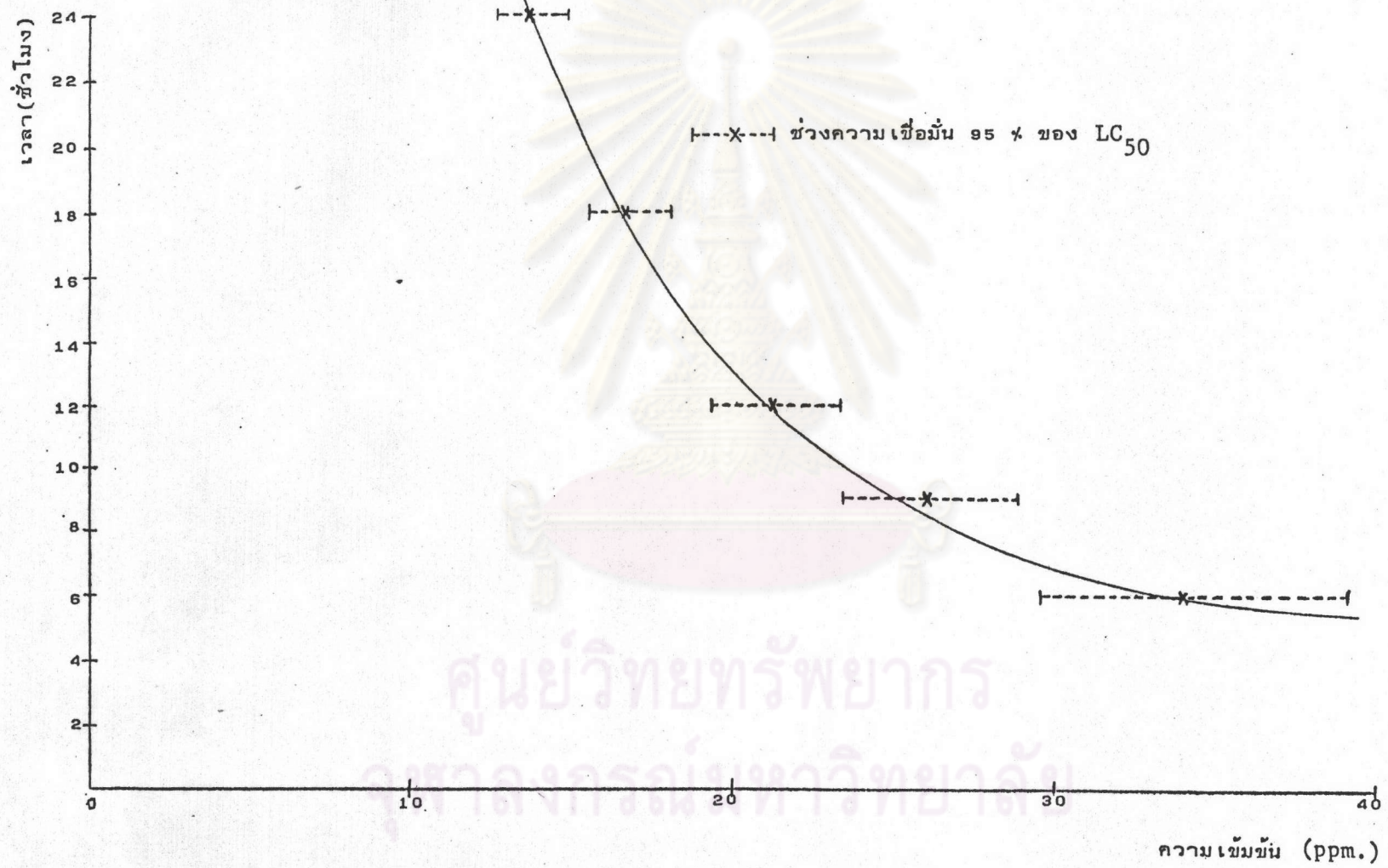
ภาพที่ 4.3 ความสัมพันธ์ระหว่างความเข้มข้นของ APE (ไม่เติมอาหาร) กับเปอร์เซ็นต์การตายของไรแดงที่เวลาต่าง ๆ กัน



