



ประสิทธิผลของสารสกัดกระเทียมต่อระดับตะกั่วในเลือดของพนักงานฝ่ายผลิต โรงงานผลิต
แบตเตอรี่แห่งหนึ่งในจังหวัดสมุทรปราการ

เอี่ยมพร พูนกล้า

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต

สาขาวิชาอาชีวอนามัยและความปลอดภัย

คณะสาธารณสุขศาสตร์ มหาวิทยาลัยบูรพา

2564

ลิขสิทธิ์เป็นของมหาวิทยาลัยบูรพา

ประสิทธิภาพของสารสกัดกระเทียมต่อระดับตะกั่วในเลือดของพนักงานฝ่ายผลิตโรงงานผลิต
แบตเตอรี่แห่งหนึ่งในจังหวัดสมุทรปราการ



เอี่ยมพร พูนกล้า

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต

สาขาวิชาอาชีวอนามัยและความปลอดภัย

คณะสาธารณสุขศาสตร์ มหาวิทยาลัยบูรพา

2564

ลิขสิทธิ์เป็นของมหาวิทยาลัยบูรพา

EFFECTIVENESS OF GARLIC EXTRACT ON BLOOD LEAD LEVEL OF BATTERY
FACTORY'S EMPLOYEES IN SAMUT PRAKAN PROVINCE



UEAMPOHN POONKLA

A THESIS SUBMITTED IN PARTIAL FULFILLMENT OF
THE REQUIREMENTS FOR MASTER OF SCIENCE
IN OCCUPATIONAL HEALTH AND SAFETY
FACULTY OF PUBLIC HEALTH
BURAPHA UNIVERSITY

2021

COPYRIGHT OF BURAPHA UNIVERSITY

คณะกรรมการควบคุมวิทยานิพนธ์และคณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์ได้พิจารณา
วิทยานิพนธ์ของ เอื้อมพร พูนกล้า ฉบับนี้แล้ว เห็นสมควรรับเป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตาม
หลักสูตรวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาอาชีวอนามัยและความปลอดภัย ของมหาวิทยาลัยบูรพา
ได้

คณะกรรมการควบคุมวิทยานิพนธ์

คณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์

อาจารย์ที่ปรึกษาหลัก

.....

(รองศาสตราจารย์ ดร.อนามัย เทศกะทีก)

อาจารย์ที่ปรึกษาร่วม

.....

(ดร.ชัชวิน เพชรเลิศ)

..... ประธาน

(ศาสตราจารย์ ดร.สุรศักดิ์ บุรณตรีเวทย์)

..... กรรมการ

(รองศาสตราจารย์อนามัย เทศกะทีก)

..... กรรมการ

(ดร.ชัชวิน เพชรเลิศ)

..... กรรมการ

(ดร.วัลลภ ใจดี)

..... คณบดีคณะสาธารณสุขศาสตร์

(รองศาสตราจารย์ ดร. ยูวดี รอดจากภัย)

วันที่.....เดือน.....พ.ศ.....

บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยบูรพา อนุมัติให้รับวิทยานิพนธ์ฉบับนี้เป็นส่วนหนึ่งของ
การศึกษาตามหลักสูตรวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาอาชีวอนามัยและความปลอดภัย ของ
มหาวิทยาลัยบูรพา

..... คณบดีบัณฑิตวิทยาลัย

(รองศาสตราจารย์ ดร.นุจรี ไชยมงคล)

วันที่.....เดือน.....พ.ศ.....

61920021: สาขาวิชา: อาชีวอนามัยและความปลอดภัย; วท.ม. (อาชีวอนามัยและความปลอดภัย)

คำสำคัญ: สารสกัดกระเทียม, ตะกั่วในเลือด, โรงงานผลิตแบตเตอรี่, อาชีวเวชศาสตร์, เฝ้าระวังสุขภาพ, ผู้ทำงานสัมผัสตะกั่ว

เอี่ยมพร พูนกล้า : ประสิทธิภาพของสารสกัดกระเทียมต่อระดับตะกั่วในเลือดของพนักงานฝ่ายผลิตโรงงานผลิตแบตเตอรี่แห่งหนึ่งในจังหวัดสมุทรปราการ. (EFFECTIVENESS OF GARLIC EXTRACT ON BLOOD LEAD LEVEL OF BATTERY FACTORY'S EMPLOYEES IN SAMUT PRAKAN PROVINCE)

คณะกรรมการควบคุมวิทยานิพนธ์: อนามัย เทศกะทีก, ชัชวิน เพชรเลิศ ปี พ.ศ. 2564.

การศึกษานี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาประสิทธิภาพของสารสกัดกระเทียมต่อระดับตะกั่วในเลือดของผู้ประกอบอาชีพที่รับสัมผัสกับสารตะกั่ว การเก็บรวบรวมข้อมูลใช้แบบสอบถามส่วนบุคคล แบบบันทึกข้อมูลการรับประทานยา แบบบันทึกข้อมูลผลข้างเคียงจากการรับประทานยา และแบบบันทึกข้อมูลการใช้สมุนไพรอื่นที่อาจมีผลต่อการวิจัย สำหรับการวิเคราะห์หาปริมาณระดับตะกั่วในเลือดใช้หลอดเก็บตัวอย่างที่มีส่วนผสมของสารกันเลือดแข็ง (EDTA) ตรวจสอบด้วยเครื่อง Atomic Absorption Spectrophotometer และกลุ่มตัวอย่างที่ใช้ในการศึกษาเป็นพนักงานฝ่ายผลิตในโรงงานผลิตแบตเตอรี่แห่งหนึ่งในจังหวัดสมุทรปราการ จำนวน 90 ราย วิธีดำเนินการวิจัยประกอบด้วยขั้นตอนดังนี้ ก่อนเริ่มทดลองโดยให้ผู้เข้าร่วมวิจัยทุกรายตอบแบบสอบถามข้อมูลส่วนบุคคลและตรวจวัดระดับตะกั่วในเลือดเพื่อเป็นค่าพื้นฐาน (Baseline) จากนั้นจำแนกกลุ่มตัวอย่างออกเป็น 3 กลุ่ม กลุ่มละ 30 ราย คือ กลุ่มที่ 1) กลุ่มควบคุม ให้รับประทานยาหลอก กลุ่มที่ 2) กลุ่มทดลอง ให้รับประทานสารสกัดกระเทียมปริมาณ 900 มิลลิกรัมต่อวัน และกลุ่มที่ 3) กลุ่มทดลอง ให้รับประทานสารสกัดกระเทียมปริมาณ 1200 มิลลิกรัมต่อวัน ผู้เข้าร่วมวิจัยแต่ละกลุ่มจะได้รับแจกยาจำนวน 42 เม็ด โดยไม่ทราบว่าเป็นยาชนิดใดและรับประทานสารสกัดกระเทียม ครั้งละ 1 เม็ด วันละ 3 ครั้ง เป็นเวลา 14 วัน จากนั้นให้ผู้เข้าร่วมวิจัยจะเจาะเลือดซ้ำอีกครั้ง เพื่อตรวจวัดความเปลี่ยนแปลงของระดับตะกั่วในเลือด

