

3. ผลการศึกษา

การศึกษาค่าผลของแอฟทาลินต่อไลโซโซมในอมีบา (*Amoeba proteus*) ครั้งนี้ได้ทำการศึกษาในประเด็นความเป็นพิษเฉียบพลันของแอฟทาลินต่ออมีบา และผลต่อไลโซโซมในอมีบา ได้ผลการศึกษาดังนี้

1. ความเป็นพิษเฉียบพลันของแอฟทาลินต่ออมีบา

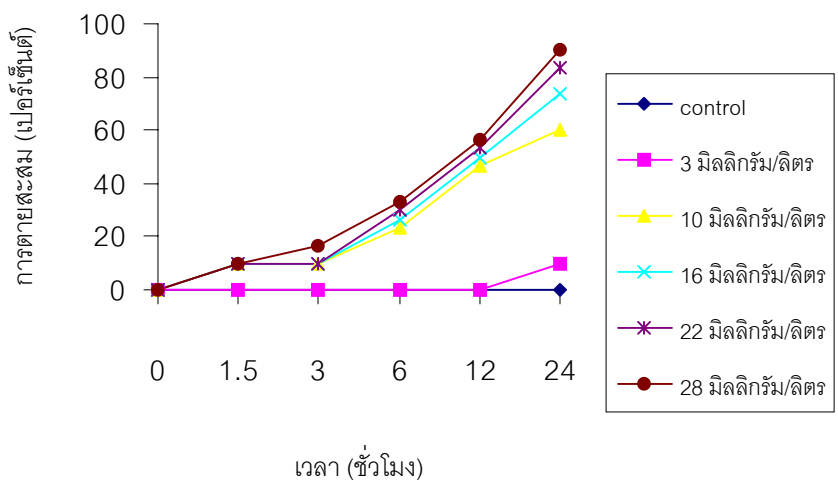
การศึกษาค่าความเป็นพิษเฉียบพลันของสารละลายแอฟทาลินต่ออมีบาอายุประมาณ 3 ชั่วโมง หลังจากการแบ่งตัว ทำการทดลองแบบน้ำนิ่ง (static system) ภายในระยะเวลา 24 ชั่วโมง ในช่วงความเข้มข้น 0, 3, 10, 16, 22 และ 28 มิลลิกรัม/ลิตร ที่อุณหภูมิ 23 ± 1 องศาเซลเซียส พบว่า ในการทดลองควบคุม (0 มิลลิกรัม/ลิตร) ไม่มีอมีบาตายตลอดการทดลอง อมีบาในกลุ่มที่ได้รับสารละลายแอฟทาลินความเข้มข้น 3 มิลลิกรัม/ลิตร มีการตายของอมีบาในชั่วโมงที่ 24 ของการได้รับสารละลายแอฟทาลิน ส่วนอมีบาในกลุ่มที่ได้รับสารละลายแอฟทาลินความเข้มข้น 10, 16, 22 และ 28 มิลลิกรัม/ลิตร เริ่มมีการตายในชั่วโมงที่ 1.5 ของการตรวจสอบ อัตราการตายสะสมเพิ่มขึ้นตลอดการทดลองและเมื่อสิ้นสุดการทดลองมีเปอร์เซ็นต์การตายสะสม 0.00, 10.00, 60.00, 73.33, 83.33 และ 90.00 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ จะเห็นได้ว่า เปอร์เซ็นต์การตายสะสมเพิ่มขึ้นตามความเข้มข้นของสารละลายแอฟทาลินที่เพิ่มสูงขึ้น และเพิ่มขึ้นตามระยะเวลาที่ได้รับสาร (ตารางที่ 3 และรูปที่ 9)

การหาค่า LC_{50} ด้วยวิธีเขียนกราฟความสัมพันธ์ระหว่างความเข้มข้นของสารละลายแอฟทาลินกับอัตราการตายของอมีบา พบว่า ค่า LC_{50} ที่ 24 ชั่วโมง เท่ากับ 8.83 มิลลิกรัม/ลิตร (รูปที่ 10) ส่วนการคำนวณหาค่า LC_{50} ด้วยวิธีโพรบิท (Finney, 1971) (ภาคผนวกที่ 2) พบว่า ค่า LC_{50} ของแอฟทาลินต่ออมีบาที่เวลา 24 ชั่วโมงมีค่าเท่ากับ 8.67 - 9.15 มิลลิกรัม/ลิตร และมีค่าเฉลี่ย (ค่าเฉลี่ย \pm ความคลาดเคลื่อนมาตรฐาน) เท่ากับ 8.85 ± 0.253 มิลลิกรัม/ลิตร

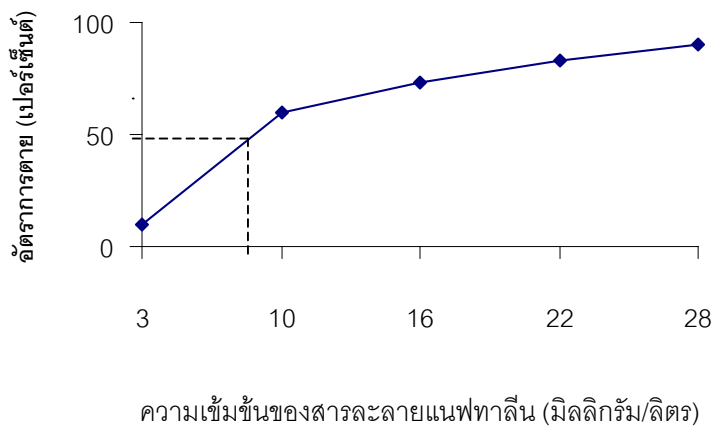
จากการวัดความเข้มข้นของสารละลายแอฟทาลีนเมื่อเริ่มต้นการทดลองและสิ้นสุดการทดลอง พบว่า ความเข้มข้นของสารละลายแอฟทาลีนเมื่อเริ่มต้นการทดลองมีความเข้มข้น 0, 3, 10, 16, 22 และ 28 มิลลิกรัม/ลิตร และเมื่อสิ้นสุดการทดลองมีความเข้มข้นของสารละลายแอฟทาลีนเฉลี่ย ดังนี้ 0 ± 0 , 0.001 ± 0 , 0.0041 ± 0.0006 , 0.0073 ± 0.0003 , 0.0101 ± 0.0006 และ 0.0129 ± 0.0002 มิลลิกรัม/ลิตร ตามลำดับ (ตารางภาคผนวกที่ 6)