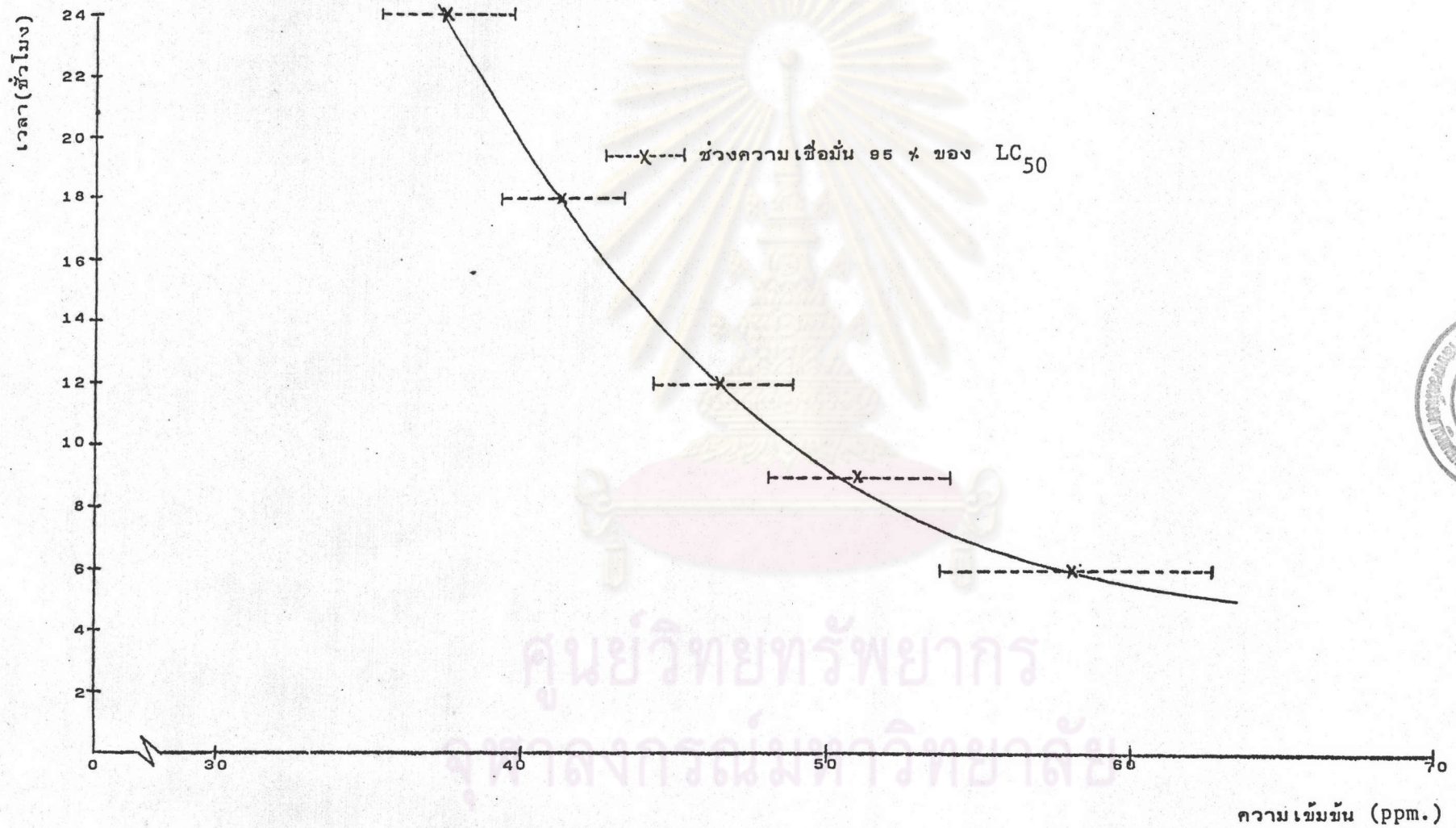
ภาพที่ 4.4 ความสัมพันธ์ระหว่างความเข้มข้นของ APE (เดิมอาหาร) กับเปอร์เซ็นต์การตายของไรแดงที่เวลาต่าง ๆ กัน