ผลการวิจัยพบว่า ระดับตะกั่วในเลือดหลังการรับประทานสารสกัดกระเทียม 900 มิลลิกรัมต่อวัน ลดลงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p=0.044$) ในขณะที่ความเปลี่ยนแปลงระดับตะกั่วในเลือดหลังการรับประทานยาหลอกและสารสกัดกระเทียม 1200 มิลลิกรัมต่อวัน ไม่แตกต่างกัน ซึ่งเมื่อทำการเปรียบเทียบการเปลี่ยนแปลงระดับตะกั่วในเลือดระหว่างกลุ่มที่รับประทานสารสกัดกระเทียมเข้มข้น 1200 มิลลิกรัมต่อวัน กับกลุ่มที่รับประทานสารสกัดกระเทียมเข้มข้น 900 มิลลิกรัมต่อวันและกลุ่มที่รับประทานยาหลอก พบว่า ไม่แตกต่างกัน เช่นเดียวกันไม่พบความแตกต่างของการเปลี่ยนแปลงระดับตะกั่วในของของกลุ่มที่รับประทานสารสกัดกระเทียม 900 มิลลิกรัมต่อวันกับกลุ่มที่รับประทานยาหลอก

61920021: MAJOR: OCCUPATIONAL HEALTH AND SAFETY; M.Sc. (OCCUPATIONAL HEALTH AND SAFETY)

KEYWORDS: GARLIC EXTRACT, BLOOD LEAD LEVEL, LEAD BATTERY PLANT, OCCUPATIONAL MEDICINE, MEDICAL SURVEILLANCE, LEAD EXPOSED WORKER

UEAMPOHN POONKLA : EFFECTIVENESS OF GARLIC EXTRACT ON BLOOD LEAD LEVEL OF BATTERY FACTORY'S EMPLOYEES IN SAMUT PRAKAN PROVINCE. ADVISORY COMMITTEE: ANAMAI THETKATHUEK, Ph.D., CHATCHAWIN PETCHLERT, Ph.D. 2021.

The objective of this study is to evaluate the efficacy of garlic extract on blood lead levels of lead exposure workers. The participants in this study were production line workers in a battery factory in Samut Prakan province. The data collection tools consist of personal questionnaires, data record forms and blood specimen collection for lead levels. The participants consisted of 90 production line workers. The method of this study was before starting the experiment, all subjects were required to fill out their personal information and to determine baseline blood lead assessments then classified into three groups (n=30 per group). Group one was a control group (the participants took a placebo), the others two groups were experimental groups (900 mg and 1200 mg garlic extract). Each group was allowed to intake garlic extract continuously for 14 days.

The results were found that the reduction of blood lead levels after taking garlic extract 900 mg per day was statistically significant ($p = 0.044$) whereas blood lead levels for taking 1200 mg of garlic extract per day were not different. However, mean differences in blood lead levels of the garlic extract and control groups were not different.

กิตติกรรมประกาศ

วิทยานิพนธ์เล่มนี้สำเร็จสมบูรณ์ได้ดี เนื่องจากความกรุณาและความช่วยเหลืออย่างดียิ่งจากรศ.ดร.อนามัย เทศกะทีก และ ดร.ชัชวิน เพชรเลิศ อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ ในการให้คำปรึกษาคำเนินการวิจัย ตลอดจนได้ตรวจสอบและแก้ไขข้อบกพร่องต่าง ๆ อันเป็นประโยชน์ในการจัดทำวิทยานิพนธ์ ตั้งแต่เริ่มดำเนินการจนกระทั่งเสร็จสมบูรณ์ ขอกราบขอบพระคุณเป็นอย่างสูงไว้ ณ โอกาสนี้

ขอขอบพระคุณ พญ.เกษ ชัยวัชรภรณ์ ที่ให้ความช่วยเหลือในการติดต่อโรงงานเพื่อเข้าทำวิจัย ขอขอบพระคุณ ร้อยเอก นพ.วัชรภัทร์ มณีฉาย ที่ให้ความช่วยเหลือในการติดต่อโรงงานเกษตรกรรมทหารเพื่อผลิตยาหลอก ขอขอบพระคุณ คุณทวี คงนุช เจ้าหน้าที่ความปลอดภัยในการทำงาน และพนักงานใน โรงงานแห่งนี้ทุกท่านที่กรุณาเสียสละให้ความร่วมมือ ในการเก็บรวบรวมข้อมูล ขอขอบพระคุณ คุณกณิณจีปติ นะประสิทธิ์ ที่ให้การช่วยเหลือจนทำให้วิทยานิพนธ์ครั้งนี้สำเร็จลุล่วงด้วยดี

ขอขอบพระคุณ บิดา มารดา และครอบครัวของผู้วิจัยที่ได้ให้การสนับสนุนและให้กำลังใจจนงานวิจัยสำเร็จลุล่วงด้วยดี คุณค่าและประโยชน์ของงานวิจัยครั้งนี้ ผู้วิจัยขอมอบเป็นเครื่องบูชาบุญการี บูรพาจารย์ และผู้ที่อุปการคุณทุกท่าน ที่มีส่วนส่งเสริมให้ผู้วิจัยประสบความสำเร็จในชีวิตและหน้าที่การงาน

