ผลกระทบของ Linear Alkylbenzene Sulfonate (LAS) ต่อการตอบสนองระดับเซลล์ของปูม้า

วิภาดา กิตยารักษ์

มหาวิทยาลัยบูรพา
Burapha University

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต
สาขาวิชาวิทยาศาสตร์สิ่งแวดล้อม
บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยบูรพา
มิถุนายน 2550
ลิขสิทธิ์เป็นของมหาวิทยาลัยบูรพา

คณะกรรมการควบคุมวิทยานิพนธ์และคณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์ ได้พิจารณาวิทยานิพนธ์ของ วิภาดา กิตยารักษ์ ฉบับนี้แล้ว เห็นสมควรรับเป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาวิทยาศาสตร์สิ่งแวดล้อม ของมหาวิทยาลัยบูรพาได้

คณะกรรมการควบคุมวิทยานิพนธ์

..... อาจารย์ที่ปรึกษาหลัก

(ดร.กรประภา กาญจนะ)

..... อาจารย์ที่ปรึกษาร่วม

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.พิชาญ สว่างวงศ์)

..... อาจารย์ที่ปรึกษาร่วม

(ดร.พอจิต นันทนาวัฒน์)

คณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์

..... ประธาน

(ดร.นันทิกา คงเจริญพร)

..... กรรมการ

(ดร.กรประภา กาญจนะ)

..... กรรมการ

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.พิชาญ สว่างวงศ์)

..... กรรมการ

(ดร.พอจิต นันทนาวัฒน์)

..... กรรมการ

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.สมรรถชัย สารถวัลย์แพศย์)

บัณฑิตวิทยาลัยอนุมัติให้รับวิทยานิพนธ์ฉบับนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาวิทยาศาสตร์สิ่งแวดล้อม ของมหาวิทยาลัยบูรพา

..... คณบดีบัณฑิตวิทยาลัย

(รองศาสตราจารย์ ดร.ประทุม ม่วงมี)

วันที่ 25 เดือน มิถุนายน พ.ศ. 2550

มหาวิทยาลัยบูรพา Burapha University

ประกาศคุณูปการ

วิทยานิพนธ์ฉบับนี้สำเร็จลงได้ด้วยดี เนื่องจากได้รับความกรุณาให้คำปรึกษาและแนะนำแนวทางในการศึกษา แก้ไขข้อบกพร่องต่าง ๆ เป็นอย่างดียิ่งจาก ดร.กรประภา กาญจนะ อาจารย์ที่ปรึกษาหลัก ดร.พอจิต นันทนาวัฒน์ และผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.พิชาญ สว่างวงศ์ อาจารย์ที่ปรึกษาร่วม ซึ่งทำให้ผู้วิจัยได้รับแนวทางในการศึกษาค้นคว้าหาความรู้ และประสบการณ์อย่างกว้างขวางในการทำวิทยานิพนธ์ในครั้งนี้ ผู้วิจัยรู้สึกซาบซึ้งเป็นอย่างยิ่ง จึงขอกราบขอบพระคุณเป็นอย่างสูงไว้ ณ โอกาสนี้

ขอขอบคุณภาควิชาเทคโนโลยีชีวภาพ และภาควิชาวาริชศาสตร์ ที่ให้ความอนุเคราะห์สถานที่ และอุปกรณ์บางส่วนในการทำวิทยานิพนธ์

ขอกราบขอบพระคุณ คุณพ่อ คุณแม่ และพี่ ๆ เพื่อน ๆ ทุกคนที่ให้กำลังใจ และคำแนะนำ สนับสนุนผู้วิจัยตลอดมา

วิภาดา กิตยารักษ์

มหาวิทยาลัยบูรพา Burapha University

45912027: สาขาวิชา: วิทยาศาสตร์สิ่งแวดล้อม; วท.ม (วิทยาศาสตร์สิ่งแวดล้อม)
คำสำคัญ: ลิเนียอัลคิลเบนซีนซัลโฟเนต/ คะตะเลส/ กลูตาไธโอนเอสทรานเฟอเรส/ อะซิติวโคลีนเนสเตอเรส/ ความเสถียรภาพของเยื่อหุ้มไลโซโซม/ ดัชนีชี้วัดทางชีวภาพ