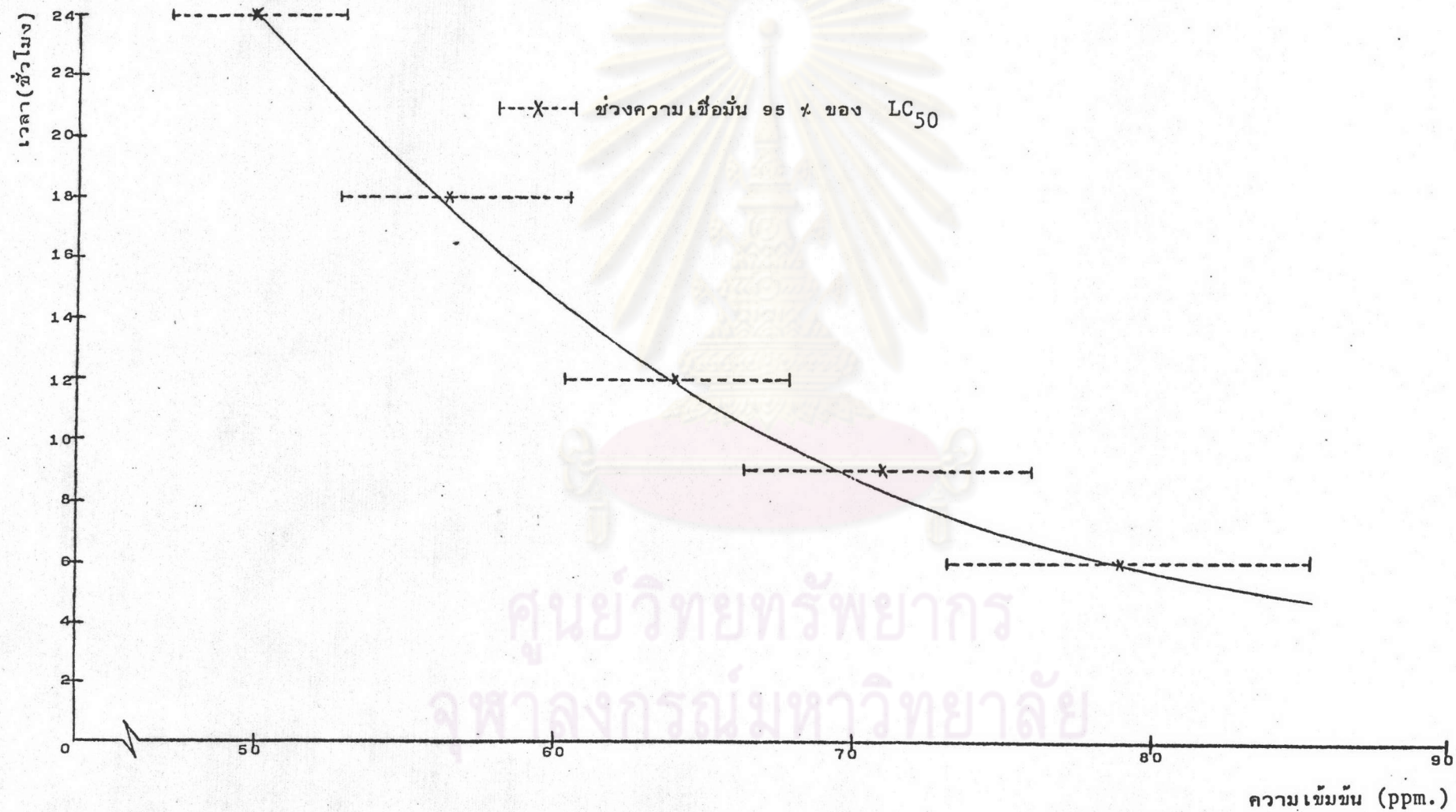
ภาพที่ 4.5 เส้นโค้งความเป็นพิษของ LAS (ไม่เติมอาหาร) ต่อไรแดง