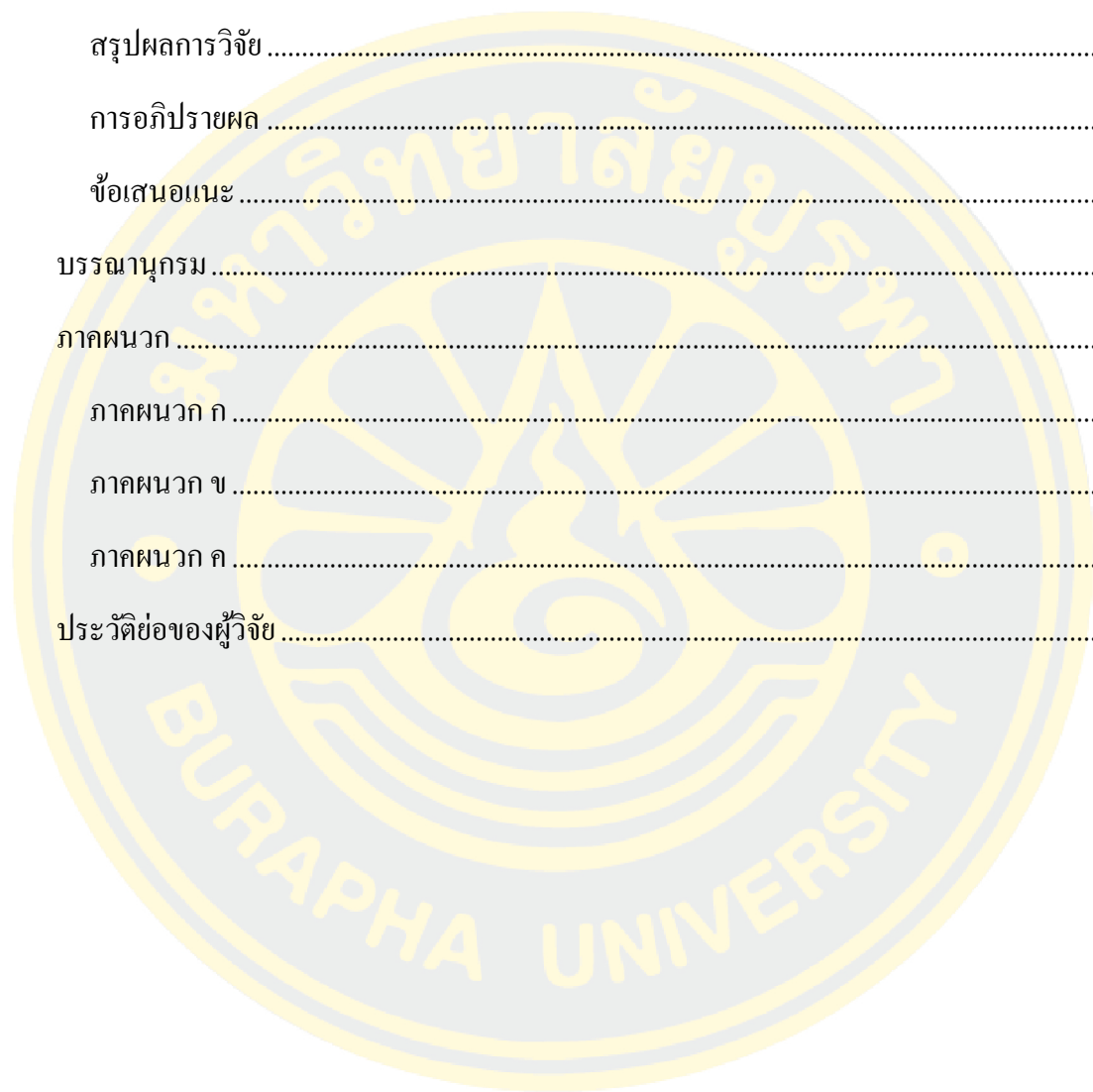
เอี่ยมพร พูนกล้า

สารบัญ

	หน้า
บทคัดย่อภาษาไทย	ง
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ	จ
กิตติกรรมประกาศ.....	ฉ
สารบัญ	ช
สารบัญตาราง	ญ
สารบัญภาพ	ฎ
บทที่ 1 บทนำ	1
ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา	1
คำถามการวิจัย.....	4
วัตถุประสงค์ของการวิจัย.....	4
สมมติฐานของการวิจัย.....	4
กรอบแนวคิดในงานวิจัย.....	6
ขอบเขตของการวิจัย	7
ประโยชน์ที่ได้รับ	7
นิยามศัพท์ที่ใช้ในการวิจัย.....	7
บทที่ 2 เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง	9
คุณสมบัติและประเภทของตะกั่ว	9
อาชีพที่เสี่ยงต่อการรับสัมผัสตะกั่ว.....	10
ความหมายและกระบวนการผลิตแบตเตอรี่ตะกั่วกรด.....	11
เภสัชจลนศาสตร์ของตะกั่ว.....	13
กลไกการเกิดพิษพิษตะกั่ว	14

ผลกระทบของตะกั่วต่ออวัยวะต่าง ๆ ในร่างกาย	15
อาการแสดงของจากพิษตะกั่ว.....	18
การประเมินการรับสัมผัสตะกั่ว.....	19
ปัจจัยนอกงานที่มีผลต่อระดับตะกั่วในเลือด.....	20
การวินิจฉัยโรคพิษจากตะกั่วจากการทำงาน	21
การรักษาพิษจากตะกั่ว	21
กระเทียม.....	27
ส่วนประกอบที่สำคัญในกระเทียม	28
เภสัชจลนศาสตร์ของกระเทียม	31
ผลของกระเทียมต่อสุขภาพ	34
ขนาดของกระเทียมและสารสกัดกระเทียมที่แนะนำให้รับประทานต่อวัน	37
ผลข้างเคียงที่เกิดจากการรับประทานกระเทียม.....	38
บทที่ 3 วิธีดำเนินการวิจัย.....	39
รูปแบบของงานวิจัย.....	39
ประชากรและกลุ่มตัวอย่าง	40
เครื่องมือที่ใช้ในการทำวิจัย	42
ขั้นตอนและวิธีการรวบรวมข้อมูล	43
การวิเคราะห์ข้อมูล.....	45
การพิทักษ์สิทธิกลุ่มตัวอย่าง	46
บทที่ 4 ผลการศึกษา	48
อัตราการเข้าร่วมวิจัย.....	48
ข้อมูลส่วนบุคคลของอาสาสมัคร.....	48
การทดสอบการแจกแจงระดับตะกั่วในเลือดของกลุ่มตัวอย่าง	51
ระดับตะกั่วในเลือดของพนักงานในโรงงานผลิตแบตเตอรี่.....	51

การเปรียบเทียบระดับตะกั่วในเลือดก่อนและหลังรับประทานสารสกัดกระเทียม.....	53
ผลข้างเคียงจากการรับประทานสารสกัดกระเทียม	55
บทที่ 5 สรุปผล อภิปรายผล และข้อเสนอแนะ	57
สรุปผลการวิจัย	57
การอภิปรายผล	59
ข้อเสนอแนะ	62
บรรณานุกรม	63
ภาคผนวก	75
ภาคผนวก ก	76
ภาคผนวก ข	82
ภาคผนวก ค	85
ประวัติย่อของผู้วิจัย	88



สารบัญตาราง

	หน้า
ตารางที่ 1 หมู่ฟังก์ชันที่มักเป็นกลุ่ม Electron donor atom.....	23
ตารางที่ 2 พีชที่สามารถลดความเป็นพิษจากโลหะ	27
ตารางที่ 3 ข้อมูลส่วนบุคลลของกลุ่มตัวอย่างของแต่ละกลุ่ม.....	49
ตารางที่ 4 ข้อมูลส่วนบุคลลของกลุ่มตัวอย่าง	51
ตารางที่ 5 การทดสอบการกระจายของระดับตะกั่วในเลือดของแยกตามกลุ่มตัวอย่าง.....	51
ตารางที่ 6 ระดับตะกั่วในเลือดของกลุ่มตัวอย่าง	52
ตารางที่ 7 การเปลี่ยนแปลงของระดับตะกั่วในเลือดหลังการรับประทานสารสกัดกระเทียม	53
ตารางที่ 8 การเปลี่ยนแปลงของระดับตะกั่วในเลือดก่อนและหลังรับประทานสารสกัดกระเทียม.....	54
ตารางที่ 9 เปรียบเทียบการเปลี่ยนแปลงตะกั่วในเลือดจากการรับประทานสารสกัดกระเทียม ระหว่างกลุ่ม	55
ตารางที่ 10 ผลข้างเคียงจากการรับประทานสารสกัดกระเทียม	55

สารบัญภาพ

	หน้า
ภาพที่ 1 กรอบแนวคิดในการวิจัย.....	6
ภาพที่ 2 สีนแร่กาลีน่า.....	10
ภาพที่ 3 ส่วนประกอบของเบดเตอร์รี่ตะกั่วกรด.....	12
ภาพที่ 4 กระบวนการสร้าง Heme ปกติ.....	16
ภาพที่ 5 ค่าคงที่ความเสถียรระหว่างสาร EDTA กับโลหะหนักต่าง ๆ	23
ภาพที่ 6 สูตรโครงสร้างสาร CaNa ₂ EDTA.....	24
ภาพที่ 7 สูตรโครงสร้างของสาร BAL.....	25
ภาพที่ 8 สูตรโครงสร้างของสาร DMSA.....	25
ภาพที่ 9 สูตรโครงสร้างของ D-Penicillamine.....	26
ภาพที่ 10 ส่วนประกอบในกระเทียม	28
ภาพที่ 11 ปฏิกริยาของเอนไซม์ของ γ - Glutamyl transpeptidase ในการสร้าง SAC.....	29
ภาพที่ 12 สารประกอบ Allicin และ เมแทบอลิต์ ของสาร Allicin.....	30
ภาพที่ 13 วิธีสารจากกระเทียมในร่างกาย.....	32
ภาพที่ 14 แผนภาพขั้นตอนการดำเนินการวิจัยและปฏิบัติ.....	40
ภาพที่ 15 แผนภาพจำนวนอาสาสมัครเข้าร่วม โครงการวิจัย.....	49
ภาพที่ 16 Box plot แสดงค่าการเปลี่ยนแปลงระดับตะกั่วในเลือดแต่ละกลุ่ม	53

