การศึกษาเซอรูโลพลาสมินเพื่อเป็นตัวบ่งชี้ชีวภาพของปริมาณตะกั่วในเลือด

นางสาววารินทร์ ลีลาคุณากร

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต
สหสาขาวิชาวิทยาศาสตร์สภาวะแวดล้อม
บัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
ปีการศึกษา 2541

ISBN 974-639-672-2

ลิขสิทธิ์ของบัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

I14336917

STUDY OF CERULOPLASMIN AS A BIOMARKER FOR BLOOD LEAD LEVEL

MISS WARIN LEELAKUNAKORN

A Thesis Submitted in Partial Fulfillment of the Requirements

for the Degree of Master of Science in Environmental Science

Inter–Department of Environmental Science

Graduate School

Chulalongkorn University

Academic Year 1998

หัวข้อวิทยานิพนธ์ การศึกษาเซอรูโลพลาสมินเพื่อเป็นตัวบ่งชี้ชีวภาพของปริมาณตะกั่วในเลือด
โดย นางสาววารินทร์ ลีลาคุณากร
สหสาขาวิชา วิทยาศาสตร์สภาวะแวดล้อม
อาจารย์ที่ปรึกษา ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. สุกัญญา สุนทรส

.....

บัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย อนุมัติให้นับวิทยานิพนธ์ฉบับนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญามหาบัณฑิต

..... คณบดีบัณฑิตวิทยาลัย
(ศาสตราจารย์ นายแพทย์ ศุภวัฒน์ ชุติวงศ์)

คณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์

..... ประธานกรรมการ
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. พิพัฒน์ พัฒนผลไพบูลย์)

..... อาจารย์ที่ปรึกษา
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. สุกัญญา สุนทรส)

..... กรรมการ
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. จริยา สุจารีกุล)

..... กรรมการ
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. ลัดดา ตั้งบรรลือกาล)

วารินทร์ ลีลาคุณากร: การศึกษาเซอรูโลพลาสมินเพื่อเป็นตัวบ่งชี้ชีวภาพของปริมาณตะกั่วในเลือด (STUDY OF CERULOPLASMIN AS A BIOMARKER FOR BLOOD LEAD LEVEL) อ. ที่ปรึกษา: ผศ. ดร. สุกัญญา สุนทรส, 96 หน้า, ISBN 974-639-672-2

การวินิจฉัยผู้ป่วยโรคพิษตะกั่วด้วยการวิเคราะห์ปริมาณตะกั่วในเลือดเพียงอย่างเดียวไม่อาจบ่งชี้ความเป็นพิษได้อย่างชัดเจนเพราะร่างกายแต่ละคนมีความต้านทานต่อตะกั่วต่างกัน อีกทั้งตะกั่วมีครึ่งชีวิตในกระแสเลือดสั้นเพียง 28-36 วัน จึงเหมาะที่จะใช้ชี้วัดผู้ได้รับตะกั่วใหม่ๆ เท่านั้น ปัจจุบันจึงมีการใช้เอนไซม์ซึ่งช่วยชี้วัดความเป็นพิษของตะกั่วได้อย่างชัดเจนก่อนเกิดอาการ เอนไซม์ที่มีความไวต่อตะกั่วปริมาณต่ำได้แก่อะมิโนเลวูลินิกแอซิด ดีไฮดราเตสซึ่งมีข้อจำกัดคือเปลี่ยนแปลงตามอายุ ดังนั้นการหาเอนไซม์ตัวอื่นๆ ที่สามารถบ่งชี้ความเป็นพิษของตะกั่วได้จึงเป็นประโยชน์ในการวินิจฉัยโรคพิษตะกั่ว

เซอรูโลพลาสมินเป็นโปรตีนขนส่งทองแดงในกระแสโลหิตโดยใน 1 โมเลกุลจะจับกับทองแดง 6-8 อะตอม ทองแดงนี้ช่วยให้เซอรูโลพลาสมินเร่งปฏิกิริยาออกซิเดชันแบบออกซิเดสได้ ตะกั่วสามารถไล่ที่ทองแดงและทำให้แอคติวิตีของออกซิเดสของเซอรูโลพลาสมิน (oxidase activity of ceruloplasmin) ลดลง เซอรูโลพลาสมินจึงมีศักยภาพที่จะใช้เป็นเอนไซม์ในการวินิจฉัยโรคพิษตะกั่วได้