วิภาดา กิตยารักษ์: ผลกระทบของ LINEAR ALKYLBENZENE SULFONATES (LAS) ต่อการตอบสนองระดับเซลล์ของปูม้า (EFFECT OF LINEAR ALKYLBENZENE SULFONATES (LAS) ON CELLULAR RESPONSE OF THE BLUE SWIMMING CRAB (*Portunus Pelagicus*) คณะกรรมการควบคุมวิทยานิพนธ์: กรประภา กาญจนะ, Ph.D., พิชาญ สว่างวงศ์, Ph.D., พอจิต นันทนาวัฒน์, Ph.D. 92 หน้า. ปี พ.ศ. 2550

การวิจัยครั้งนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาถึงการใช้การตอบสนองระดับเซลล์ของปูม้า เพื่อใช้เป็นดัชนีชี้วัดถึงการปนเปื้อนของ LAS ในแหล่งน้ำ โดยวัดการตอบสนองของปูม้าเพศผู้ เมื่อได้รับสาร LAS ที่ความเข้มข้น 0, 10, 20, 30, 40 และ 50 มิลลิกรัมต่อลิตร ที่ระยะเวลา 3, 6, 12 และ 24 ชั่วโมง ศึกษาถึงการทำงานของเอนไซม์ต้านอนุมูลอิสระ ได้แก่ เอนไซม์คะตะเลส (EC 1.11.1.6) เอนไซม์กลูตาไธโอนเอสทรานเฟอเรส (EC 2.5.1.18) เอนไซม์อะซิติวโคลีนเนสเตอเรส (EC 3.1.1.7) ในตับอ่อน เหงือก และเลือด ตามลำดับ และวัดความเสถียรภาพของเยื่อหุ้มไลโซโซม ปริมาณฮีโมไซยานิน แบบแผนโปรตีนในเลือด ซึ่งผลของการศึกษาพบว่า การทำงานของเอนไซม์คะตะเลสเพิ่มสูงขึ้นในเหงือกและตับอ่อน ที่ความเข้มข้นของ LAS ตั้งแต่ 20 และ 30 มิลลิกรัมต่อลิตร ที่ระยะเวลาการได้รับ LAS ตั้งแต่ 12 ชั่วโมง อีกทั้งการทำงานของเอนไซม์อะซิติวโคลีนเนสเตอเรส เพิ่มสูงขึ้นในเลือดและเหงือกที่ความเข้มข้น LAS ตั้งแต่ 30 มิลลิกรัมต่อลิตร ที่เวลาการได้รับที่ 12 และ 24 ชั่วโมง แต่ไม่พบการเปลี่ยนแปลงของเอนไซม์กลูตาไธโอนเอสทรานเฟอเรส ทั้งในเลือด เหงือก และตับอ่อน ส่วนการวัดความเสถียรภาพของเยื่อหุ้มไลโซโซม พบว่า มีการตอบสนองต่อ LAS ที่รวดเร็ว ตั้งแต่ความเข้มข้น LAS เท่ากับ 10 มิลลิกรัมต่อลิตร ที่ระยะเวลา 6 ชั่วโมงเป็นต้นไป แต่อย่างไรก็ตาม ปริมาณฮีโมไซยานิน และแบบแผนโปรตีน ไม่พบความแตกต่าง เมื่อเทียบกับชุดควบคุมในทุก ๆ ความเข้มข้น และทุกเวลาการได้รับ LAS

มหาวิทยาลัยบูรพา Burapha University

45912027: MAJOR: ENVIRONMENTAL SCIENCE; M.Sc. (ENVIRONMENTAL SCIENCE)

KEYWORDS: LINEAR ALKYLBENZENE SULFONATES/ CATALASE/ GLUTATHIONE-S-TRANSFERASE/ ACETYLCHOLINEARASE/ LYSOSOMAL MEMBRANE STABILITY/ BIOMARKER.

WIPADA KITAYARUK: EFFECT OF LINEAR ALKYLBENZENE SULFONATES (LAS) ON CELLULAR RESPONSE OF THE BLUE SWIMMING CRAB (*Portunus Pelagicus*). ADVISORY COMMITTEE: KORNPRABHA KHANCHANA, Ph.D., PICHAN SAWANGWONG, Ph.D., PHOCHIT NANTANAWAT, Ph.D. 92 P. 2007.