บทที่ 1

บทนำ

ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา

แบตเตอรี่เป็นอุปกรณ์สำรองพลังงานไฟฟ้าที่ใช้ทั่วไปในชีวิตประจำวัน ใช้สำหรับการเคลื่อนยานยนต์ สำหรับพลังงานสำรอง หรืออุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ เป็นต้น ปัจจุบันในประเทศไทยมีผู้ประกอบการที่ผลิตแบตเตอรี่รายใหญ่ประมาณ 13 ราย ซึ่งแบตเตอรี่ที่ผลิตในประเทศไทยแบ่งเป็น 2 ประเภท คือแบตเตอรี่ที่ใช้สำหรับการสตาร์ทยานยนต์ และแบตเตอรี่สำหรับจ่ายพลังงาน ซึ่งส่งจำหน่ายทั้งในประเทศและนอกประเทศ (สุณีพร สุวรรณฉนิพงศ์ และสิรินทร ไชยศักดิ์ดา, 2554; พิมพา ลิ้มทองกุล, 2558) การผลิตแบตเตอรี่ในประเทศไทยส่วนใหญ่เป็นแบตเตอรี่สำหรับยานยนต์ที่เป็นสินค้าส่งออกอันดับหนึ่งของไทย ในปี พ.ศ. 2562 สามารถสร้างรายได้แก่ประเทศไทยได้ถึง 844,940.9 ล้านบาท และความต้องการบริโภคแบตเตอรี่ภายในประเทศมีถึงปีละ 10-13 ล้านลูก ตลาดสำหรับสินค้าชนิดนี้ได้แก่ ตลาดโรงงานประกอบยานยนต์ที่ความต้องการแบตเตอรี่ขึ้นกับปริมาณรถยนต์และตลาดแบตเตอรี่ทดแทน ความต้องการขึ้นกับปริมาณรถเก่าที่ใช้งานอยู่ (วรรณภา ขงพิศาลภพ, 2562; ศูนย์เทคโนโลยีสารสนเทศและการสื่อสาร, 2562)

สำนักงานเศรษฐกิจอุตสาหกรรมคาดการณ์ในปี พ.ศ. 2563 ระบุว่า ความต้องการบริโภคยานยนต์จะเพิ่มขึ้น 2.5% ซึ่งจะส่งผลให้ความต้องการแบตเตอรี่เพิ่มมากขึ้น (สำนักงานเศรษฐกิจอุตสาหกรรม, 2562) โดยชนิดของแบตเตอรี่ที่ผลิตในประเทศไทยส่วนใหญ่เป็นแบตเตอรี่ชนิดตะกั่วกรด สำหรับกระบวนการผลิตแบตเตอรี่ตะกั่วกรดในโรงงานผลิตแบตเตอรี่ทั่วไปมีขั้นตอนหลักประกอบด้วย ขั้นตอนการผลิตโครงแผ่นธาตุโดยการนำตะกั่วไปหลอมแล้วขึ้นรูปเป็นโครงขึ้นการผลิตตะกั่วออกไซด์ ขั้นตอนการทำแผ่นธาตุโดยนำผงตะกั่วออกไซด์มาาบลงบนโครงแผ่นธาตุจากนั้นนำไปอบจนแห้ง แล้วนำไปอัดกระแสไฟฟ้า และขั้นตอนสุดท้ายคือ ประกอบแบตเตอรี่ (กรมการค้าภายใน, 2556) ซึ่งในระหว่างกระบวนการผลิตนี้อาจมีการปล่อยสารเคมีอันตรายออกมาสู่บรรยากาศการทำงาน เช่น ตะกั่ว กรดซัลฟิวริก หากพนักงานมีสุขอนามัยไม่เหมาะสม หรือสภาพแวดล้อมในการทำงานไม่ได้มาตรฐาน อาจทำให้พนักงานมีโอกาสสัมผัสกับสิ่งคุกคามดังกล่าวได้ (Chen et al.; Van der kuijp, Huang, & Cherry, 2013) โดยเฉพาะพิษจากสารตะกั่วซึ่งเป็นโลหะพิษที่เป็นอันตรายต่อร่างกายอย่างยิ่ง

ตะกั่วอนินทรีย์สามารถเข้าสู่ร่างกายได้ผ่าน 2 ทางหลัก ได้แก่ ผ่านทางเดินหายใจ หรือผ่านทาง การรับประทานอาหารที่ปนเปื้อนตะกั่วเข้าไป เมื่อตะกั่วเข้าสู่ร่างกายแล้วจะถูกดูดซึมเข้าสู่

กระแสเลือดเข้าไปจับกับเม็ดเลือดแดง จากนั้นจะกระจายไปสะสมยังอวัยวะก่อนทำให้เกิดพิษต่อระบบต่าง ๆ ในร่างกาย เช่น ระบบประสาท (Mason, Harp, & Han, 2014) โลหิต (Nelson et al., 2011) ไต (Rana, Tangpong, & Rahman, 2019) ตับ (Labudda, 2013) หรือกระดูก (Badiei, Nikghadam, & Mostaghni, 2009) เป็นต้น โดยอาการพิษจากตะกั่วนั้นขึ้นอยู่กับปริมาณที่สะสมในเนื้อเยื่ออ่อน อาการที่พบ ได้แก่ ความผิดปกติของกระบวนการคิดวิเคราะห์การเรียนรู้หรือความจำภาวะโลหิตจาง ปวดท้อง ความดันโลหิตสูง ข้อมือข้อเท้าตกร เป็นต้น ซึ่งบางอาการหากได้รับการรักษาแล้วอาจสามารถหายกลับมาเป็นปกติได้ แต่บางอาการแม้จะรักษาให้ระดับตะกั่วในเลือดกลับมาเป็นปกติแล้ว แต่อาการนั้น ๆ ก็ยังคงอยู่ ดังนั้นจึงจำเป็นต้องเฝ้าระวังสุขภาพจากพิษตะกั่วในพนักงานกลุ่มเสี่ยงเหล่านี้ (Gidlow, 2015)

ผลกระทบของการรับสัมผัสสารเคมีต่อสุขภาพที่เกิดจากการเร่งพัฒนาอุตสาหกรรมส่งผลสถานประกอบกิจการต่าง ๆ ได้มีการนำเทคโนโลยี เครื่องจักร อุปกรณ์ สารเคมีต่าง ๆ มาใช้ในกระบวนการผลิตและบริการ หากแต่ขาดการพัฒนาความรู้ความเข้าใจควบคู่กันไป ก่อให้เกิดผลกระทบต่อผู้ใช้แรงงานที่ได้รับสัมผัสกับสารเคมีอันตรายก่อให้เกิดอันตราย จนถึงบาดเจ็บ พิการ ทูพพลภาพ เสียชีวิต หรือเกิดโรคอันเนื่องมาจากการทำงานได้ ในช่วงปีต่อมาการรายงานผู้ป่วยด้วยโรคพิษโลหะหนักระหว่างปี พ.ศ. 2551-2560 และข้อมูลในปี พ.ศ. 2560 พบว่ามีผู้ป่วยโรคพิษจากสารโลหะหนักจากระบบรายงาน 506, 506/2 และระบบ 43 แพ้ม พบผู้ป่วยจากโรคพิษตะกั่วจำนวน 19 ราย (ร้อยละ 14.50) ของผู้ที่เกิดพิษจากโลหะหนักทั้งหมด (กองโรคจากการประกอบอาชีพ, 2563) และในปีพ.ศ. 2561 พบผู้ป่วยโรคพิษโลหะหนักทั้งหมด 3 ราย โดยผู้ป่วยใน 2 ใน 3 รายเป็นโรคพิษตะกั่ว (กองโรคจากการประกอบอาชีพและสิ่งแวดล้อม, 2562) ซึ่งอุบัติการณ์ลดลงเมื่อเทียบกับปี 2559 ที่พบผู้ป่วยโรคพิษตะกั่วจำนวน 39 ราย (กองโรคจากการประกอบอาชีพและสิ่งแวดล้อม, 2560)