ภาพที่ 4.6 เส้นโค้งความเป็นพิษของ LAS (เติมอาหาร) ต่อไรแดง



ภาพที่ 4.7 เส้นโค้งความเป็นพิษของ APE (ไม่เต็มอาหาร) ต่อไรแดง



ภาพที่ 4.8 เส้นโค้งความเป็นพิษของ APE. (เดิมอาหาร) ต่อไรแดง

ผลการวิเคราะห์คุณภาพน้ำที่ใช้ในการทดลอง จากตารางที่ 4.5 พบว่า คุณภาพน้ำที่ใช้ก่อนและหลังการทดลอง มีการเปลี่ยนแปลงเล็กน้อย โดยทั่วไปจะใกล้เคียงกัน เมื่อเทียบกับค่าของชุดควบคุม กล่าวคือ อุณหภูมิ, DO (dissolved oxygen), Hardness และ Alkalinity จะมีค่าใกล้เคียงกัน ส่วนค่า pH ในสารลดแรงดึงผิวประเภทแอนไอออนิก (LAS) จะทำให้ pH ของน้ำลดลงเล็กน้อย แต่สารลดแรงดึงผิวประเภทนอนไอออนิก (APE) ไม่มีผลทำให้ค่า pH ของน้ำ เพิ่มขึ้นหรือลดลงแต่อย่างใด

#### 4.2 การศึกษาความเป็นพิษสะสมของสารลดแรงดึงผิว

การทดลองหาความเป็นพิษของสารลดแรงดึงผิว ประเภทแอนไอออนิก (anionic surfactant, LAS) และ ประเภทนอนไอออนิก (nonionic surfactant, APE) โดยการนับและเปรียบเทียบจำนวนลูกไรแดง ในชุดควบคุมและชุดทดลองตลอดช่วงชีวิต แล้วนำมาคำนวณหาค่า MATC โดยวิธีของ Biesinger and Christensen (1972) และ Dunnett's multiple comparison test ซึ่งแสดงไว้ในภาคผนวก

##### 1. ผลของ LAS ต่อการสืบพันธุ์ของไรแดง (ตารางที่ 4.6)

จากการทดลอง ไรแดงในกลุ่มควบคุม ใช้เวลาในการเจริญเติบโตตั้งแต่ฟักตัวจนถึงเกิด parthenogenesis ครั้งแรก 3 วัน และให้ลูกได้ประมาณ 4 ครั้ง โดยแต่ละครั้งจะมีจำนวนแตกต่างกัน เฉลี่ยแล้วไรแดงแต่ละตัวจะให้ลูก 44.82 ตัว มีช่วงชีวิตนาน 6 วัน ส่วนไรแดงในกลุ่มทดลอง ซึ่งประกอบด้วย LAS ความเข้มข้น 0.5, 1, 2, 4 และ 6 ppm. พบว่า การเกิด parthenogenesis ครั้งแรกใช้เวลา 3 วัน และให้ลูกประมาณ 4 ครั้ง เช่นเดียวกับกลุ่มควบคุม เว้นแต่ LAS ความเข้มข้น 4 และ 6 ppm. จะให้ลูกเฉลี่ยประมาณ 3.6 และ 3.1 ครั้ง มีช่วงชีวิตยาวนาน ประมาณ 5.6 และ 5.1 วัน ตามลำดับ ไรแดงในกลุ่มทดลอง ซึ่งมีความเข้มข้น 0.5, 1, 2, 4 และ 6 ppm. จะให้ลูกโดยเฉลี่ย 42.62, 40.85, 36.32, 27.12 และ 20.45 ตัว ตามลำดับ ในการเปรียบเทียบจำนวนลูกไรแดงแต่ละครั้งระหว่างกลุ่มควบคุมกับกลุ่มทดลอง พบว่า มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทั้งสิ้น เว้นแต่ใน LAS ความเข้มข้น 0.5 ppm. การให้ลูกครั้งที่ 2 เมื่อเปรียบเทียบกับกลุ่มควบคุม ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ส่วนค่า % Reproductive Impairment ของ LAS ที่มีต่อไรแดง มีค่าเท่ากับ 4.91, 8.86, 18.97, 39.49 และ 54.37 ตามลำดับ และเมื่อนำค่า % Reproductive Impairment จากการทดลองมาเขียนกราฟแสดงความสัมพันธ์กับความเข้มข้นของ LAS จะได้

ตารางที่ 4.5 คุณภาพน้ำก่อนและหลังการทดลอง ความเป็นพิษเฉียบพลันของสารลดแรงตึงผิวต่อไรแดง