การศึกษานี้แสดงความสัมพันธ์ของปริมาณตะกั่วในเลือดกับแอคติวิตีของออกซิเดสของเซอรูโลพลาสมิน และแอคติวิตีของอะมิโนเลวูลินิกแอซิด ดีไฮดราเตส (activity of aminolevulinic acid dehydratase) จากเลือดคนปกติ คนงานโรงพิมพ์และคนงานโรงงานแบตเตอรี จำนวน 53 ตัวอย่างพบว่าแอคติวิตีของเอนไซม์ทั้งสองลดลงเมื่อปริมาณตะกั่วเพิ่มขึ้น ค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ (r) เท่ากับ -0.6785 และ -0.8643 หมายถึงเอนไซม์ทั้งสองประมาณค่าปริมาณตะกั่วในเลือดถูกต้อง 46 และ 74.7 เปอร์เซ็นต์ตามลำดับ

พิจารณาเฉพาะตัวอย่างที่ปริมาณตะกั่วไม่เกิน 20 ไมโครกรัมต่อ 100 มิลลิลิตรพบว่าค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์เท่ากับ -0.6963 และ -0.5785 ประมาณค่าตะกั่วได้ถูกต้อง 48.5 และ 33.46 เปอร์เซ็นต์ และระดับตะกั่วที่เริ่มยับยั้งแอคติวิตีของเอนไซม์ทั้งสองเป็น 12.5 และ 10 ไมโครกรัมต่อ 100 มิลลิลิตรตามลำดับ แสดงว่าแอคติวิตีของออกซิเดสของเซอรูโลพลาสมินสามารถเป็นตัวบ่งชี้ชีวภาพของปริมาณตะกั่วในเลือดได้โดยเฉพาะที่ปริมาณตะกั่วต่ำกว่า 20 ไมโครกรัมต่อ 100 มิลลิลิตร สามารถเป็นตัวบ่งชี้ชีวภาพที่ดีกว่าแอคติวิตีของอะมิโนเลวูลินิกแอซิด ดีไฮดราเตส นอกจากนี้แอคติวิตีของออกซิเดสของเซอรูโลพลาสมินในซีรัมยังมีความคงตัวกว่า 2 สัปดาห์ที่อุณหภูมิ –20 องศาเซลเซียส ในขณะที่อุณหภูมิเดียวกันแอคติวิตีของอะมิโนเลวูลินิกแอซิด ดีไฮดราเตส ในเลือดจะลดลงกว่าครึ่งภายใน 1 สัปดาห์ การวิเคราะห์แอคติวิตีของออกซิเดสของเซอรูโลพลาสมินทำได้สะดวก รวดเร็วเพียง 20 นาที ส่วนแอคติวิตีของอะมิโนเลวูลินิกแอซิด ดีไฮดราเตสใช้เวลาถึง 2 ชั่วโมง

ภาควิชา .....สหสาขา..... ลายมือชื่อนิสิต .....วารินทร์ ลีลาคุณากร.....

สาขาวิชา .....วิทยาศาสตร์สภาวะแวดล้อม..... ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษา .....

ปีการศึกษา .....2541..... ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษาร่วม .....

ศูนย์วิทยทรัพยากร จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

C826981 : MAJOR ENVIRONMENTAL SCIENCE
KEY WORD:
CERULOPLASMIN/ AMINOLEVULINIC ACID DEHYDRATASE/
WARIN LEELAKUNAKORN: STUDY OF CERULOPLASMIN AS A BIOMARKER FOR BLOOD LEAD LEVEL. THESIS ADVISOR: ASST. PROF. SUGANYA SOONTAROS, Ph.D. 96 pp. ISBN 974-639-672-2

Blood lead level alone can not be used to diagnose lead toxicity precisely in human, due to different resistance in each individual and a short half life of lead in blood circulation (28 - 36 days). Enzyme aminolevulinic acid dehydratase (ALA-D) has been routinely used for screening of lead intoxication. However, variation of the activity with age limits the use of ALA-D. Therefore, enzyme(s) serve as biomarker for lead toxicity would be advantage.

Ceruloplasmin is a copper-transporting protein in blood which 6 - 8 atoms of Cu bind to and serve as important co-factor for oxidase activity (Kaldor, 1983). The copper can be replaced by lead with a concomitant decrease in oxidase activity (Rosawan, 1996). Therefore, this protein could be served as lead intoxication biomarker.