รัฐบาลไทยเล็งเห็นความสำคัญของการป้องกันโรคที่เกิดจากการทำงาน จึงได้ออกกฎหมายบังคับให้นายจ้างจัดและดูแลสภาพการทำงานและสภาพแวดล้อมในการทำงานให้ปลอดภัยและถูกลักษณะ (พระราชบัญญัติ, 2554) โดยกำหนดขีดจำกัดความเข้มข้นของตะกั่วเฉลี่ยในบรรยากาศการทำงานตลอดระยะเวลาการทำงานปกติ ไม่เกิน 0.05 มิลลิกรัมต่อลูกบาศก์เมตร (ประกาศกรมสวัสดิการและคุ้มครองแรงงาน, 2560) นอกจากนี้ยังกำหนดให้นายจ้างจัดให้มีการตรวจสุขภาพของลูกจ้างที่ทำงานปัจจัยเสี่ยงด้านสารเคมีตะกั่ว โดยการซักประวัติ ตรวจร่างกาย และตรวจทางห้องปฏิบัติการ (กฎกระทรวงแรงงาน, 2548; กระทรวงแรงงาน, 2552) ส่วนกระทรวงอุตสาหกรรมและกระทรวงสาธารณสุขได้แนะนำระดับตะกั่วในเลือดของลูกจ้างที่ทำงานรับสัมผัสกับตะกั่วไม่ควรเกิน 30 ไมโครกรัมต่อเดซิลิตร (ประกาศกระทรวงอุตสาหกรรม, 2555; กรม

ควบคุมโรค, 2557) ซึ่งหากลูกจ้างมีระดับตะกั่วในเลือดตั้งแต่ 60 ไมโครกรัมต่อเดซิลิตรและมีอาการผิดปกติให้วินิจฉัยว่าเป็นโรคพิษตะกั่ว นายจ้างต้องดำเนินการรักษาพยาบาลแก่ลูกจ้างทันทีที่ทราบผล (โยชิน เบญจวงษ์ และวิลาวัณย์ จึงประเสริฐ, 2550)

การรักษาโรคพิษตะกั่วในปัจจุบัน มีทั้งการรักษาแบบไม่จำเพาะและรักษาแบบจำเพาะ การรักษาแบบไม่จำเพาะเป็นสิ่งที่จำเป็นที่สุดนั้น คือ ต้องหยุดรับสัมผัสตะกั่วเพิ่ม ส่วนการรักษาแบบจำเพาะ คือการใช้เป็นยาขับตะกั่วชนิดต่าง ๆ เช่น Ethylene diamine tetra-acetic acid (EDTA), Dimercaprol ที่สามารถใช้ได้เฉพาะวิธีฉีดเท่านั้น และ Meso 2,3-dimercaptosuccinic acid (DMSA), D-Penicillamine ซึ่งใช้โดยวิธีรับประทาน (Aaseth, Skaug, Cao, & Andersen, 2015; Andersen & Aaseth, 2016; Kim et al., 2015) แต่เนื่องจากข้อจำกัดของการรักษาโดยวิธีใช้ยาขับตะกั่วมีมาก เช่น การเข้าถึงยาเป็นไปได้ยาก เพราะยาเหล่านี้เป็นกลุ่มยากำพร้า ซึ่งจะมีเฉพาะในสถานพยาบาลขนาดใหญ่เท่านั้น หรือมีผลข้างเคียงจากยา เช่น ยาขับตะกั่วส่วนใหญ่เพิ่มการขับตะกั่วออกจากร่างกาย ทำให้ตะกั่วที่สะสมในกระดูกจะละลายออกมาในเลือดมากขึ้น ส่งผลให้เป็นพิษต่อสมองมากขึ้น ดังนั้นแพทย์จึงมักจะให้ยาขับตะกั่วในรายที่มีข้อบ่งชี้เท่านั้น และไม่นิยมให้ยาในกรณีระดับตะกั่วในเลือดน้อยกว่า 45 ไมโครกรัมต่อเดซิลิตร (Flora & Pachauri 2010; Kim et al., 2015; Nelson et al., 2011) แต่อย่างไรก็ตาม แม้ว่าระดับตะกั่วในเลือดจะน้อยกว่า 30 ไมโครกรัมต่อเดซิลิตรตามที่กฎหมายกำหนด แต่ก็สามารถมีผลให้เกิดพิษต่อร่างกายได้เช่นกัน (The Centers for Disease Control and Prevention [CDC], 2017) จากข้อจำกัดเหล่านี้ทำให้นักวิจัยพยายามหาทางเลือกอื่นที่ดีกว่าเดิม

จากข้อจำกัดในการดูแลรักษาโรคพิษตะกั่วที่พบดังกล่าว ทำให้นักวิจัยเริ่มหาทางเลือกอื่นในการรักษาพิษจากตะกั่วที่ปลอดภัยและสะดวก โดยนักวิจัยได้ค้นพบว่า สรรพคุณของพืชสมุนไพรบางชนิดมีโปรตีน จำพวก Metallothionein สามารถกำจัดโลหะในร่างกายได้ สมุนไพรที่มีคุณสมบัติดังกล่าว เช่น ผักชีจีน กระเทียม ขมิ้น สามารถลดระดับตะกั่วในอวัยวะของร่างกายได้ (Rahimian & Mehrandish, 2019) จากการทบทวนวรรณกรรมพบว่า สมุนไพรที่นิยมนำมาศึกษาในการลดระดับตะกั่วในเลือดมากที่สุดได้แก่ กระเทียม ซึ่งมีการศึกษาทดลองทั้งในสัตว์ทดลองและมนุษย์ ที่เชื่อได้ว่าอาจมีประสิทธิผลในการลดระดับตะกั่วในเลือด รวมถึงเป็นผลิตภัณฑ์ที่มีการจำหน่ายโดยทั่วไปในท้องตลาด และนิยมบริโภคเป็นอาหารเสริมอยู่เดิม (Bent, 2008) เพราะมีสรรพคุณมากมาย เช่น ลดไขมันในเลือด ฆ่าเชื้อโรค กระตุ้นการสร้างภูมิคุ้มกัน ยับยั้งการสร้างเกล็ดเลือด เป็นต้น ซึ่งจากข้อมูลดังกล่าวทำให้นักวิจัยสนใจศึกษาประสิทธิผลของสมุนไพรกระเทียมกับระดับตะกั่วในร่างกายมากที่สุด