สารลดแรงตึงผิว	ระยะเวลา	อุณหภูมิ (°C)	DO (mg/l)	Hardness (mg/l)	Alkalinity (mg/l)	pH
LAS (น้ำไม่เติมอาหาร)	ก่อนการทดลอง	24	7.5	100	100	6.3
	หลังการทดลอง	25	7.0	100	100	6.3
กลุ่มควบคุม	ก่อนการทดลอง	24	7.0	95	100	6.4
	หลังการทดลอง	25	7.0	100	95	6.4
LAS (น้ำเติมอาหาร)	ก่อนการทดลอง	25	7.0	100	100	6.3
	หลังการทดลอง	26	6.5	100	105	6.3
กลุ่มควบคุม	ก่อนการทดลอง	25	6.5	100	100	6.4
	หลังการทดลอง	26	6.5	100	100	6.4
APE (น้ำไม่เติมอาหาร)	ก่อนการทดลอง	26.5	7.5	100	95	6.4
	หลังการทดลอง	27	7.5	100	100	6.4
กลุ่มควบคุม	ก่อนการทดลอง	26.5	7.0	100	95	6.4
	หลังการทดลอง	27	7.0	100	100	6.4
APE	ก่อนการทดลอง	26.5	7.5	100	100	6.4
	หลังการทดลอง	26.5	7.5	105	100	6.4
กลุ่มควบคุม	ก่อนการทดลอง	26.5	7.5	100	100	6.4
	หลังการทดลอง	26.5	7.5	105	105	6.4



ตารางที่ 4.6 ผลของสารลดแรงดึงผิวประเภทแอนอีนิก (LAS) ต่อการสืบพันธุ์ของไรแดง (parthenogenesis reproduction)

ความเข้มข้น (ppm.)	ไรแดง (ตัว)	จำนวนลูกไรแดง (ตัว)								ลูกไรแดงทั้งหมด ตลอดช่วงชีวิต. (ตัว)	ลูกไรแดงเฉลี่ย ต่อแม่ 1 ตัว ตลอดช่วงชีวิต (ตัว)	%Reproductive Impairment.
		ครั้งที่ 1		ครั้งที่ 2		ครั้งที่ 3		ครั้งที่ 4				
		ทั้งหมด	เฉลี่ย/ตัว	ทั้งหมด	เฉลี่ย/ตัว	ทั้งหมด	เฉลี่ย/ตัว	ทั้งหมด	เฉลี่ย/ตัว			
0 (Control)	60	496	8.27	818	13.63	918	15.30	457	7.62	2689	44.82	0.00
0.5	60	457	7.62	808	13.47	888	14.80	404	6.73	2557	42.62	4.91
1	60	445	7.42	764	12.73	854	14.23	388	6.47	2451	40.85	8.86
2	60	369	6.15	711	11.85	799	13.32	300	5.00	2179	36.32	18.97
4	60	262	4.37	586	9.77	706	11.77	73	1.22	1627	27.12	39.49
6	60	232	3.87	409	6.82	575	9.58	11	0.18	1227	20.45	54.37

กราฟดังภาพที่ 4.9 ซึ่งจะได้ค่า 16% Reproductive Impairment เท่ากับ 1.73 ppm.