The objective of this study was to investigate the potential use of cellular responses of *Protunus pelagicus* as a biomarker for the presense of LAS in an aquatic environment. The male blue swimming crabs were exposed to an anion surfactant linear alkylbenzene sulfonates (LAS) at 10, 20, 30, 40 and 50 mg-LAS/ L for 3, 6, 12 and 24 hours respectively, with one control group. The activity of the antioxidant defense enzymes catalase (CAT, EC 1.11.1.6) and glutathione-s-transferase (GST, EC 2.5.1.18) and acetycholinesterase (AChE, EC 3.1.1.7) were determined in hepatopancreas, gill and blood. The lysosomal stability, hemocyanin concentration and protein pattern in haemolymph were also measured. An increase in catalase activity in both gill and hepatopancrease was observed when exposed to 20 and 30 mg/ L LAS for 12 hour, respectively. In addition, the elevated level of acetycholinesterase activity was shown in blood and gill at 30 mg-LAS/ L for 12 and 24 hour expoures while no alteration of glutathione-s-tranferase activity was obtained in blood, gill, or hepatopancrease. The lysosomal stability was shown as the earliest response. The alteration could be observed at 10 mg-LAS/ L and only 6 hour exposure. However, the hemocyanin concentration and protein pattern showed a similar pattern as the control set.

มหาวิทยาลัยบูรพา Burapha University

สารบัญ

หน้า

บทคัดย่อภาษาไทย..... ง

บทคัดย่อภาษาอังกฤษ..... จ

สารบัญ..... ฉ

สารบัญตาราง..... ซ

สารบัญภาพ..... ฌ

บทที่

1 บทนำ..... 1

ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา..... 1

วัตถุประสงค์ของการวิจัย..... 3

สมมติฐานของการวิจัย..... 3

ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ..... 3

ขอบเขตของการวิจัย..... 4

2 เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง..... 5

Linear Alkylbenzene Sulfonates (LAS)..... 5

ดัชนีชี้วัดทางชีวภาพ..... 15

ปูม้า..... 24

3 วิธีดำเนินการวิจัย..... 26

สถานที่ในการวิจัย..... 26

อุปกรณ์สำหรับวิจัย..... 26

สารเคมี..... 26

ตัวอย่างสัตว์วิจัย..... 26

การดำเนินการวิจัย..... 27

วิธีเตรียมตัวอย่างสำหรับวิเคราะห์..... 27

การวิเคราะห์เอนไซม์..... 28

การวิเคราะห์ Lysosomal Membrane Stability ด้วยวิธี Neutral Red Retention..... 29

การวิเคราะห์ปริมาณโปรตีน..... 30

การวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติ..... 31

มหาวิทยาลัยบูรพา Burapha University

สารบัญ (ต่อ)

บทที่	หน้า
4 ผลการวิจัย	32
การทดสอบเปรียบเทียบระหว่างระยะเวลาการพักปรับสภาพปูม้า ที่ 0 และ 3 วัน	32
การเปลี่ยนแปลงการทำงานของเอนไซม์คะตะเลสในเลือด ตับอ่อน และเหงือกของปูม้า เมื่อได้รับ LAS ที่ความเข้มข้น และเวลาต่างกัน	33
การเปลี่ยนแปลงการทำงานของเอนไซม์กลูตาไธโอนเอสทรานเฟอเรส ในเลือด ตับอ่อน และเหงือก ของปูม้า เมื่อได้รับ LAS ที่ความเข้มข้น และเวลาต่างกัน	39
การเปลี่ยนแปลงการทำงานของเอนไซม์อะซิทิลโคลีนเอสเทอเรส ใน เลือด ตับอ่อน และเหงือก ของปูม้าเพศผู้ เมื่อได้รับ LAS ที่ความเข้มข้น และเวลาต่างกัน	45
การเปลี่ยนแปลงเสถียรภาพของเยื่อหุ้มไลโซโซมในเลือด โดยวิธี Neutral Red Retention Time เมื่อได้รับ LAS ที่ความเข้มข้นและเวลาต่างกัน	51
ปริมาณของฮีโมไซยานินในเลือดของปูม้า เพศผู้ ที่ได้รับ LAS ที่ความเข้มข้น และเวลาต่างกัน	54
5 อภิปรายและสรุปผล	58
ผลของ LAS ต่อการทำงานของเอนไซม์คะตะเลสในปูม้า เพศผู้	58
ผลของ LAS ต่อการทำงานของเอนไซม์กลูตาไธโอนเอสทรานเฟอเรส	64
ผลของ LAS ต่อการทำงานของเอนไซม์อะซิทิลโคลีนเอสเตอเรส	65
ผลของ LAS ต่อความเสถียรภาพของเยื่อหุ้มไลโซโซม	65
ผลของ LAS ต่อความเข้มข้นของฮีโมไซยานิน และแบบแผนในเลือดปูม้า	67
ข้อเสนอแนะ	68
บรรณานุกรม	69
ภาคผนวก	80
ภาคผนวก ก	81
ภาคผนวก ข	86
ภาคผนวก ค	90
ประวัติย่อของผู้วิจัย	92