ตารางที่ 3 เปอร์เซ็นต์การตายสะสมของอมีบาที่ได้รับสารละลายแอฟทาลีนในระดับความเข้มข้น 0 (การทดลองควบคุม), 3, 10, 16, 22 และ 28 มิลลิกรัม/ลิตร ในระยะเวลา 24 ชั่วโมง (n=10)

ความเข้มข้นของสารละลายแอฟทาลีน (mg/l)	เปอร์เซ็นต์การตายของอมีบา					
	0.0 ชั่วโมง	1.5 ชั่วโมง	3.0 ชั่วโมง	6.0 ชั่วโมง	12.0 ชั่วโมง	24.0 ชั่วโมง
การทดลองควบคุม	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
3	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	10.00
10	0.00	10.00	10.00	23.33	46.67	60.00
16	0.00	10.00	10.00	26.67	50.00	73.33
22	0.00	10.00	10.00	30.00	53.33	83.33
28	0.00	10.00	16.67	33.33	56.67	90.00



รูปที่ 9 อัตราการตายสะสมของอมีบาที่ได้รับสารละลายแอฟทาไลน์ในระดับความเข้มข้น 0 (การทดลองควบคุม), 3 , 10, 16, 22 และ 28 มิลลิกรัม/ลิตร ในระยะเวลา 24 ชั่วโมง (n = 10)



รูปที่ 10 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างความเข้มข้นของสารละลายแอฟทาไลน์กับอัตราการรอดของอมีบา (n = 10)

การเปลี่ยนแปลงรูปร่างของอมีบาในสารละลายแนฟทาลีน

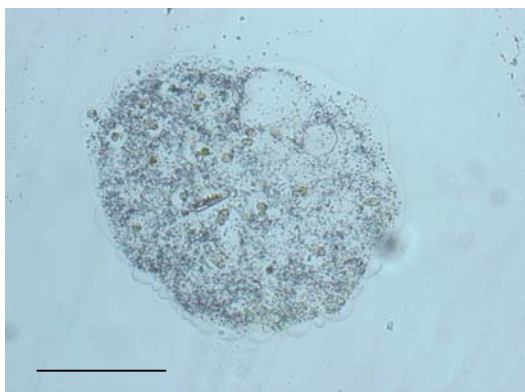
เมื่ออมีบาได้รับสารละลายแนฟทาลีนมีการตอบสนองเริ่มต้นโดยการสร้างเท้าเทียมจำนวนมากรอบเซลล์ (รูปที่ 11 ก และ ข) ไชโตพลาสซึมภายในเซลล์มีการเคลื่อนที่อย่างรวดเร็ว หลังจากนั้นอมีบาจะเคลื่อนที่ไปในทิศทางใดทิศทางหนึ่ง เมื่อผ่านไประยะเวลาหนึ่งอมีบาจะเคลื่อนที่ช้าลงและหยุดนิ่งอยู่กับที่ ในช่วงนี้ สังเกตเห็นการเคลื่อนที่ภายในเซลล์เล็กน้อยหรือไม่มีการเคลื่อนที่เลย เซลล์มีลักษณะค่อนข้างกลม (รูปที่ 11 ค) และเซลล์อมีบาจะแตกในที่สุด (รูปที่ 11 ง)



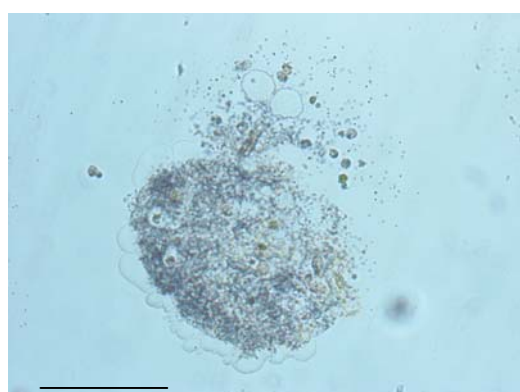
(ก)



(ข)



(ค)

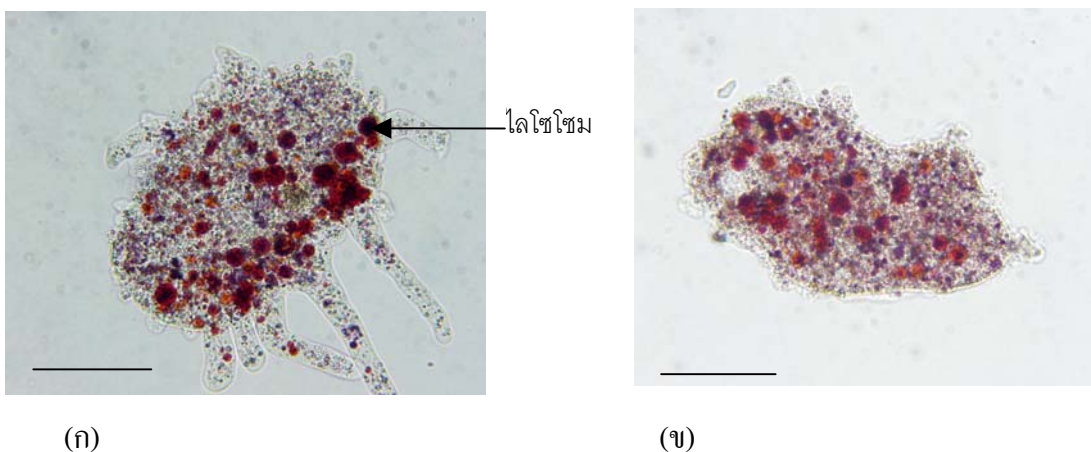


(ง)

รูปที่ 11 จาก (ก) ถึง (ง) แสดงการเปลี่ยนแปลงรูปร่างของอมีบาเมื่อได้รับสารละลายแนฟทาลีน
(bar = 100 ไมโครเมตร)

2. ผลของแนฟทาลีนต่อความเสถียรของเยื่อหุ้มไลโซโซม

เมื่อย้อมสีอิมบาด้วยสารละลาย neutral red เป็นเวลา 2 ชั่วโมง พบว่า มีการสะสมสี neutral red ภายในไลโซโซม สามารถมองเห็นไลโซโซมเป็นสีแดง (รูปที่ 12 ก) ในขณะที่ไซโตพลาสซึมไม่มีสี เมื่อเวลาผ่านไปประมาณ 10 ชั่วโมงสีจะแพร่ออกจากไลโซโซมสู่ไซโตพลาสซึม ทำให้มองเห็นไซโตพลาสซึมเป็นสีชมพู (รูปที่ 12 ข)