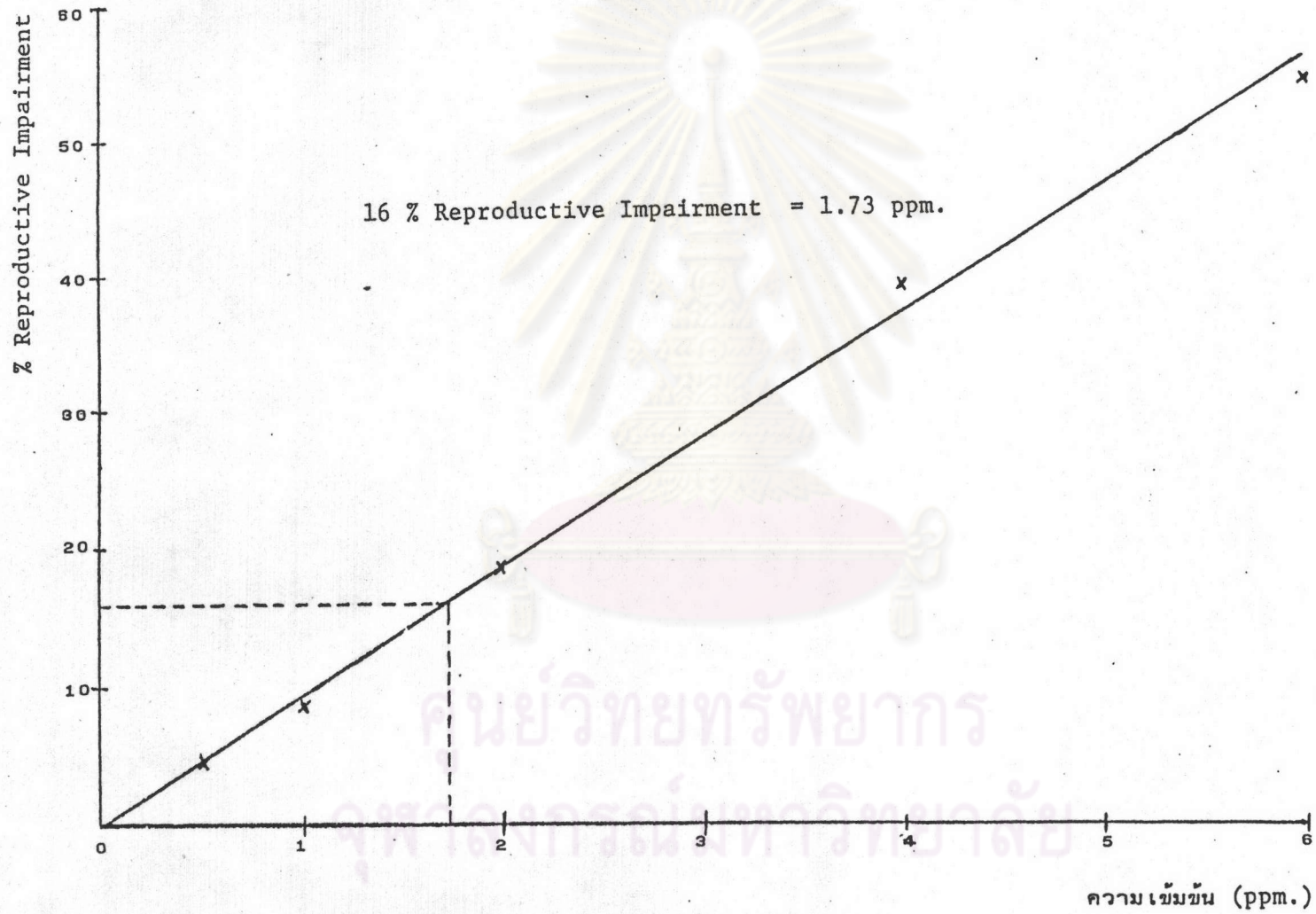
ในที่นี้คือ ค่า MATC นั้นเอง

## 2. ผลของ APE ต่อการสืบพันธุ์ของไรแดง (ตารางที่ 4.7)

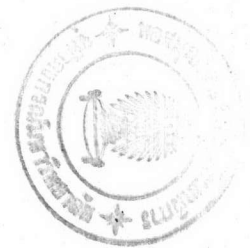
จากการทดลอง ไรแดงในกลุ่มควบคุม ใช้เวลาในการเจริญเติบโตตั้งแต่ฟักตัว จนถึงเกิด parthenogenesis ครั้งแรก 3 วัน และให้ลูกได้ประมาณ 4 ครั้ง โดยแต่ละครั้ง จะมีจำนวนแตกต่างกัน ซึ่งมีแนวโน้มเช่นเดียวกับกลุ่มควบคุม ในการทดลองกับ LAS ไรแดง แต่ละตัว จะให้ลูกเฉลี่ย 44.13 ตัว มีช่วงชีวิตนาน 6 วัน ส่วนในไรแดงกลุ่มทดลอง ซึ่งประกอบด้วย APE ความเข้มข้น 4, 8, 12, 18 และ 24 ppm. พบว่า การเกิด parthenogenesis ครั้งแรกใช้เวลา 3 วัน และให้ลูกได้ประมาณ 4 ครั้ง เช่นเดียวกับกลุ่มควบคุม ยกเว้น APE ความเข้มข้น 24 ppm. ให้ลูกเฉลี่ยประมาณ 3.7 ครั้ง และมีช่วงชีวิตยาวนานประมาณ 5.7 วัน ไรแดงกลุ่มทดลอง ซึ่งมีความเข้มข้นของ APE เท่ากับ 4, 8, 12, 18 และ 24 ppm. แต่ละตัวจะให้ลูกโดยเฉลี่ย 40.65, 38.17, 34.43, 30.03 และ 25.68 ตัว ตามลำดับ ในการเปรียบเทียบจำนวนลูกไรแดงแต่ละครั้งระหว่างกลุ่มควบคุมกับกลุ่มทดลอง พบว่า มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทั้งสิ้น ส่วนค่า % Reproductive Impairment ของ APE ที่มีต่อไรแดง มีค่าเท่ากับ 7.89, 13.51, 21.98, 31.95 และ 41.81 ppm. ตามลำดับ เมื่อนำค่า % Reproductive Impairment จากการทดลองมาเขียนกราฟ แสดงความสัมพันธ์กับความเข้มข้นของ APE ได้กราฟ ดังภาพที่ 4.10 จากกราฟ จะได้ค่า 16% Reproductive Impairment หรือค่า MATC มีค่าเท่ากับ 8.90 ppm.