มหาวิทยาลัยบูรพา Burapha University

สารบัญตาราง

ตารางที่ หน้า

1 ปริมาณการใช้ LAS ต่อคนต่อวัน ในแต่ละประเทศ..... 7

2 เปรียบเทียบระหว่างระยะเวลาการพักปรับสภาพปูม้า ที่ 0 และ 3 วัน..... 33

มหาวิทยาลัยบูรพา Burapha University

สารบัญภาพ

ภาพที่		หน้า
1	โครงสร้างของ LAS	5
2	เปอร์เซ็นต์การใช้ LAS ปี 1990 ในประเทศแถบต่าง ๆ.....	6
3	การใช้ LAS เป็นส่วนประกอบของผงซักฟอก.....	7
4	กระบวนการย่อยสลายของ LAS.....	9
5	การตอบสนองที่ระดับต่างกันของสิ่งมีชีวิตต่อสารพิษ.....	16
6	กลไกการขจัดสารพิษของกลูตาไธโอนเอสทรานเฟอเรส.....	19
7	การเปลี่ยนแปลงการทำงานของเอนไซม์อะซิทิลโคลีนเอสเทอเรส ในสิ่งมีชีวิตที่ได้รับสารพิษ.....	20
8	ผลกระทบของความเครียดต่อไลโซโซม.....	22
9	โครงสร้างของฮีโมไซยานินซึ่งประกอบด้วยทองแดง.....	23
10	ลักษณะของปูม้า.....	25
11	การตอบสนองของการเปลี่ยนแปลงการทำงานของเอนไซม์คะตะเลส ในตับอ่อนของปูม้า เมื่อได้รับความเข้มข้นของ LAS ที่ระยะเวลา 3 ชั่วโมง.....	35
12	การตอบสนองของการเปลี่ยนแปลงการทำงานของเอนไซม์คะตะเลส ในตับอ่อนของปูม้า เมื่อได้รับความเข้มข้นของ LAS ที่ระยะเวลา 6 ชั่วโมง.....	36
13	การตอบสนองของการเปลี่ยนแปลงการทำงานของเอนไซม์คะตะเลส ในตับอ่อนของปูม้า เมื่อได้รับความเข้มข้นของ LAS ที่ระยะเวลา 12 ชั่วโมง.....	36
14	การตอบสนองของการเปลี่ยนแปลงการทำงานของเอนไซม์คะตะเลส ในตับอ่อนของปูม้า เมื่อได้รับความเข้มข้นของ LAS ที่ระยะเวลา 24 ชั่วโมง.....	37
15	การตอบสนองของการเปลี่ยนแปลงการทำงานของเอนไซม์ คะตะเลส ในเหงือกของปูม้า เมื่อได้รับความเข้มข้นของ LAS ที่ระยะเวลา 3 ชั่วโมง.....	37
16	การตอบสนองของการเปลี่ยนแปลงการทำงานของเอนไซม์ คะตะเลส ในเหงือกของปูม้า เมื่อได้รับความเข้มข้นของ LAS ที่ระยะเวลา 6 ชั่วโมง.....	38
17	การตอบสนองของการเปลี่ยนแปลงการทำงานของเอนไซม์คะตะเลส ในเหงือกของปูม้า เมื่อได้รับความเข้มข้นของ LAS ที่ระยะเวลา 12 ชั่วโมง.....	38
18	การตอบสนองของการเปลี่ยนแปลงการทำงานของเอนไซม์คะตะเลส ในเหงือกของปูม้า เมื่อได้รับความเข้มข้นของ LAS ที่ระยะเวลา 24 ชั่วโมง.....	39