รูปที่ 12 อิมบาในการทดลองควบคุมย้อมด้วยสี neutral red (ก) หลังจากย้อมด้วยสี 2 ชั่วโมง ไลโซโซมมีสีแดง (ข) หลังจากทิ้งไว้ประมาณ 10 ชั่วโมง สีจากไลโซโซมไหลออกสู่ไซโตพลาสซึมทำให้เห็นไซโตพลาสซึมเป็นสีชมพู (bar = 100 ไมโครเมตร)

จากการทดลองให้อิมบาได้รับสารละลายแนฟทาลีนความเข้มข้น 8.85 มิลลิกรัม/ลิตร เป็นเวลา 1, 3, 6 และ 12 ชั่วโมงพร้อมทั้งการทดลองควบคุม หลังจากนั้นทดสอบผลความเป็นพิษของสารละลายแนฟทาลีนด้วยการวิเคราะห์ neutral red retention พบว่า ในการทดลองควบคุมมีเวลา neutral red retention (ค่าเฉลี่ย \pm SE) เท่ากับ 605 ± 30.41 นาที ความสามารถของไลโซโซมในการเก็บกักสารสีลดลงเมื่อเวลาที่ได้รับสารละลายแนฟทาลีนเพิ่มขึ้น ส่วนในอิมบาที่ได้รับสารละลายแนฟทาลีนเป็นเวลา 1, 3, 6 และ 12 ชั่วโมงมีเวลา neutral red retention 495 ± 15 , 195 ± 8.66 , 190 ± 5.00 และ 55 ± 5.00 นาที ตามลำดับ (ตารางที่ 4)

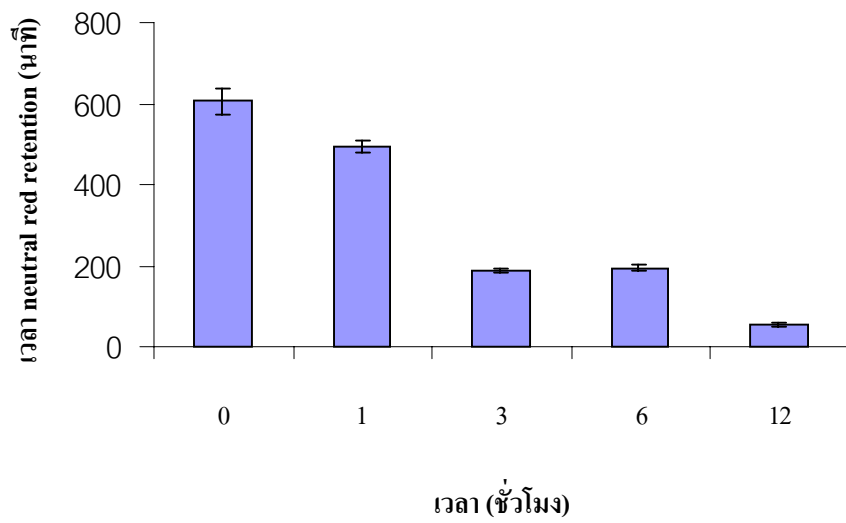
การเปรียบเทียบทางสถิติระหว่างอมีบาที่ได้รับสารละลายเนฟทาไลน์เป็นเวลาต่างกัน พบว่า เวลา neutral red retention ของอมีบาที่ได้รับสารละลายเนฟทาไลน์นานทุกช่วงเวลาแตกต่างจากการทดลองควบคุมอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$) โดยในกลุ่มของอมีบาที่ได้รับสารละลายเนฟทาไลน์นั้น พบว่า อมีบาที่ได้รับสารละลายเนฟทาไลน์เป็นเวลา 1 ชั่วโมงมีเวลา neutral red retention มากที่สุดอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$) ในขณะที่อมีบาที่ได้รับสารละลายเนฟทาไลน์เป็นเวลา 3 และ 6 ชั่วโมงมีเวลา neutral red retention ไม่แตกต่างกันทางสถิติ (ตารางที่ 4 และ รูปที่ 13)

ความเข้มข้นของสารละลายเนฟทาไลน์เมื่อเริ่มต้นการทดลองเท่ากับ 8.85 มิลลิกรัม/ลิตร และเมื่อสิ้นสุดการทดลองในแต่ละกลุ่มที่ได้รับสารในเวลา 1, 3, 6 และ 12 ชั่วโมงมีความเข้มข้นของสารละลายเนฟทาไลน์เท่ากับ 0.0080 ± 0.0002 , 0.0072 ± 0.0001 , 0.0059 ± 0.0006 และ 0.0050 ± 0.0002 มิลลิกรัม/ลิตร ตามลำดับ (ตารางภาคผนวกที่ 7)

ตารางที่ 4 เวลา neutral red retention ของอมีบาที่ได้รับสารละลายเนฟทาไลน์ความเข้มข้น 8.85 มิลลิกรัม/ลิตร เป็นเวลา 0 (การทดลองควบคุม), 1, 3, 6 และ 12 ชั่วโมง (n = 10)

ระยะเวลาที่อมีบาได้รับ สารละลายเนฟทาไลน์ (ชั่วโมง)	เวลา neutral red retention (นาทีก)			ค่าเฉลี่ย \pm SE
	ชั่วโมงที่ 1	ชั่วโมงที่ 2	ชั่วโมงที่ 3	
การทดลองควบคุม	555	660	600	605 ± 30.41^a
1	510	465	510	495 ± 15.00^b
3	195	180	195	190 ± 5.00^c
6	180	195	210	195 ± 8.66^c
12	60	45	60	55 ± 5.00^d

หมายเหตุ ตัวเลขในสทมภ์เดียวกันที่กำกับด้วยตัวอักษรต่างกันแสดงว่ามีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$)



รูปที่ 13 เวลา neutral red retention ของอมีบาที่ได้รับสารละลายแอฟทาลีนความเข้มข้น 8.85 มิลลิกรัม/ลิตรเป็นเวลา 0 (การทดลองควบคุม), 1, 3, 6 และ 12 ชั่วโมง (ค่าเฉลี่ย \pm SE, n = 10)

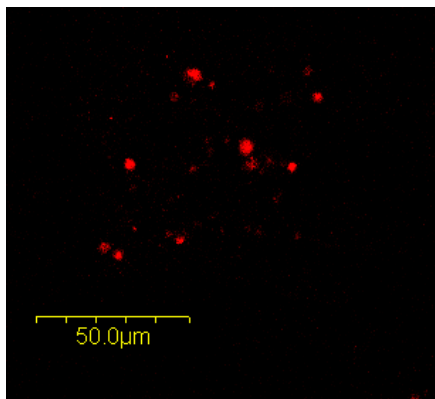
3. ผลของสารละลายแอฟทาลินต่อการเรืองแสงฟลูออเรสเซนซ์ ความยาวเส้นผ่านศูนย์กลาง ปริมาตรและจำนวนของไลโซโซม