ในการศึกษาลักษณะของลูกไรแดงจากการทดลองด้วยกล้องจุลทรรศน์ พบว่า ในกลุ่มควบคุมลูกที่ออกมามีลักษณะปกติ ส่วนในกลุ่มทดลองลูกไรแดงที่ออกมาบางตัวจะมีเปลือกหุ้มลำตัวฉีกขาด โดยเฉพาะอย่างยิ่ง ในสารลดแรงตึงผิวทั้ง 2 ประเภทที่มีความเข้มข้นสูงๆ

ผลการวิเคราะห์คุณภาพน้ำที่ใช้ในการทดลอง ทั้ง LAS และ APE จากตารางที่ 4.8 พบว่า คุณภาพน้ำที่ใช้ก่อนและหลังการทดลอง มีการเปลี่ยนแปลงน้อยมาก ส่วนใหญ่จะมีค่าเท่ากับกับชุดควบคุม เว้นแต่ ค่าอุณหภูมิก่อนและหลังการทดลอง จะมีค่าแตกต่างกันเล็กน้อย

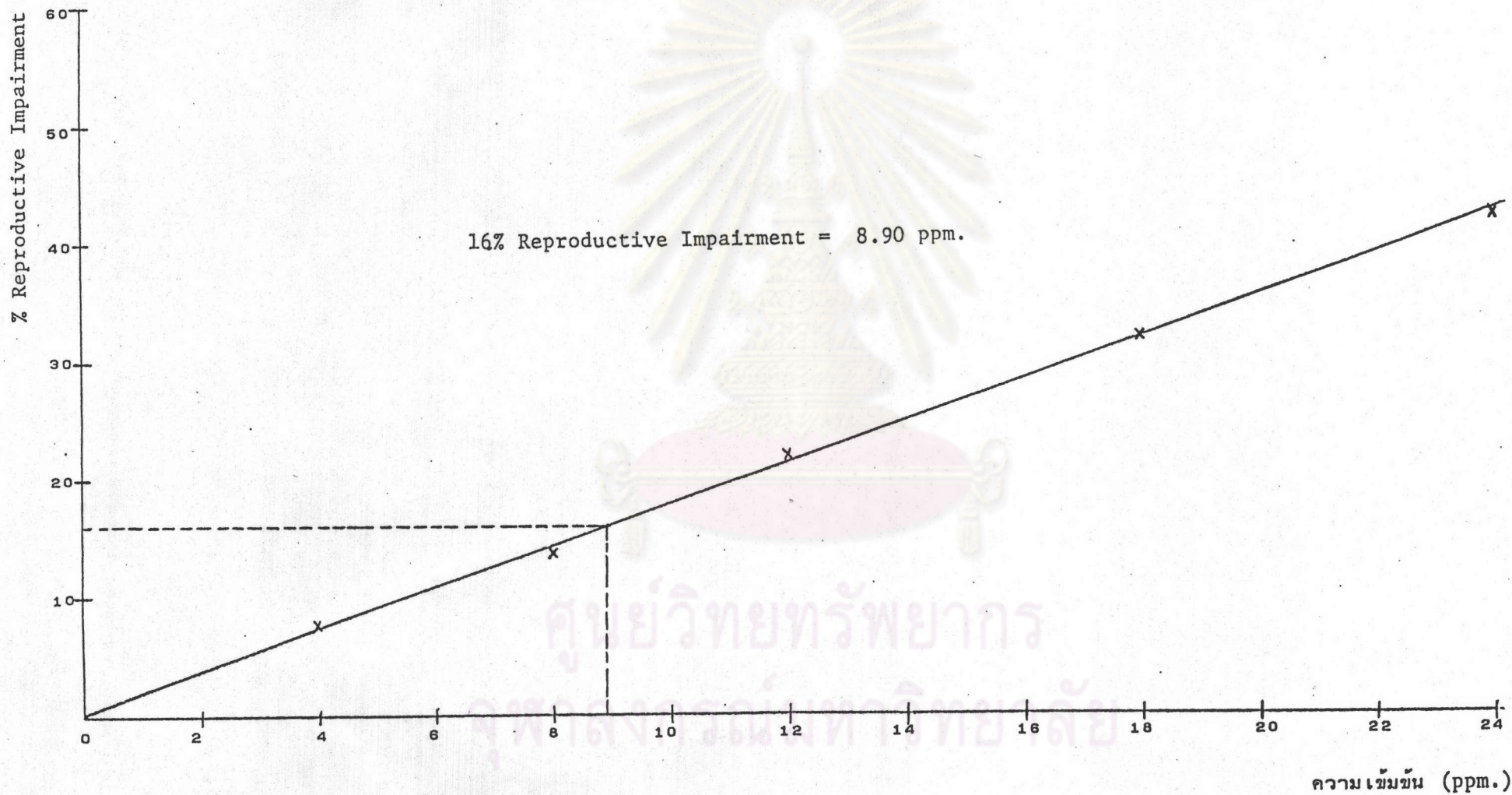


ภาพที่ 4.9 ผลของ LAS ต่อการสืบพันธุ์ของไรแดง



ตารางที่ 4.7 ผลของสารลดแรงตึงผิวประเภทนอนอิออปิก (APE) ต่อการสืบพันธุ์ของไรแดง (parthenogenesis reproduction)

ความเข้มข้น (ppm.)	ไรแดง (ตัว)	จำนวนลูกไรแดง (ตัว)								ลูกไรแดงทั้งหมด ตลอดช่วงชีวิต (ตัว)	ลูกไรแดงเฉลี่ย ต่อแม่ 1 ตัว ตลอดช่วงชีวิต (ตัว)	*Reproductive Impairment
		ครั้งที่ 1		ครั้งที่ 2		ครั้งที่ 3		ครั้งที่ 4				