จากการศึกษาในสัตว์ทดลองที่ผ่านมา พบว่ากระเทียมสามารถลดระดับคอเลสเตอรอลในร่างกายนและลดความเป็นพิษจากคอเลสเตอรอลในอวัยวะต่าง ๆ ของร่างกายได้ (Amagase, Petesch, Matsuura, Kasuga, & Itakura, 2001; Ebrahimzadeh-Bideskan et al., 2016; Hassan, Kahilo, Kamal, El-Neweshy, & Hassan, 2019; Kilikdar et al., 2011; Sarkar et al., 2015; Shahsavani, Baghshani, & Alishahi, 2011; Sharma, Sharma, & Kansal, 2010) ส่วนการศึกษาในมนุษย์ฉบับหนึ่ง ทำการศึกษาประสิทธิภาพของสารสกัดกระเทียมเปรียบเทียบกับยาขับคอเลสเตอรอล D-Penicillamine ต่อระดับคอเลสเตอรอลในเลือด พบว่า สารสกัดกระเทียมสามารถลดคอเลสเตอรอลในเลือดไม่แตกต่างกับยาขับคอเลสเตอรอล (Kianoush et al., 2012) อย่างไรก็ตามจากการศึกษาที่ผ่านมา แม้ว่าเคยมีการศึกษาเกี่ยวกับประสิทธิภาพของกระเทียมต่อระดับคอเลสเตอรอลในเลือดในมนุษย์ (Kianoush et al., 2012) แต่ในงานวิจัยดังกล่าวมีการให้ความรู้ก่อนเริ่มเก็บงานวิจัย ซึ่งมีการทดลองอีกวิธีหนึ่ง ที่ยังไม่มีการศึกษาระดับความเข้มข้นต่าง ๆ ของกระเทียมที่มีผลต่อการลดคอเลสเตอรอลในเลือดในมนุษย์ ผู้วิจัยจึงสนใจที่จะทำการศึกษาประสิทธิภาพของกระเทียมต่อระดับคอเลสเตอรอลในเลือดในพนักงานที่ทำงานรับสัมผัสคอเลสเตอรอลในโรงงานแบตเตอรี่แห่งหนึ่งในจังหวัดสมุทรปราการ เพื่อสามารถนำไปปรับใช้เพื่อเป็นทางเลือกหนึ่งในการดูแลสุขภาพพนักงานที่มีระดับคอเลสเตอรอลเกินมาตรฐาน

คำถามการวิจัย

สารสกัดกระเทียมที่ความเข้มข้นแตกต่างกันสามารถลดคอเลสเตอรอลในเลือดของพนักงานฝ่ายผลิต โรงงานผลิตแบตเตอรี่แห่งหนึ่งได้หรือไม่

วัตถุประสงค์ของการวิจัย

เพื่อเปรียบเทียบระดับคอเลสเตอรอลในเลือดของพนักงานฝ่ายผลิตในโรงงานผลิตแบตเตอรี่แห่งหนึ่งในจังหวัดสมุทรปราการ ก่อนและหลังการรับประทานสารสกัดกระเทียมที่มีความเข้มข้นที่แตกต่างกัน

สมมติฐานของการวิจัย

1. ระดับคอเลสเตอรอลในเลือดก่อนและหลังการรับประทานสารสกัดกระเทียม 0 มิลลิกรัมต่อวัน ไม่แตกต่างกัน
2. ระดับคอเลสเตอรอลในเลือดหลังรับประทานสารสกัดกระเทียม 900 มิลลิกรัมต่อวันน้อยกว่าระดับคอเลสเตอรอลในเลือดก่อนรับประทาน

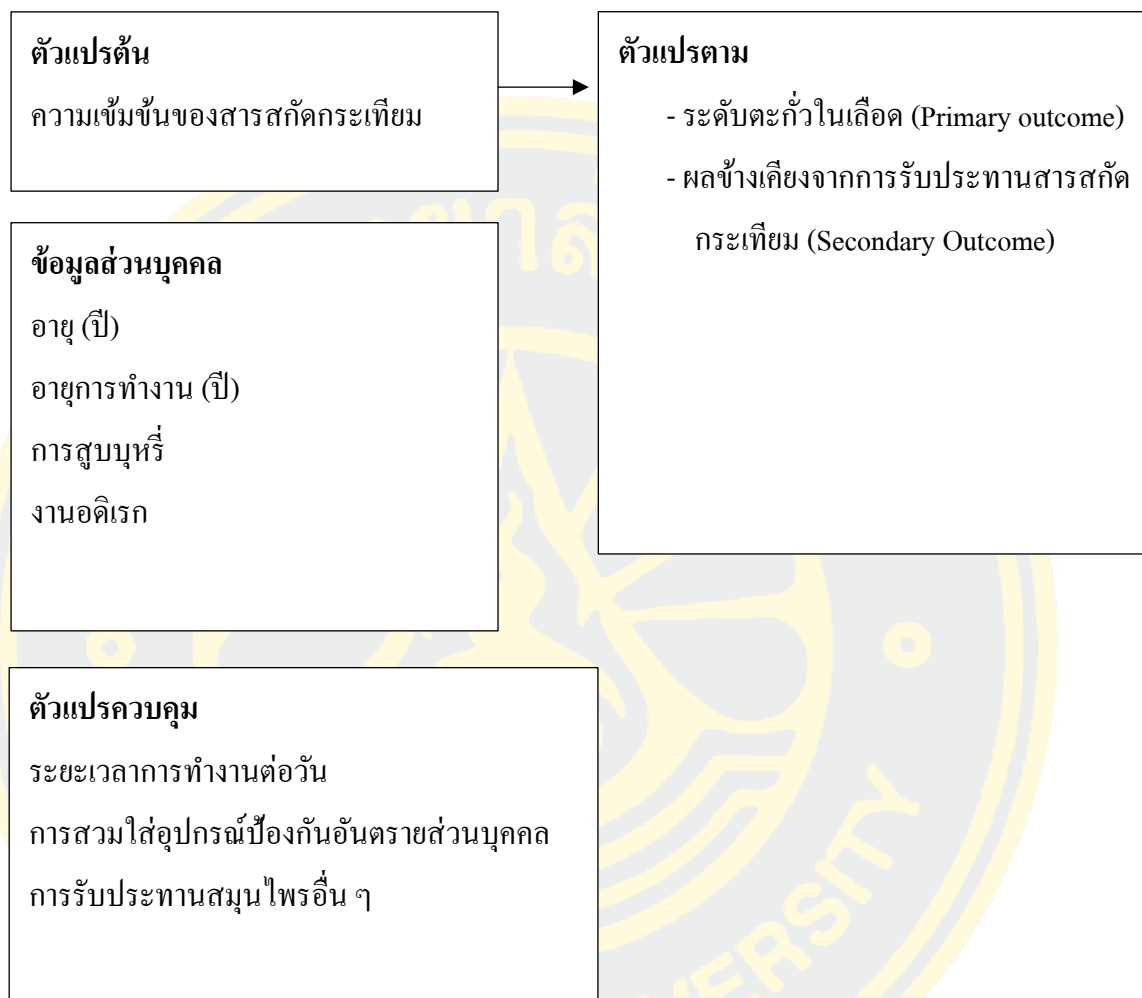
3. ระดับตะกั่วในเลือดหลังรับประทานสารสกัดกระเทียม 1200 มิลลิกรัมต่อวันน้อยกว่าระดับตะกั่วในเลือดก่อนรับประทาน

4. ระดับตะกั่วในเลือดหลังการรับประทานสารสกัดกระเทียม 1200 มิลลิกรัมต่อวันลดลงมากกว่าระดับตะกั่วในเลือดหลังการรับประทานสารสกัดกระเทียม 900 และ 0 มิลลิกรัมต่อวัน

5. ระดับตะกั่วในเลือดหลังการรับประทานสารสกัดกระเทียม 900 มิลลิกรัมต่อวันลดลงมากกว่าระดับตะกั่วในเลือดหลังการรับประทานสารสกัดกระเทียม 0 มิลลิกรัมต่อวัน