This study shows the relationship between the blood lead level and the activities of ALA-D and ceruloplasmin's oxidase from workers from battery and printing factories compared to control group. Both enzyme activities are reduced when blood lead level is increased (threshold of 10.0 and 12.5 μg/100 ml respectively), with correlation coefficient of -0.8643 and -0.6785 which accurately estimates the blood lead level of 74.7% and 46.0%, respectively. When lead level are less than 20 μg/100 ml, correlation coefficient of –0.5785 and -0.6963 suggesting that ceruloplasmin may serve as a better biomarker than ALA-D. Moreover, ceruloplasmin is more stable at –20 ° C, more than 2 weeks, compared to less than 7 days in latter. The procedure for ceruloplasmin activity determination is also much more convenient and rapid.

ภาควิชา INTERDEPARTMENT ลายมือชื่อนิสิต วารินทร์ ลีลากุณากร

สาขาวิชา ENVIRONMENTAL SCIENCE ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษา

ปีการศึกษา 1998 ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษาร่วม

กิตติกรรมประกาศ

วิทยานิพนธ์ฉบับนี้สำเร็จลุล่วงได้ด้วยความช่วยเหลือและสนับสนุนจากผู้เกี่ยวข้องหลายฝ่าย ผู้วิจัยขอกราบขอบพระคุณผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. สุกัญญา สุนทรส อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ ผู้ให้คำแนะนำและข้อคิดเห็นที่เป็นประโยชน์ต่องานวิจัยในทุกด้าน ตลอดจนตรวจแก้ไขรายละเอียดต่างๆ ของวิทยานิพนธ์จนสำเร็จสมบูรณ์ได้

ขอกราบขอบพระคุณ ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. พิพัฒน์ พัฒนผลไพบูลย์ ประธานกรรมการการสอบวิทยานิพนธ์ ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. จริยา สุจารีกุล และผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. ลัดดา ตั้งบรรลือกาล ที่กรุณาสละเวลาเพื่อเป็นกรรมการสอบและแก้ไขวิทยานิพนธ์ฉบับนี้ให้สมบูรณ์ยิ่งขึ้น

ขอขอบพระคุณสหสาขาวิชาวิทยาศาสตร์สภาวะแวดล้อม บัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย และมูลนิธิชิน โสภณพนิช ที่สนับสนุนทุนอุดหนุนการวิจัยส่วนหนึ่งในการทำวิทยานิพนธ์ครั้งนี้

ขอขอบคุณภาควิชาชีวเคมี คณะวิทยาศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย สำหรับความอนุเคราะห์ความสะดวกในการใช้ห้องปฏิบัติการวิจัย

สุดท้ายนี้ผู้วิจัยขอขอบคุณเพื่อนๆ ชาวสหสาขาวิชาวิทยาศาสตร์สภาวะแวดล้อมที่ให้กำลังใจ และช่วยเหลือจนกระทั่งสำเร็จการศึกษา เหนือสิ่งอื่นใดขอบพระคุณพระเจ้าที่ให้กำลังและนำชีวิต

สารบัญ

หน้า

บทคัดย่อภาษาไทย.....ง
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ.....จ
กิตติกรรมประกาศ.....ฉ
สารบัญตาราง.....ฏ
สารบัญรูป.....ฐ
บทที่
1 บทนำ..... 1
2 การตรวจเอกสาร..... 4
2.1 การใช้ประโยชน์จากตะกั่ว และปัญหาการเกิดพิษ..... 4
2.1.1 สารประกอบตะกั่วอนินทรีย์.....4
2.1.1.1 โลหะตะกั่ว.....4
2.1.1.2 ตะกั่วออกไซด์.....4
2.1.1.3 สารประกอบเกลือของตะกั่ว.....4
2.1.2 สารประกอบตะกั่วอินทรีย์..... 5
2.2 บุคคลที่เสี่ยงต่อการเกิดโรคพิษตะกั่ว.....5
2.2.1 บุคคลที่ประกอบอาชีพเกี่ยวข้องกับตะกั่ว..... 6
2.2.2 บุคคลทั่วไป..... 6
2.3 ตะกั่วในร่างกายมนุษย์..... 7
2.3.1 การดูดซึม..... 7
2.3.2 การกระจายตัว และการสะสม..... 8
2.3.3 การขับถ่าย..... 8
2.4 พิษของตะกั่วต่อระบบต่างๆ ในร่างกาย..... 9
2.4.1 ผลต่อเยื่อหุ้มเซลล์..... 9
2.4.2 ผลต่อการสร้างฮีมและฮีโมโกลบิน..... 9
2.4.3 ผลทางโลหิตวิทยาอื่นๆ..... 11