อมีบาในการทดลองควบคุมเมื่อย้อมด้วยสี neutral red หลังจากนั้นศึกษาตัวอย่างภายใต้กล้องจุลทรรศน์แบบคอนโฟคอลเลเซอร์ เห็นไลโซโซมเรืองแสงฟลูออเรสเซนซ์สีแดง ซึ่งเกิดจากการสะสมสี neutral red ภายในไลโซโซม ขณะที่ไซโตพลาสซึมไม่มีการเรืองแสงฟลูออเรสเซนซ์ และพบไลโซโซมมีจำนวนน้อย (รูปที่ 14 ก) ส่วนอมีบาที่ได้รับสารละลายแอฟทาลินเป็นเวลา 3 และ 12 ชั่วโมง พบว่า ไลโซโซมยังคงมีการเรืองแสงฟลูออเรสเซนซ์สีแดง ไซโตพลาสซึมมีการเรืองแสงฟลูออเรสเซนซ์สีแดงเล็กน้อยในอมีบาที่ได้รับสารละลายแอฟทาลิน 3 ชั่วโมง และการเรืองแสงฟลูออเรสเซนซ์ในไซโตพลาสซึมเพิ่มมากขึ้นในอมีบาที่ได้รับสารละลายแอฟทาลิน 12 ชั่วโมง และไลโซโซมมีจำนวนเพิ่มมากขึ้นในอมีบาที่ได้รับสารละลายแอฟทาลินทั้งสองช่วงเวลา (รูปที่ 14 ข และ ค)

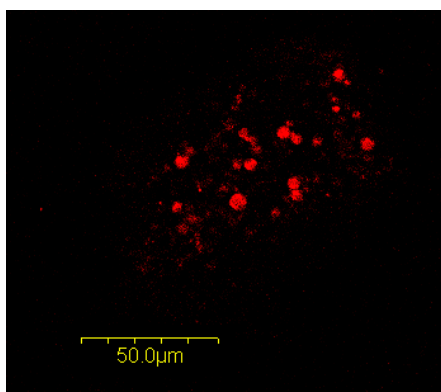
ความเข้มข้นของสารละลายเมื่อเริ่มต้นการทดลองเท่ากับ 8.85 มิลลิกรัม/ลิตร และเมื่อสิ้นสุดการทดลองในแต่ละกลุ่มที่ได้รับสารละลายแอฟทาลินเป็นเวลา 3 และ 12 ชั่วโมงมีความเข้มข้นของสารละลายแอฟทาลินเท่ากับ 0.0063 ± 0.0003 และ 0.0048 ± 0.0003 มิลลิกรัม/ลิตร ตามลำดับ (ตารางภาคผนวกที่ 8)

3.1 การเรืองแสงฟลูออเรสเซนซ์ภายในไลโซโซมของอมีบา

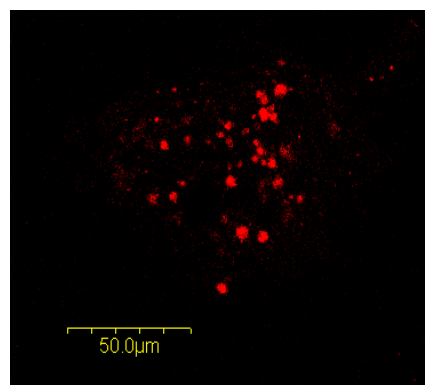
การเรืองแสงฟลูออเรสเซนซ์ภายในไลโซโซมของอมีบาในการทดลองควบคุม พบว่า ไลโซโซมมีความเข้มของการเรืองแสงฟลูออเรสเซนซ์ (Fluorescence intensity) เท่ากับ 147.40 - 239.08 AU (Arbitrary Unit) มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 193.86 AU ความคลาดเคลื่อนมาตรฐานเท่ากับ 8.58 ส่วนการเรืองแสงฟลูออเรสเซนซ์ภายในไลโซโซมของอมีบาที่ได้รับสารละลายแอฟทาลินเป็นเวลา 3 และ 12 ชั่วโมง พบว่า ทั้งสองกลุ่มมีความเข้มของการเรืองแสงฟลูออเรสเซนซ์ไม่แตกต่างกัน โดยในอมีบาที่ได้รับสารละลายแอฟทาลินเป็นเวลา 3 ชั่วโมงมีค่าความเข้มของการเรืองแสงฟลูออเรสเซนซ์เท่ากับ 116.26 - 199.22 AU ค่าเฉลี่ยเท่ากับ 163.86 AU ความคลาดเคลื่อนมาตรฐานเท่ากับ 23.92 ส่วนอมีบาที่ได้รับสารละลายแอฟทาลินเป็นเวลา 12 ชั่วโมงมีค่าความเข้มของการเรืองแสงฟลูออเรสเซนซ์เท่ากับ 108.15 - 189.27 AU ค่าเฉลี่ยเท่ากับ 149.33 AU ความคลาดเคลื่อนมาตรฐานเท่ากับ 26.16 (ตารางที่ 5)



(ก)



(ข)



(ค)

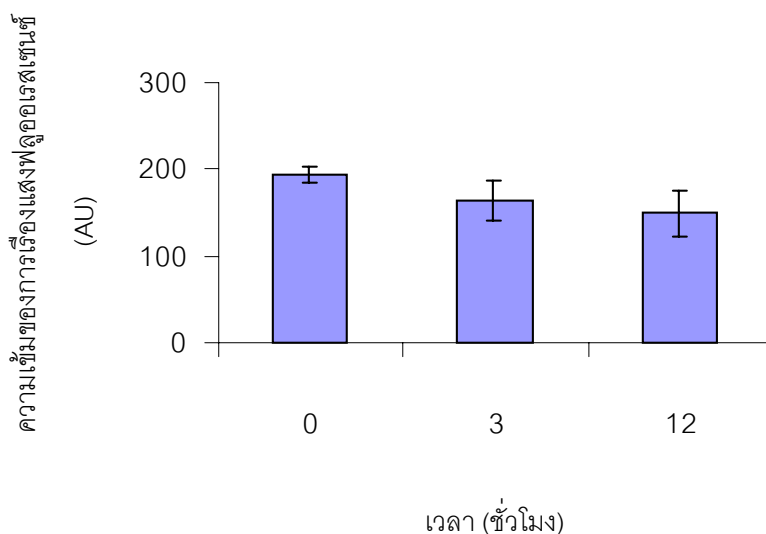
รูปที่ 14 ภาพถ่ายภายใต้กล้องจุลทรรศน์แบบคอนโฟคอลเลเซอร์ หลังจากย้อมอมมีบาด้วยสี neutral red 15 นาที จะเห็นไลโซโซมในอมมีบาเรืองแสงฟลูออเรสเซนซ์สีแดง (ก) ในการทดลองควบคุม (ข) และ (ค) ในสารละลายแอฟทาลีนความเข้มข้น 8.85 มิลลิกรัม/ลิตร เป็นเวลา 3 และ 12 ชั่วโมงตามลำดับ จากภาพจะเห็นว่า การเรืองแสงฟลูออเรสเซนซ์ในไฮโดพลาสซึมมากขึ้นในอมมีบาที่ได้รับสารละลายแอฟทาลีนทั้งสองกลุ่ม