กรอบแนวคิดในงานวิจัย



ภาพที่ 1 กรอบแนวคิดในการวิจัย

ขอบเขตของการวิจัย

1. ขอบเขตของเนื้อหา

การวิจัยครั้งนี้ ทำการศึกษาประสิทธิผลของสารสกัดกระเทียมต่อระดับตะกั่วในเลือดของพนักงานฝ่ายผลิตโรงงานผลิตแบตเตอรี่แห่งหนึ่งในจังหวัดสมุทรปราการ โดยก่อนเริ่มการวิจัย ผู้วิจัยจะชี้แจงเกี่ยวกับการเข้าร่วมงานวิจัย แล้วทำการเจาะเลือดเพื่อตรวจวัดระดับตะกั่วในเลือดของผู้เข้าร่วมโครงการพื้นฐานก่อนเริ่มรับประทานสารสกัดกระเทียม จากนั้นสุ่มกลุ่มตัวอย่างเข้ากลุ่ม 3 กลุ่ม รับประทานสารสกัดกระเทียมต่อเนื่องทั้งหมด 14 วัน แล้วตรวจระดับตะกั่วในเลือดซ้ำอีกครั้ง

2. ขอบเขตด้านประชากรและพื้นที่

ประชากรที่ใช้ในการวิจัย คือ พนักงานฝ่ายผลิตโรงงานแบตเตอรี่แห่งหนึ่งในจังหวัดสมุทรปราการ โดยแบ่งพนักงานฝ่ายผลิตที่เข้าเกณฑ์การวิจัยออกเป็น 3 กลุ่ม กลุ่มละ 30 ราย โดยกำหนดให้กลุ่มที่ 1 เป็นกลุ่มควบคุม กลุ่มที่ 2 และ 3 เป็นกลุ่มทดลอง แล้วให้แต่ละกลุ่มรับประทานยาหลอกและสารสกัดกระเทียมที่ความเข้มข้นที่แตกต่างกันโดยอาศัยการสุ่มจากกระบวนการวิจัยในการแบ่งกลุ่ม

3. ขอบเขตด้านระยะเวลา

ระยะเวลาการศึกษาในครั้งนี้ ผู้วิจัยได้ดำเนินการให้ข้อมูลเกี่ยวกับกระบวนการวิจัย จนถึงการเก็บรวบรวมข้อมูล โดยใช้ระยะเวลาทำการศึกษาในช่วงเดือน มีนาคม ถึงเดือนพฤษภาคม พ.ศ. 2563

ประโยชน์ที่ได้รับ

1. ได้องค์ความรู้เกี่ยวกับประสิทธิผลของสารสกัดกระเทียมในการลดระดับตะกั่วในเลือดและทราบความเข้มข้นที่มีประสิทธิผลที่ดีในการลดระดับตะกั่วในเลือด
2. สามารถนำผลจากการวิจัยไปปรับใช้เพื่อเป็นทางเลือกหนึ่งในการรักษาระดับตะกั่วในเลือดเกินมาตรฐาน

นิยามศัพท์ที่ใช้ในการวิจัย

ความเข้มข้นของสารสกัดกระเทียม หมายถึง ปริมาณความเข้มข้นของกระเทียมที่แตกต่างกัน โดยแบ่งออกเป็น 3 กลุ่ม

1. ความเข้มข้นของผลกระเทียมสกัด 0 มิลลิกรัมต่อวัน (กลุ่มควบคุม)
2. ความเข้มข้นของกระเทียมสกัด 300 มิลลิกรัมต่อเม็ด รับประทาน 3 เวลา รวม 900 มิลลิกรัมต่อวัน

3. ความเข้มข้นของกระเทียมสกัด 400 มิลลิกรัมต่อเม็ด รับประทาน 3 เวลา รวม 1200 มิลลิกรัมต่อวัน

ระดับตะกั่วในเลือด หมายถึง ระดับตะกั่วในเลือดของพนักงานฝ่ายผลิตโรงงานผลิตแบตเตอรี่ตรวจวัด โดยเครื่อง Atomic Absorption Spectrophotometer (AAS) มีหน่วยเป็นไมโครกรัมต่อเดซิลิตร ด้วยวิธี NIOSH 8003

ผลข้างเคียงจากการรับประทานสารสกัดกระเทียม หมายถึง อาการผิดปกติที่อาจพบได้หลังจากการรับประทานสารสกัดกระเทียม ได้แก่

- กลืนไม่พืดประสงค์ ได้แก่ กลืนปากหรือกลืนตัวไม่พืดประสงค์
- อาการแพ้ ได้แก่ ผื่นแดงตามลำตัว คันตามตัว ตาบวม ปากบวม หรือมีอาการผิดปกติอื่นทันทีหลังรับประทาน
- เลือดออกง่ายหรือหยุดยาก ได้แก่ เลือดออกตามไรฟัน
- อาการแสดงระบบทางเดินอาหาร ได้แก่ ปวดจุกแน่นท้อง คลื่นไส้ อาเจียน ปวดแสบร้อนท้อง ปวดแสบคอ เจ็บหน้าอก
- อาการอื่น ๆ ได้แก่ ปัสสาวะบ่อย

อายุ (ปี) หมายถึง ช่วงเวลาตั้งแต่เกิดจนถึงวันที่เก็บข้อมูล ที่ได้จากการสอบถาม

การสูบบุหรี่ หมายถึง การใช้ยาสูบชนิดต่าง ๆ ไม่ว่าจะเป็น บุหรี่ ยาเส้น ซิการ์ บุหรี่ไฟฟ้า เป็นต้น แบ่งได้เป็น 3 ประเภทดังนี้

1. กำลังสูบบุหรี่อยู่ หมายถึง ในชีวิตที่ผ่านมาสูบบุหรี่และยังสูบบุหรี่
2. ไม่สูบบุหรี่ หมายถึง ในชีวิตที่ผ่านมาไม่สูบบุหรี่ หรือเลิกสูบบุหรี่แล้วมากกว่า 1 เดือน

อายุการทำงาน (ปี) หมายถึง ระยะเวลาตั้งแต่เริ่มเข้าทำงานฝ่ายผลิตแบตเตอรี่ในโรงงาน

งานอดิเรก หมายถึง สิ่งที่ทำยามว่างนอกเหนือจากงานประจำ ได้แก่ การยิงปืน ซ่อมรถ ระยะเวลาการทำงานต่อวัน (ชั่วโมง) หมายถึง ระยะเวลาในการทำงานเฉลี่ยต่อวัน

การใช้อุปกรณ์ป้องกันอันตรายส่วนบุคคล หมายถึง การสวมหน้ากากชนิด N95 และถุงมือขณะปฏิบัติงาน

การรับประทานสมุนไพรอื่น ๆ หมายถึง การรับประทานสมุนไพรสด หรือสารสกัดสมุนไพรนั้น ๆ โดยตรง สมุนไพรดังกล่าวได้แก่ ผักชีจีน ขมิ้น และใบแปะก๊วย