		ทั้งหมด	เฉลี่ย/ตัว	ทั้งหมด	เฉลี่ย/ตัว	ทั้งหมด	เฉลี่ย/ตัว	ทั้งหมด	เฉลี่ย/ตัว			
0 (Control)	60	482	8.03	809	13.48	913	15.22	444	7.40	2648	44.13	0.00
4	60	434	7.23	750	12.50	857	14.28	398	6.63	2439	40.65	7.89
8	60	387	6.45	720	12.00	831	13.85	352	5.87	2290	38.17	13.51
12	60	324	5.40	671	11.18	779	12.98	292	4.87	2066	34.43	21.98
18	60	269	4.48	583	9.72	715	11.92	235	3.92	1802	30.03	31.95
24	60	245	4.08	555	9.25	689	11.48	52	0.87	1541	25.68	41.81



ภาพที่ 4.10 ผลของ APE ต่อการสืบพันธุ์ของไรแดง

ตารางที่ 4.8 คุณภาพน้ำก่อนและหลังการทดลองความ เป็นพิษสะสมของสารลดแรงดึงผิวต่อไรแดง

สารลดแรงดึงผิว	ระยะเวลา	อุณหภูมิ (°C)	DO (mg/l)	Hardness (mg/l)	Alkalinity (mg/l)	pH
LAS	ก่อนการทดลอง	27	7.0	100	100	6.4
	หลังการทดลอง	27	7.0	100	100	6.4
กลุ่มควบคุม	ก่อนการทดลอง	27	7.0	100	100	6.4
	หลังการทดลอง	27	7.0	100	100	6.4
APE	ก่อนการทดลอง	27.2	7.0	100	95	6.4
	หลังการทดลอง	27	7.0	100	95	6.4
กลุ่มควบคุม	ก่อนการทดลอง	27.2	7.0	100	95	6.4
	หลังการทดลอง	27	7.0	100	95	6.4