สารบัญ (ต่อ)

หน้า

2.4.4 ผลต่อไต..... 12
2.4.5 ผลต่อสมองและระบบประสาท..... 13
2.4.6 ผลต่อสารพันธุกรรม..... 13
2.4.7 เป็นสารก่อมะเร็ง..... 13
2.4.8 ผลต่อภาวะสมดุลย์ในกระดูก..... 14
2.5 ตัวบ่งชี้ทางชีวภาพ (biomarker) ของตะกั่วในมนุษย์..... 14
2.5.1 ปริมาณตะกั่วในเลือด..... 14
2.5.2 ปริมาณตะกั่วในกระดูกและฟัน..... 17
2.5.3 ปริมาณตะกั่วในปัสสาวะ..... 18
2.5.4 ปริมาณตะกั่วในเส้นผม..... 18
2.5.5 ปัจจัยของกระบวนการสังเคราะห์ฮีม และฮีโมโกลบิน..... 18
2.5.5.1 อะมิโนเลวูลินิกแอซิดดีไฮดราเตส (aminolevulinic acid dehydratase)... 18
2.5.5.2 ซิงค์โปรโตพอไฟริน (zinc protoporphyrin)..... 19
2.5.5.3 อะมิโนเลวูลินิก แอซิด ในปัสสาวะ (aminolevulinic acid)..... 19
2.5.6 เมตาโบลิซึมของวิตามินดี..... 19
2.6 เซอรูโลพลาสมิน (ceruloplasmin)..... 20
3 วิธีการดำเนินงานวิจัย..... 21
3.1 รูปแบบและขั้นตอนการศึกษา..... 21
3.2 เครื่องมือ-อุปกรณ์ และสารเคมี..... 21
3.2.1 เครื่องมือ และอุปกรณ์..... 21
3.2.2 สารเคมี..... 22
3.3 วิธีทำการทดลอง..... 24
3.3.1 การเก็บและการเตรียมตัวอย่าง..... 24
3.3.2 การวิเคราะห์แอคติวิตีของออกซิเดสของเซอรูโลพลาสมิน..... 25
3.3.2.1 วิธีวิเคราะห์แอคติวิตีของออกซิเดสของเซอรูโลพลาสมิน..... 25
3.3.2.2 การคาลิเบรชัน..... 26
3.3.2.3 การคำนวณแอคติวิตีของออกซิเดสจากคาลิเบรชันกราฟ..... 29

สารบัญ (ต่อ)

หน้า

3.3.3 การวิเคราะห์แอคติวิตีของอะมิโนเลวูลินิกแอซิด ดีไฮดราเตส 31
3.3.3.1 วิธีวิเคราะห์แอคติวิตีของอะมิโนเลวูลินิกแอซิด ดีไฮดราเตส..... 31
3.3.3.2 วิธีหาค่าเม็ดโลหิตแดงอัดแน่น (hematocrit)..... 32
3.3.3.3 วิธีคำนวณแอคติวิตีของอะมิโนเลวูลินิกแอซิด ดีไฮดราเตส..... 33
3.3.4 การวิเคราะห์ปริมาณตะกั่วในเลือด..... 33
3.3.4.1 การเตรียมตัวอย่างเลือดและสารละลายตะกั่วมาตรฐาน..... 33
3.3.4.2 การเตรียมเครื่อง กราไฟต์เฟอแนซอะตอมมิกแอบซอบชัน สเปกโทรโฟโตมิเตอร์.....34
3.3.4.3 การวิเคราะห์ตัวอย่างและกราฟมาตรฐานของสารละลายตะกั่ว.....35
3.3.5 วิธีวิเคราะห์ทางสถิติ.....36
3.3.5.1 วิธีวิเคราะห์สหสัมพันธ์ (Correlation).....36
3.3.5.2 วิธีวิเคราะห์การถดถอย (Regression).....38
4 ผลการวิจัยและอภิปรายผล..... 39
4.1 สภาวะที่เหมาะสมต่อการวิเคราะห์แอคติวิตีของออกซิเดสของเซอรูโลพลาสมิน ในชีรัมคน.....39
4.1.1 ผลของความเข้มข้นของสับเสตรตพาราฟีนิลีนไดอะมีน (paraphenylene diamine)39 ต่อแอคติวิตีของออกซิเดส.....39
4.1.2 ผลของความเข้มข้นของโซเดียมเอไซด์ (sodium azide) ต่อการยับยั้งแอคติวิตี ของออกซิเดส.....41
4.1.3 ความเร็วเริ่มต้นของปฏิกิริยาการออกซิไดซ์สับเสตรตของเซอรูโลพลาสมิน.....43
4.1.4 ผลของเฮปพาริน(heparin)ต่อแอคติวิตีของออกซิเดส.....46
4.1.5 ความเสถียรของแอคติวิตีของออกซิเดสที่อุณหภูมิต่างๆ..... 48
4.2 สภาวะที่เหมาะสมต่อการวิเคราะห์แอคติวิตีของ อะมิโนเลวูลินิกแอซิด ดีไฮดราเตส ในเลือดคน..... 50
4.2.1 ผลของความเข้มข้นของสับเสตรตอะมิโนเลวูลินิกแอซิดต่อการวิเคราะห์ แอคติวิตี.....50