มหาวิทยาลัยบูรพา Burapha University

สารบัญภาพ (ต่อ)

ภาพที่ หน้า

19 การตอบสนองของการเปลี่ยนแปลงการทำงานของเอนไซม์กลูตาไธโอนเอส ทรานเฟอเรส ในเลือดของปูม้า เมื่อได้รับความเข้มข้นของ LAS ระยะเวลา 6 ชั่วโมง..... 41

20 การตอบสนองของการเปลี่ยนแปลงการทำงานของเอนไซม์กลูตาไธโอนเอส ทรานเฟอเรส ในเลือดของปูม้า เมื่อได้รับความเข้มข้นของ LAS ที่ ระยะเวลา 12 ชั่วโมง..... 41

21 การตอบสนองของการเปลี่ยนแปลงการทำงานของเอนไซม์กลูตาไธโอนเอส ทรานเฟอเรส ในเลือดของปูม้า เมื่อได้รับความเข้มข้นของ LAS ที่ระยะเวลา 24 ชั่วโมง..... 42

22 การตอบสนองของการเปลี่ยนแปลงการทำงานของเอนไซม์กลูตาไธโอนเอส ทรานเฟอเรส ในตับอ่อนของปูม้า เมื่อได้รับความเข้มข้นของ LAS ที่ระยะเวลา 6 ชั่วโมง..... 42

23 การตอบสนองของการเปลี่ยนแปลงการทำงานของเอนไซม์กลูตาไธโอนเอส ทรานเฟอเรส ในตับอ่อนของปูม้า เมื่อได้รับความเข้มข้นของ LAS ที่ระยะเวลา 12 ชั่วโมง..... 43

24 การตอบสนองของการเปลี่ยนแปลงการทำงานของเอนไซม์กลูตาไธโอนเอส ทรานเฟอเรส ในตับอ่อนของปูม้า เมื่อได้รับความเข้มข้นของ LAS ที่ระยะเวลา 24 ชั่วโมง..... 43

25 การตอบสนองของการเปลี่ยนแปลงการทำงานของเอนไซม์กลูตาไธโอนเอส ทรานเฟอเรส ในเหงือกของปูม้า เมื่อได้รับความเข้มข้นของ LAS ที่ระยะเวลา 6 ชั่วโมง..... 44

26 การตอบสนองของการเปลี่ยนแปลงการทำงานของเอนไซม์กลูตาไธโอนเอส ทรานเฟอเรส ในเหงือกของปูม้า เมื่อได้รับความเข้มข้นของ LAS ที่ระยะเวลา 12 ชั่วโมง..... 44

27 การตอบสนองของการเปลี่ยนแปลงการทำงานของเอนไซม์กลูตาไธโอนเอส ทรานเฟอเรส ในเหงือกของปูม้า เมื่อได้รับความเข้มข้นของ LAS ที่ระยะเวลา 24 ชั่วโมง..... 45

มหาวิทยาลัยบูรพา Burapha University

สารบัญภาพ (ต่อ)

ภาพที่ หน้า

28 การตอบสนองของการเปลี่ยนแปลงการทำงานของเอนไซม์อะซิทิลโคลีนเอสเทอเรส ในเลือดของปูม้า เมื่อได้รับความเข้มข้นของ LAS ที่ระยะเวลา 6 ชั่วโมง..... 47

29 การตอบสนองของการเปลี่ยนแปลงการทำงานของเอนไซม์อะซิทิลโคลีนเอสเทอเรส ในเลือดของปูม้า เมื่อได้รับความเข้มข้นของ LAS ที่ระยะเวลา 12 ชั่วโมง..... 47

30 การตอบสนองของการเปลี่ยนแปลงการทำงานของเอนไซม์อะซิทิลโคลีนเอสเทอเรส ในเลือดของปูม้า เมื่อได้รับความเข้มข้นของ LAS ที่ระยะเวลา 24 ชั่วโมง..... 48

31 การตอบสนองของการเปลี่ยนแปลงการทำงานของเอนไซม์อะซิทิลโคลีนเอสเทอเรส ในตับอ่อนของปูม้า เมื่อได้รับความเข้มข้นของ LAS ที่ระยะเวลา 6 ชั่วโมง..... 48