เมื่อเปรียบเทียบความเข้มของการเรืองแสงฟลูออเรสเซนซ์เฉลี่ยในแต่ละช่วงเวลาที่มีบาได้รับสารละลายแอฟทาลีน พบว่า ค่าเฉลี่ยความเข้มของการเรืองแสงฟลูออเรสเซนซ์ภายในไลโซโซมของอมีบาที่ได้รับสารละลายแอฟทาลีนทั้งสองช่วงเวลามีค่าน้อยกว่าการทดลองควบคุมอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$) ในขณะที่ค่าเฉลี่ยความเข้มของการเรืองแสงฟลูออเรสเซนซ์ภายในไลโซโซมของอมีบาที่ได้รับสารละลายแอฟทาลีน 3 ชั่วโมงมีค่ามากกว่าค่าเฉลี่ยของการเรืองแสงฟลูออเรสเซนซ์ภายในไลโซโซมของอมีบาที่ได้รับสารละลายแอฟทาลีนเป็นเวลา 12 ชั่วโมงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$) (ตารางที่ 5 และรูปที่ 15)

ตารางที่ 5 ความเข้มของการเรืองแสงฟลูออเรสเซนซ์ภายในไลโซโซมของอมีบาที่ได้รับสารละลายแอฟทาลีนความเข้มข้น 8.85 มิลลิกรัม/ลิตร เป็นเวลา 0 (การทดลองควบคุม) 3 และ 12 ชั่วโมง ($n=10$)

ซ้ำที่	ความเข้มของการเรืองแสงฟลูออเรสเซนซ์ (AU)		
	0 ชั่วโมง (การทดลองควบคุม)	3 ชั่วโมง	12 ชั่วโมง
1	184.94	172.00	152.77
2	147.40	147.54	154.01
3	163.27	136.91	129.63
4	221.06	167.83	189.27
5	213.19	199.22	177.04
6	202.63	178.44	160.40
7	189.38	116.26	187.82
8	180.05	164.78	152.24
9	197.57	180.48	171.97
10	239.08	172.21	108.15
ค่าเฉลี่ย \pm SE	193.86 \pm 8.58 ^a	163.57 \pm 23.92 ^b	149.33 \pm 26.16 ^c

หมายเหตุ ตัวเลขในแถวเดียวกันที่กำกับด้วยตัวอักษรต่างกันแสดงว่ามีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$)



รูปที่ 15 ความเข้มของการเรืองแสงฟลูออเรสเซนซ์ภายในไฮโดรเจลของอมีบาที่ได้รับสารละลายแวนทาลินความเข้มข้น 8.85 มิลลิกรัม/ลิตร เป็นเวลา 0 (การทดลองควบคุม) 3 และ 12 ชั่วโมง (ค่าเฉลี่ย \pm SE, n = 10)

3.2 การเรืองแสงฟลูออเรสเซนซ์ภายในไฮโดรเจลของอมีบา

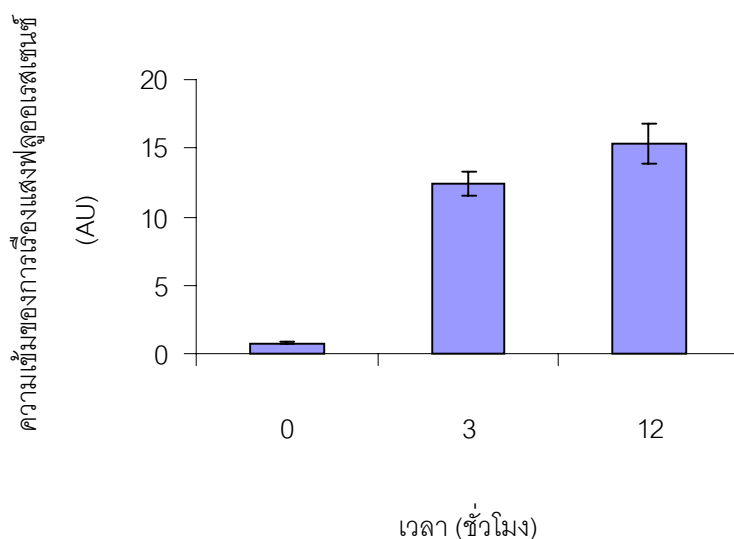
การเรืองแสงฟลูออเรสเซนซ์ภายในไฮโดรเจลของอมีบาในการทดลองควบคุม พบว่า ความเข้มของการเรืองแสงฟลูออเรสเซนซ์เพียงเล็กน้อยเท่ากับ 0.37 - 1.29 AU มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 0.76 AU ความคลาดเคลื่อนมาตรฐานเท่ากับ 0.10 ส่วนการเรืองแสงฟลูออเรสเซนซ์ในไฮโดรเจลของอมีบาที่ได้รับสารละลายแวนทาลินนาน 3 และ 12 ชั่วโมง พบว่า ทั้งสองกลุ่มมีความเข้มของการเรืองแสงฟลูออเรสเซนซ์ในไฮโดรเจลเพิ่มขึ้นเมื่อเวลาที่ได้รับการละลายแวนทาลินเพิ่มขึ้น ในอมีบาที่ได้รับสารละลายแวนทาลินเป็นเวลา 3 ชั่วโมงมีความเข้มของการเรืองแสงฟลูออเรสเซนซ์ในไฮโดรเจลเท่ากับ 6.36 - 16.42 AU ค่าเฉลี่ยเท่ากับ 12.36 AU ความคลาดเคลื่อนมาตรฐานเท่ากับ 0.89 ส่วนอมีบาที่ได้รับสารละลายแวนทาลินเป็นเวลา 12 ชั่วโมง พบว่า มีความเข้มของการเรืองแสงฟลูออเรสเซนซ์ในไฮโดรเจลเท่ากับ 7.61 - 25.09 AU ค่าเฉลี่ยเท่ากับ 15.35 AU ความคลาดเคลื่อนมาตรฐานเท่ากับ 1.46 (ตารางที่ 6)

จากการเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยของการเรืองแสงฟลูออเรสเซนซ์ พบว่า อมีบาที่ได้รับสารละลายแนฟทาไลน์ทั้งสองกลุ่มมีค่าความเข้มของการเรืองแสงฟลูออเรสเซนซ์ในไฮโดรพลาสซึมมากกว่าการทดลองควบคุมอย่างมีนัยสำคัญ ($p < 0.05$) และอมีบาที่ได้รับสารละลายแนฟทาไลน์เป็นเวลา 12 ชั่วโมงมีค่าความเข้มของการเรืองแสงฟลูออเรสเซนซ์ภายในไฮโดรพลาสซึมมากกว่าอมีบาที่ได้รับสารละลายแนฟทาไลน์เป็นเวลา 3 ชั่วโมงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$) (ตารางที่ 6 และรูปที่ 16)

ตารางที่ 6 ความเข้มของการเรืองแสงฟลูออเรสเซนซ์ภายในไฮโดรพลาสซึมของอมีบาที่ได้รับสารละลายแนฟทาไลน์ความเข้มข้น 8.85 มิลลิกรัม/ลิตร เป็นเวลา 0 (การทดลองควบคุม) 3 และ 12 ชั่วโมง ($n = 10$)

ซ้ำที่	ความเข้มของการเรืองแสงฟลูออเรสเซนซ์ (AU)		
	0 ชั่วโมง (การทดลองควบคุม)	3 ชั่วโมง	12 ชั่วโมง
1	0.53	11.56	19.12
2	1.29	15.27	15.15
3	0.68	11.45	15.77
4	0.89	16.42	25.09
5	0.57	11.06	15.20
6	0.37	12.22	13.70
7	0.93	15.11	12.09
8	0.75	12.02	16.94
9	1.18	12.04	12.81
10	0.45	6.36	7.61
ค่าเฉลี่ย \pm SE	0.76 ± 0.10^a	12.36 ± 0.89^b	15.35 ± 1.46^c

หมายเหตุ ตัวเลขในแถวเดียวกันที่กำกับด้วยตัวอักษรต่างกันแสดงว่ามีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$)



รูปที่ 16 ความเข้มของการเรืองแสงฟลูออเรสเซนต์ภายในไซโตพลาสซึมของอมีบาที่ได้
รับสารละลายแอฟทาไลน์ความเข้มข้น 8.85 มิลลิกรัม/ลิตร เป็นเวลา 0 (การทดลอง
ควบคุม) 3 และ 12 ชั่วโมง (ค่าเฉลี่ย \pm SE, n = 10)

3.3 ความยาวเส้นผ่านศูนย์กลางไลโซโซมของอมีบา

จากการวัดความยาวเส้นผ่านศูนย์กลางไลโซโซมของอมีบาในการทดลองควบคุม พบว่า
ไลโซโซมมีความยาวเส้นผ่านศูนย์กลางเท่ากับ 5.39 -15.22 ไมโครเมตร ค่าเฉลี่ยเท่ากับ 8.95
ไมโครเมตร โดยมีความคลาดเคลื่อนมาตรฐานเท่ากับ 0.97 ส่วนความยาวเส้นผ่านศูนย์กลาง
ไลโซโซมของอมีบาที่ได้รับสารละลายแอฟทาไลน์เป็นเวลา 3 ชั่วโมงมีความยาวเท่ากับ 4.45 -
12.93 ไมโครเมตร ค่าเฉลี่ยเท่ากับ 8.11 ไมโครเมตร ความคลาดเคลื่อนมาตรฐานเท่ากับ 0.73 และ
ความยาวเส้นผ่านศูนย์กลางไลโซโซมของอมีบาที่ได้รับสารละลายแอฟทาไลน์เป็นเวลา 12 ชั่วโมง
มีความยาวเท่ากับ 5.57 - 9.14 ไมโครเมตร ค่าเฉลี่ยเท่ากับ 7.31 ไมโครเมตร ความคลาดเคลื่อน
มาตรฐานเท่ากับ 0.42 (ตารางที่ 7)

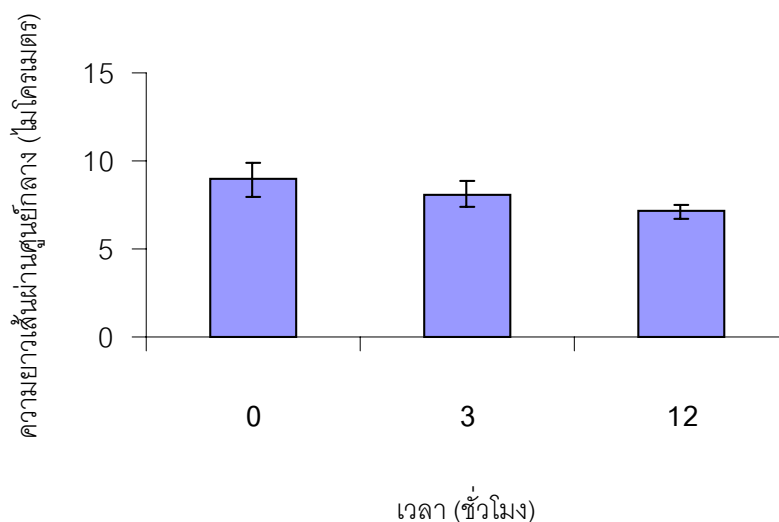
เมื่อเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยความยาวเส้นผ่านศูนย์กลางไลโซโซมของอมีบา พบว่าค่าเฉลี่ย
ความยาวเส้นผ่านศูนย์กลางไลโซโซมของอมีบาที่ได้รับสารละลายแอฟทาไลน์ทั้งสองเวลามีค่าน้อย
กว่าในการทดลองควบคุม แต่ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ ($p > 0.05$) ในขณะที่ค่าเฉลี่ย
ความยาวเส้นผ่านศูนย์กลางไลโซโซมที่ได้รับสารละลายแอฟทาไลน์เป็นเวลา 12 ชั่วโมงมีค่าน้อย
กว่าในอมีบาที่ได้รับสารละลายแอฟทาไลน์เป็นเวลา 3 ชั่วโมง แต่ไม่แตกต่างกันทางสถิติเช่นเดียว

กัน ($p > 0.05$) (ตารางที่ 7 และรูปที่ 17)

ตารางที่ 7 ความยาวเส้นผ่านศูนย์กลางของไลโซโซมในอมีบาที่ได้รับสารละลายแนฟทาไลน์ ความเข้มข้น 8.85 มิลลิกรัม/ลิตร เป็นเวลา 0 (การทดลองควบคุม), 3 และ 12 ชั่วโมง ($n = 10$)