สารบัญ (ต่อ)

หน้า

4.2.2 ความเร็วเริ่มต้นของปฏิกิริยาการเปลี่ยนสับเสตรตของอะมิโนเลวูลินิกแอซิด ดีไฮดราเตสของเลือดปริมาณต่างๆ..... 52
4.2.3 ระยะเวลาที่เหมาะสมสำหรับทำสีกับเออริชรีเอ เจนต์ (ehrlish 's reagent)..... 54
4.2.4 ความเสถียรของแอคติวิตีของ อะมิโนเลวูลินิกแอซิด ดีไฮดราเตส ที่อุณหภูมิต่างๆ..... 55
4.3 ผลของตะกั่วต่อแอคติวิตีของออกซิเดสของเซอรูโลพลาสมินบริสุทธิ์ 57
4.4 ผลของตะกั่วต่อแอคติวิตีของอะมิโนเลวูลินิกแอซิด ดีไฮดราเตสบริสุทธิ์..... 61
4.5 เปรียบเทียบผลของตะกั่วต่อแอคติวิตีของออกซิเดสของเซอรูโลพลาสมินบริสุทธิ์ กับแอคติวิตีของอะมิโนเลวูลินิกแอซิด ดีไฮดราเตสบริสุทธิ์..... 62
4.6 ความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณตะกั่วในเลือดกับแอคติวิตีของออกซิเดสของ เซอรูโลพลาสมิน และแอคติวิตีของอะมิโนเลวูลินิกแอซิด ดีไฮดราเตสจาก เลือดคนปกติ คนงานโรงพิมพ์และคนงานโรงงานแบตเตอรี ของตัวอย่าง เลือดทั้งหมด (53 ตัวอย่าง)..... 64
4.6.1 ความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณตะกั่วในเลือดกับแอคติวิตีของออกซิเดสของ เซอรูโลพลาสมิน 66
4.6.2 ความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณตะกั่วในเลือดกับแอคติวิตีของอะมิโนเลวูลินิก-แอซิด ดีไฮดราเตส..... 68
4.6.3 เปรียบเทียบความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณตะกั่วในเลือดกับแอคติวิตีของ ออกซิเดสของเซอรูโลพลาสมิน และแอคติวิตีของอะมิโนเลวูลินิกแอซิด ดีไฮดราเตส 70
4.7 ความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณตะกั่วในเลือด 0-20 ไมโครกรัมต่อ 100 มิลลิลิตร กับ แอคติวิตีของออกซิเดสของเซอรูโลพลาสมินและแอคติวิตีของอะมิโนเลวูลินิกแอซิด ดีไฮดราเตส จากเลือดคนปกติ คนงานโรงพิมพ์ และคนงานโรงงานแบตเตอรี (39 ตัวอย่าง)..... 72
4.8 ความแตกต่างของปริมาณตะกั่วในเลือด แอคติวิตีของออกซิเดสของเซอรูโลพลาสมิน และแอคติวิตีของอะมิโนเลวูลินิกแอซิด ดีไฮดราเตส ของกลุ่มตัวอย่าง (คนปกติ คนงานโรงพิมพ์ และคนงานโรงงานแบตเตอรี)..... 75