32 การตอบสนองของการเปลี่ยนแปลงการทำงานของเอนไซม์อะซิทิลโคลีนเอสเทอเรส ในตับอ่อนของปูม้า เมื่อได้รับความเข้มข้นของ LAS ที่ระยะเวลา 12 ชั่วโมง..... 49

33 การตอบสนองของการเปลี่ยนแปลงการทำงานของเอนไซม์อะซิทิลโคลีนเอสเทอเรส ในตับอ่อนของปูม้า เมื่อได้รับความเข้มข้นของ LAS ที่ระยะเวลา 24 ชั่วโมง..... 49

34 การตอบสนองของการเปลี่ยนแปลงการทำงานของเอนไซม์อะซิทิลโคลีนเอสเทอเรส ในเหงือกของปูม้า เมื่อได้รับความเข้มข้นของ LAS ที่ระยะเวลา 6 ชั่วโมง..... 50

35 การตอบสนองของการเปลี่ยนแปลงการทำงานของเอนไซม์อะซิทิลโคลีนเอสเทอเรส ในเหงือกของปูม้า เมื่อได้รับความเข้มข้นของ LAS ที่ระยะเวลา 12 ชั่วโมง..... 50

36 การตอบสนองของการเปลี่ยนแปลงการทำงานของเอนไซม์อะซิทิลโคลีนเอสเทอเรส ในเหงือกของปูม้า เมื่อได้รับความเข้มข้นของ LAS ที่ระยะเวลา 24 ชั่วโมง..... 51

37 การติดสีไลโซโซม..... 52

38 การตอบสนองการเปลี่ยนแปลงเสถียรภาพของเยื่อหุ้มไลโซโซมในเลือด ของปูม้า เมื่อได้รับความเข้มข้นของ LAS ที่ระยะเวลา 3 ชั่วโมง..... 52

39 การตอบสนองการเปลี่ยนแปลงเสถียรภาพของเยื่อหุ้มไลโซโซมในเลือด ของปูม้า เมื่อได้รับความเข้มข้นของ LAS ที่ระยะเวลา 6 ชั่วโมง..... 53

40 การตอบสนองการเปลี่ยนแปลงเสถียรภาพของเยื่อหุ้มไลโซโซมในเลือด ของปูม้า เมื่อได้รับความเข้มข้นของ LAS ที่ระยะเวลา 12 ชั่วโมง..... 53

41 การตอบสนองการเปลี่ยนแปลงเสถียรภาพของเยื่อหุ้มไลโซโซมในเลือด ของปูม้า เมื่อได้รับความเข้มข้นของ LAS ที่ระยะเวลา 24 ชั่วโมง..... 54

42 ปริมาณของฮีโมไซยานินในเลือด ของปูม้าเพศผู้ เมื่อได้รับความเข้มข้นของ LAS ที่ระยะเวลา 6 ชั่วโมง..... 55

มหาวิทยาลัยบูรพา Burapha University

สารบัญภาพ (ต่อ)

ภาพที่		หน้า
43	ปริมาณของฮีโมไซยานินในเลือด ของปูม้าเพศผู้ เมื่อได้รับความเข้มข้นของ LAS ที่ระยะเวลา 12 ชั่วโมง	56
44	ปริมาณของฮีโมไซยานินในเลือด ของปูม้าเพศผู้ เมื่อได้รับความเข้มข้นของ LAS ที่ระยะเวลา 24 ชั่วโมง	56
45	แบบแผนโปรตีนฮีโมไซยานินในเลือดของปูม้า ที่ได้รับ LAS ความเข้มข้น ต่างกัน	57
46	เปอร์เซ็นต์การเพิ่มขึ้นของเอนไซม์คะตะเลส ในตับอ่อนและเหงือกของปูม้า ในสภาวะที่มี LAS	63
47	การวัดค่าการดูดกลืนแสงของการทำงานเอนไซม์คะตะเลส	87
48	การวัดค่าการดูดกลืนแสงของการทำงานเฮนไซม์กลูตาไธโอนเอสทรานเฟอเรส	88
49	การวัดค่าการดูดกลืนแสงของเอนไซม์อะซิทิลโคลีนเอสเทอเรส	89
50	โปรตีนมาตรฐานระหว่างค่าน้ำหนักโมเลกุล และค่าการเคลื่อนที่สัมพันธ์	91

มหาวิทยาลัยบูรพา Burapha University