ซ้ำที่	ความยาวเส้นผ่านศูนย์กลางของไลโซโซม (ไมโครเมตร)		
	0 ชั่วโมง (การทดลองควบคุม)	3 ชั่วโมง	12 ชั่วโมง
1	15.22	6.94	8.86
2	12.59	8.17	5.57
3	7.73	6.21	6.54
4	8.19	12.93	7.28
5	6.51	4.45	7.44
6	5.39	7.15	7.33
7	6.48	9.95	5.79
8	8.28	7.43	9.14
9	8.00	8.75	6.20
10	11.11	9.17	7.13
ค่าเฉลี่ย \pm SE	8.95 ± 0.97^a	8.11 ± 0.73^a	7.13 ± 0.42^a

หมายเหตุ ตัวเลขในแถวเดียวกันที่กำกับด้วยตัวอักษรต่างกันแสดงว่ามีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$)



รูปที่ 17 ความยาวเส้นผ่านศูนย์กลางของไลโซโซมในอมีบาที่ได้รับสารละลายแนฟทาไลน์ความเข้มข้น 8.85 มิลลิกรัม/ลิตร เป็นเวลา 0 (การทดลองควบคุม) , 3 และ 12 ชั่วโมง (ค่าเฉลี่ย \pm SE, n = 10)

3.4 ปริมาตรของไลโซโซมในอมีบา

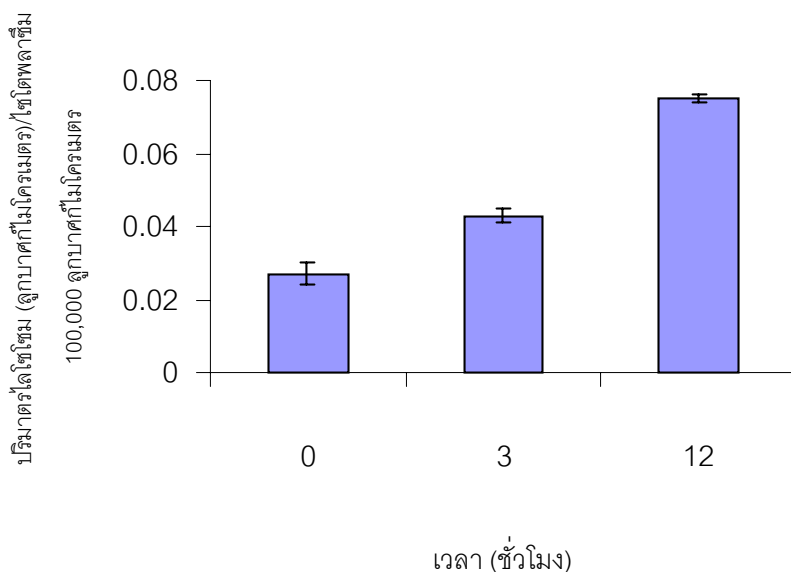
จากการคำนวณหาปริมาตรของไลโซโซมด้วยวิธีสเตอริโอโลยี พบว่า อมีบาในการทดลองควบคุมมีปริมาตรของไลโซโซมเท่ากับ 0.012 - 0.045 ลูกบาศก์ไมโครเมตรต่อปริมาตรของไซโตพลาสซึม 100,000 ลูกบาศก์ไมโครเมตร ค่าเฉลี่ยเท่ากับ 0.027 ลูกบาศก์ไมโครเมตร ความคลาดเคลื่อนมาตรฐานเท่ากับ 0.003 ส่วนไลโซโซมในอมีบาที่ได้รับสารละลายแนฟทาไลน์มีปริมาตรเพิ่มมากขึ้นเมื่อเวลาที่อมีบาได้รับสารละลายแนฟทาไลน์เพิ่มขึ้น โดยในอมีบาที่ได้รับสารละลายแนฟทาไลน์เป็นเวลา 3 ชั่วโมงมีปริมาตรของไลโซโซมเท่ากับ 0.010 - 0.068 ลูกบาศก์ไมโครเมตรต่อปริมาตรของไซโตพลาสซึม 100,000 ลูกบาศก์ไมโครเมตร มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 0.043 ลูกบาศก์ไมโครเมตร ความคลาดเคลื่อนมาตรฐานเท่ากับ 0.002 และปริมาตรของไลโซโซมของอมีบาที่ได้รับสารละลายแนฟทาไลน์เป็นเวลา 12 ชั่วโมงมีค่าเท่ากับ 0.060 - 0.088 ลูกบาศก์ไมโครเมตรต่อปริมาตรของไซโตพลาสซึม 100,000 ลูกบาศก์ไมโครเมตร ค่าเฉลี่ยเท่ากับ 0.075 ลูกบาศก์ไมโครเมตร ความคลาดเคลื่อนมาตรฐานเท่ากับ 0.001 (ตารางที่ 8)

เมื่อเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยปริมาตรของไลโซโซมในอมีบา พบว่า ปริมาตรของไลโซโซมในอมีบาที่ได้รับสารละลายแนฟทาลินเป็นเวลา 3 ชั่วโมงมีค่ามากกว่าในการทดลองควบคุมอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$) ในขณะที่ค่าเฉลี่ยปริมาตรของไลโซโซมของอมีบาที่ได้รับสารละลายแนฟทาลินเป็นเวลา 12 ชั่วโมงมีค่ามากที่สุดและมีค่ามากกว่าอมีบาที่ได้รับสารละลายแนฟทาลินเป็นเวลา 3 ชั่วโมงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$) (ตารางที่ 8 และรูปที่ 18)

ตารางที่ 8 ปริมาตรของไลโซโซมต่อปริมาตรของไซโตพลาสซึม 100,000 ลูกบาศก์ไมโครเมตร ในอมีบาที่ได้รับสารละลายแนฟทาลินความเข้มข้น 8.85 มิลลิกรัม/ลิตร เป็นเวลา 0 (การทดลองควบคุม), 3 และ 12 ชั่วโมง ($n = 10$)

ซ้ำที่	ปริมาตรของไลโซโซม/ไซโตพลาสซึม 100,000 ลูกบาศก์ไมโครเมตร		
	0 ชั่วโมง (การทดลองควบคุม)	3 ชั่วโมง	12 ชั่วโมง
1	0.027	0.044	0.073
2	0.019	0.047	0.066
3	0.016	0.035	0.088
4	0.012	0.061	0.071
5	0.038	0.068	0.085
6	0.018	0.029	0.065
7	0.037	0.058	0.083
8	0.025	0.025	0.060
9	0.035	0.010	0.083
10	0.045	0.052	0.075
ค่าเฉลี่ย \pm SE	0.027 ± 0.003^a	0.043 ± 0.002^b	0.075 ± 0.001^c