สารบัญ (ต่อ)

หน้า

5 สรุปผลการวิจัยและข้อเสนอแนะ..... 77
รายการอ้างอิง..... 80
ภาคผนวก..... 86
ภาคผนวก ก ตารางแสดงสารตะกั่วในบรรยากาศเปรียบเทียบกับปริมาณการใช้น้ำมัน ปี 2534-2535..... 87
ภาคผนวก ข ตารางแสดงระดับตะกั่วในเลือดของคนกลุ่มต่างๆ จำแนกตามปี 2525-2534..... 89
ภาคผนวก ค ตารางแสดงค่าวิกฤตสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ แบบเพียร์สันโปรดักเมนต์..... 90
ภาคผนวก ง ตารางแสดงปริมาณตะกั่วในเลือด แอคติวิตีของออกซิเดสของเซอรูโลพลาสมิน แอคติวิตีของอะมิโนเลวูลินิกแอซิด ดีไฮดราเตส และปริมาณเม็ดโลหิตแดง อัดแน่นจากเลือดคนปกติ คนงานโรงพิมพ์และคนงานโรงงานแบตเตอรี..... 92
ภาคผนวก จ แสดงวิธีคำนวณราคาต่อหน่วยของการวิเคราะห์แอคติวิตีของออกซิ เดส ของเซอรูโลพลาสมิน และแอคติวิตีของอะมิโนเลวูลินิกแอซิด ดีไฮดราเตส..... 95
ประวัติผู้เขียน..... 96

สารบัญตาราง

หน้า

ตารางที่ 2.1 แสดงพิษของตะกั่วต่อร่างกายมนุษย์..... 14
ตารางที่ 2.2 แสดงพิษของตะกั่วปริมาณต่ำต่อร่างกายมนุษย์..... 15
ตารางที่ 4.1 แสดงค่าเฉลี่ยและค่าคลาดเคลื่อนมาตรฐานของปริมาณตะกั่วในเลือด แอคติวิตีของออกซิเดสของเซอรูโลพลาสมินและแอคติวิตีของอะมิโนเลวูลินิกแอซิดดีไฮดราเตส..... 75

สารบัญรูป

หน้า

รูปที่ 2.1 แสดงการสังเคราะห์ฮีมและฮีโมโกลบินในเซลล์เม็ดเลือดในไขกระดูกกับการยับยั้งด้วยตะกั่ว และความสัมพันธ์ของเซอรูโลพลาสมินกับการสังเคราะห์ฮีม..... 10
รูปที่ 3.1 แสดงคาลิเบรชันกราฟของแอคติวิตีของออกซิเดสของเซอรูโลพลาสมิน..... 28
รูปที่ 3.2 กราฟมาตรฐานของสารละลายตะกั่วมาตรฐาน..... 35
รูปที่ 4.1 ผลของความเข้มข้นของสับเสตรตพาราฟีนิลีนไดอะมีนต่อแอคติวิตีของออกซิเดสของเซอรูโลพลาสมิน..... 40
รูปที่ 4.2 ผลของโซเดียมเอไซด์ความเข้มข้น 0.1 (A1) และ 0.2 (A2) เปอร์เซ็นต์ต่อการยับยั้งแอคติวิตีของออกซิเดสของเซอรูโลพลาสมิน..... 42
รูปที่ 4.3 ผลของปริมาณซีรัมต่อแอคติวิตีของออกซิเดสของเซอรูโลพลาสมิน..... 44
รูปที่ 4.4 ความเร็วเริ่มต้นของปฏิกิริยาการออกซิไดซ์สับเสตรตของเซอรูโลพลาสมิน..... 45
รูปที่ 4.5 ผลของเฮปพารินต่อแอคติวิตีของออกซิเดสของเซอรูโลพลาสมิน..... 47
รูปที่ 4.6 ความเสถียรของแอคติวิตีของออกซิเดสของเซอรูโลพลาสมินของซีรัมที่เก็บที่อุณหภูมิต่างๆ.. 49
รูปที่ 4.7 ผลของความเข้มข้นของสับเสตรดต่อแอคติวิตีของอะมิโนเลวูลินิกแอซิด ดีไฮดราเตสในเลือดคน..... 51
รูปที่ 4.8 ความเร็วเริ่มต้นของปฏิกิริยาการเปลี่ยนสับเสตรดของอะมิโนเลวูลินิกแอซิด ดีไฮดราเตสของเลือดปริมาณต่างๆ.....52
รูปที่ 4.9 ความเร็วเริ่มต้นของปฏิกิริยาการเปลี่ยนสับเสตรตของอะมิโนเลวูลินิกแอซิด ดีไฮดราเตสในเลือด 0.2 มิลลิลิตร..... 53
รูปที่ 4.10 ระยะเวลาที่เหมาะสมสำหรับทำสีกับเออริชรีเอ เจนต์..... ... 54
รูปที่ 4.11 ความเสถียรของแอคติวิตีของอะมิโนเลวูลินิกแอซิด ดีไฮดราเตสของเลือดที่เก็บที่อุณหภูมิต่างๆ..... 55
รูปที่ 4.12 ความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณตะกั่วในซีรัมกับตะกั่วในเลือด..... 58
รูปที่ 4.13 ผลของตะกั่วต่อแอคติวิตีของออกซิเดสของเซอรูโลพลาสมินบริสุทธิ์..... 59
รูปที่ 4.14 การลดแอคติวิตีของออกซิเดสของเซอรูโลพลาสมินบริสุทธิ์จากตะกั่วในเลือดซึ่งคำนวณจากงานของ Cook and Manton (1984) 60
รูปที่ 4.15 ผลของตะกั่วต่อแอคติวิตีของอะมิโนเลวูลินิกแอซิด ดีไฮดราเตสบริสุทธิ์จากซีรัมวัว..... 61