หมายเหตุ ตัวเลขในแถวเดียวกันที่กำกับด้วยตัวอักษรต่างกันแสดงว่ามีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$)



รูปที่ 18 ปริมาณของไลโซไซม์ต่อปริมาณของไซโตพลาสซึม 100,000 ลูกบาศก์ไมโครเมตร ในอมิบาที่ได้รับสารละลายเนฟทาไลน์ความเข้มข้น 8.85 มิลลิกรัม/ลิตร เป็นเวลา 0 (การทดลองควบคุม), 3 และ 12 ชั่วโมง (ค่าเฉลี่ย \pm SE, n = 10)

3.5 จำนวนไลโซไซม์ของอมิบา

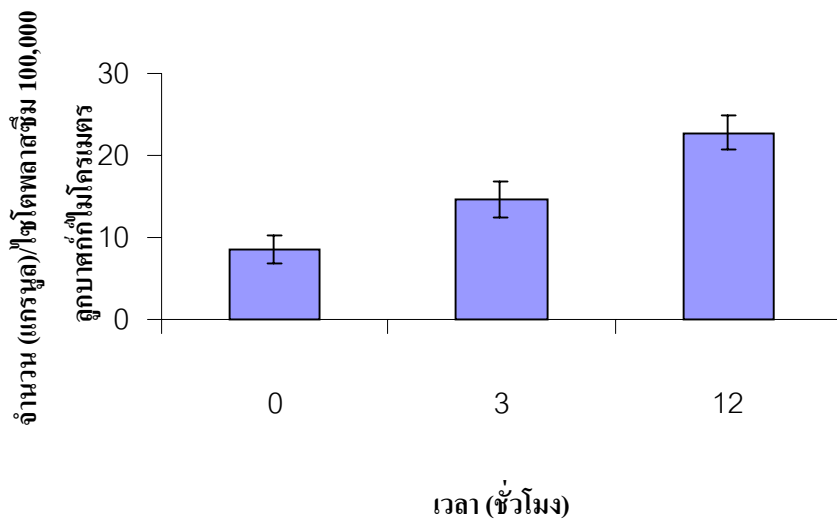
จากการคำนวณจำนวนไลโซไซม์ด้วยวิธีสเตอริโอโลยี พบว่า อมิบาในการทดลองควบคุมมีจำนวนไลโซไซม์เท่ากับ 3.3 - 17.2 แกรนูล (granule) ต่อไซโตพลาสซึม 100,000 ลูกบาศก์ไมโครเมตร ค่าเฉลี่ยเท่ากับ 8.52 แกรนูล ความคลาดเคลื่อนมาตรฐานเท่ากับ 1.66 ส่วนจำนวนไลโซไซม์ของอมิบาที่ได้รับสารละลายเนฟทาไลน์มีจำนวนเพิ่มมากขึ้นเมื่อเวลาที่อมิบาได้รับสารละลายเนฟทาไลน์เพิ่มขึ้น โดยในอมิบาที่ได้รับสารละลายเนฟทาไลน์เป็นเวลา 3 ชั่วโมงมีจำนวนไลโซไซม์เท่ากับ 5.2 - 24.8 แกรนูลต่อปริมาณของไซโตพลาสซึม 100,000 ลูกบาศก์ไมโครเมตร มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 14.61 แกรนูล ความคลาดเคลื่อนมาตรฐานเท่ากับ 2.26 และจำนวนไลโซไซม์ของอมิบาที่ได้รับสารละลายเนฟทาไลน์เป็นเวลา 12 ชั่วโมงมีค่าเท่ากับ 8.7 - 31.8 แกรนูลต่อปริมาณของไซโตพลาสซึม 100,000 ลูกบาศก์ไมโครเมตร ค่าเฉลี่ยเท่ากับ 22.75 แกรนูล ความคลาดเคลื่อนมาตรฐานเท่ากับ 2.14 (ตารางที่ 9)

เมื่อเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยจำนวนไลโซโซมของอมีบา พบว่า จำนวนไลโซโซมของอมีบาที่ได้รับสารละลายแนฟทาไลน์เป็นเวลา 3 ชั่วโมง มีค่ามากกว่าในการทดลองควบคุมอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$) ในขณะที่ค่าเฉลี่ยจำนวนไลโซโซมของอมีบาที่ได้รับสารละลายแนฟทาไลน์เป็นเวลา 12 ชั่วโมงมีค่ามากที่สุดและมีค่ามากกว่าอมีบาที่ได้รับสารละลายแนฟทาไลน์เป็นเวลา 3 ชั่วโมงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$) (ตารางที่ 9 และรูปที่ 19)

ตารางที่ 9 จำนวนของไลโซโซมต่อปริมาตรของไซโตพลาสซึม 100,000 ลูกบาศก์ไมโครเมตร ในอมีบาที่ได้รับสารละลายแนฟทาไลน์ความเข้มข้น 8.85 มิลลิกรัม/ลิตร เป็นเวลา 0 (การทดลองควบคุม) 3 และ 12 ชั่วโมง ($n = 10$)

ซ้ำที่	จำนวนไลโซโซม (แกรนูล) /ปริมาตรของไซโตพลาสซึม 100,000 ลูกบาศก์ไมโครเมตร		
	0 ชั่วโมง (การทดลองควบคุม)	3 ชั่วโมง	12 ชั่วโมง
1	17.2	22.1	24.7
2	3.3	17.4	20.2
3	9.3	14.0	20.2
4	3.3	22.9	31.8
5	9.3	14.0	24.7
6	4.6	8.1	16.0
7	3.3	24.8	29.4
8	6.1	5.2	8.7
9	14.4	12.4	24.7
10	14.4	5.2	27.1
ค่าเฉลี่ย \pm SE	8.52 ± 1.66^a	14.61 ± 2.26^b	22.75 ± 2.14^c

หมายเหตุ ตัวเลขในแถวเดียวกันที่กำกับด้วยตัวอักษรต่างกันแสดงว่ามีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$)



รูปที่ 19 จำนวนของไลโซไซม์ต่อปริมาตรของไลโซเฟลลาสซีม 100,000 ดูบาศก์ไมโครเมตรในอิมบัที่ได้รับสารละลายแนฟทาไลน์ความเข้มข้น 8.85 มิลลิกรัม/ลิตร เป็นเวลา 0 (การทดลองควบคุม) 3 และ 12 ชั่วโมง (ค่าเฉลี่ย \pm SE, n = 10)