สารบัญรูป(ต่อ)

หน้า

รูปที่ 4.16 การเปรียบเทียบผลของตะกั่วต่อแอคติวิตีของออกซิเดสของเซอรูโลพลาสมินบริสุทธิ์ กับแอคติวิตีของอะมิโนเลวูลินิกแอซิด ดีไฮดราเตสบริสุทธิ์..... 63
รูปที่ 4.17 ความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณตะกั่วในเลือดกับแอคติวิตีของออกซิเดสของ เซอรูโลพลาสมิน และแอคติวิตีของอะมิโนเลวูลินิกแอซิด ดีไฮดราเตส จากเลือดคนปกติ คนงานโรงพิมพ์ และคนงานโรงงานแบตเตอรี..... 65
รูปที่ 4.18 การเปรียบเทียบผลของตะกั่วต่อแอคติวิตีของออกซิเดสของเซอรูโลพลาสมินในซีรัมคน กับเซอรูโลพลาสมินบริสุทธิ์เป็นเปอร์เซ็นต์..... 67
รูปที่ 4.19 การเปรียบเทียบผลของตะกั่วต่อแอคติวิตีของ อะมิโนเลวูลินิกแอซิด ดีไฮดราเตส จากเลือดคน กับอะมิโนเลวูลินิกแอซิด ดีไฮดราเตสบริสุทธิ์จากซีรัมวัว..... 69
รูปที่ 4.20 ความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณตะกั่วในเลือดกับแอคติวิตีของออกซิเดสของ เซอรูโลพลาสมินและแอคติวิตีของอะมิโนเลวูลินิกแอซิด ดีไฮดราเตส เป็นเปอร์เซ็นต์ จากเลือดคนปกติ คนงานโรงพิมพ์และคนงานโรงงานแบตเตอรี..... 71
รูปที่ 4.21 ความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณตะกั่วในเลือด 0-20 ไมโครกรัมต่อ 100 มิลลิลิตรกับแอคติวิตี ของออกซิเดสของเซอรูโลพลาสมิน และแอคติวิตีของอะมิโนเลวูลินิกแอซิด ดีไฮดราเตส จากเลือดคนปกติ คนงานโรงพิมพ์ และคนงานโรงงานแบตเตอรี..... 71
รูปที่ 4.22 ความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณตะกั่วในเลือด 0-20 ไมโครกรัมต่อ 100 มิลลิลิตรกับแอคติวิตี ของออกซิเดสของเซอรูโลพลาสมิน และแอคติวิตีของอะมิโนเลวูลินิกแอซิด ดีไฮดราเตส เป็นเปอร์เซ็นต์จากเลือดคนปกติ คนงานโรงพิมพ์ และคนงานโรงงานแบตเตอรี..... 74