บทที่ 2

เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

ในการวิจัยครั้งนี้เพื่อศึกษาประสิทธิผลของกระเทียมระดับตะกั่วในเลือดของพนักงานโรงงานผลิตแบตเตอรี่แห่งหนึ่งในจังหวัดสมุทรปราการ โดยผู้วิจัยได้รวบรวมและศึกษาค้นคว้าข้อมูลจากหนังสือ วิทยานิพนธ์ งานวิจัย วารสาร และฐานข้อมูลออนไลน์ ที่เกี่ยวข้อง โดยมีหัวข้อการทบทวนวรรณกรรม ประกอบด้วยหัวข้อความหมายและประเภทของตะกั่ว อาชีพที่เสี่ยงต่อการรับสัมผัสตะกั่ว ความหมายและกระบวนการผลิตแบตเตอรี่ตะกั่วกรด เกสัชจลนศาสตร์ของตะกั่ว กลไกการเกิดพิษตะกั่ว ผลกระทบของตะกั่วต่ออวัยวะต่าง ๆ ในร่างกาย อาการแสดงจากพิษตะกั่ว การประเมินการรับสัมผัสตะกั่ว ปัจจัยนอกงานที่มีผลต่อระดับตะกั่วในเลือด การวินิจฉัยโรคพิษตะกั่ว การรักษาโรคพิษตะกั่วด้วยวิธีการลดการรับสัมผัส หรือการให้ยาขับโลหะ หรือการรักษาโดยสาธารณสุข กระเทียมและส่วนประกอบที่สำคัญของกระเทียม เกสัชจลนศาสตร์ของกระเทียม ผลกระทบต่อสุขภาพจากการรับประทานกระเทียม ขนาดของกระเทียมที่แนะนำรับประทานต่อวัน และผลข้างเคียงจากการรับประทานกระเทียมโดยมีรายละเอียดดังต่อไปนี้

คุณสมบัติและประเภทของตะกั่ว

1. คุณสมบัติของตะกั่ว

ตะกั่ว (Lead) เป็น โลหะชนิดหนึ่งที่มีสัญลักษณ์ของตะกั่ว คือ Pb ตะกั่วมีเลขอะตอม คือ 82 ความหนาแน่นของตะกั่ว คือ 11.34 กรัมต่อลูกบาศก์เดซิเมตร มีจุดหลอมเหลวต่ำที่อุณหภูมิ 327.46 องศาเซลเซียส อุณหภูมิเดือด 1740 องศาเซลเซียส ซึ่งหากตะกั่วถูกความร้อนที่อุณหภูมิเดือดจะกลายเป็นไอตะกั่ว (ชาคริต สุขเจริญ, 2547) ตะกั่วเกิดขึ้นเองได้ตามธรรมชาติ พบในชั้นใต้ดินของเปลือกโลก ตะกั่วเป็นธาตุโลหะที่นิยมนำมาใช้ประโยชน์ในเชิงอุตสาหกรรมหลากหลาย (The Agency for Toxic Substances and Disease Registry [ATSDR], 2017) (ก อ ง อ น ามั ย สิ่งแวดล้อม, 2552) แหล่งสินแร่ที่สำคัญที่พบตะกั่ว ได้แก่ แร่กาลีนา (Galena: PbS) นอกจากนี้ยังพบในแร่เชรริสไซต์ (Cerussite: $PbCO_3$) และแร่แองกลีไซต์ (Anglesite: $PbSO_4$) ด้วยเช่นกัน ซึ่งประเทศไทยพบแร่เหล่านี้มากในแถบภาคตะวันออกเฉียงเหนือ (งามพิศ แยมเนียม, 2543)

2. ประเภทของตะกั่ว ตะกั่วสามารถแบ่งออกเป็น 2 ประเภท คือ

2.1 ตะกั่วบริสุทธิ์ โลหะตะกั่วบริสุทธิ์มีสีเงินเทา มีความอ่อนตัวสูง หลอมเหลวง่าย ผสมเข้ากับโลหะต่าง ๆ ได้ดี สามารถละลายได้ในกรดแก่หรือความร้อน



ภาพที่ 2 สีนแร่กาลีนนา
(King, 2019)

2.2 สารประกอบตะกั่ว แบ่งเป็น 2 ประเภท คือตะกั่วอินทรีย์และตะกั่วอนินทรีย์

2.2.1 ตะกั่วอินทรีย์ (Alkyl lead) ได้แก่ สาร Tetramethyl lead (TML) และ Tetraethyl lead (TEL) ซึ่งเดิมเคยนิยมใช้เติมในน้ำมันเชื้อเพลิงเพื่อเพิ่มค่าออกเทน แต่ในปัจจุบันไม่ใช้แล้ว (Nelson et al., 2011; The Agency for Toxic Substances and Disease Registry [ATSDR], 2017)

2.2.2 ตะกั่วอนินทรีย์ มักมีสีส้มสดใส สามารถละลายน้ำได้ ตะกั่วอนินทรีย์ที่นิยมใช้ ได้แก่ Lead Oxide (PbO_2) ใช้ในโรงงานทำแบตเตอรี่ Lead Chromate ($PbCrO_4$) ใช้ทำสีทาบ้าน (โยธิน เบญจวง & วิลาวัณย์ จึงประเสริฐ, 2550)

กล่าวโดยสรุปตะกั่วเป็นโลหะที่ถูกนำมาใช้ประโยชน์มาก ซึ่งตะกั่วที่นิยมใช้เป็นตะกั่วบริสุทธิ์และตะกั่วอนินทรีย์ ส่วนตะกั่วอินทรีย์ปัจจุบันไม่ใช้แล้ว

อาชีพที่เสี่ยงต่อการรับสัมผัสตะกั่ว

อาชีพที่เสี่ยงต่อการรับสัมผัสตะกั่วมีหลากหลาย เช่น ศิลปินหรือช่างทาสี (สีที่ใช้อาจประกอบด้วยตะกั่ว) ช่างซ่อมรถ (ส่วนประกอบของรถอาจประกอบด้วยตะกั่ว) พนักงานที่ทำงานในโรงงานผลิตแบตเตอรี่ (แบตเตอรี่ประกอบด้วยตะกั่ว) พนักงานรีออดนสะพาน (สีที่ใช้อาจประกอบด้วยตะกั่ว) คนงานก่อสร้าง (วัสดุที่ใช้อาจประกอบด้วยตะกั่ว) ครูสอนยิงปืน (กระสุนประกอบด้วยตะกั่ว) พนักงานที่ทำงานในโรงงานผลิตแก้ว (ตะกั่วอาจใช้ในการผลิตแก้ว) พนักงานที่ทำงานในโรงงานผลิตตะกั่ว หรือเหมืองตะกั่ว หรือถลุงตะกั่ว หรือหลอมตะกั่ว พนักงานที่ทำงาน

ในโรงงานผลิตกระสุน เซรามิก หรืออุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ (ผลิตภัณฑ์ประกอบด้วยตะกั่ว) พนักงานที่ทำงานในโรงงานผลิตพลาสติก (วัสดุประกอบด้วยตะกั่ว) ตำรวจหรือทหาร (กระสุนประกอบด้วยตะกั่ว) ช่างซ่อมหม้อน้ำ (หม้อน้ำประกอบด้วยตะกั่ว) พนักงานทำงานรีไซเคิลอิเล็กทรอนิกส์หรือแบตเตอรี่ (วัสดุอาจประกอบด้วยตะกั่ว) พนักงานที่ทำงานในโรงงานผลิตงาน (กระบวนการผลิตอาจประกอบด้วยตะกั่ว) ช่างสร้างเรือ (วัสดุที่ใช้ อาจประกอบด้วยตะกั่ว) และช่างเชื่อมโลหะ (โลหะอาจประกอบด้วยตะกั่ว) เป็นต้น (The National Institute for Occupational Safety and Health [NIOSH], 2018)

จากข้างต้นจะเห็นได้ว่า มีลูกจ้างหรือผู้ประกอบการหลายแขนงที่เสี่ยงต่อการรับสัมผัสกับตะกั่ว ส่วนการศึกษานี้เป็นพนักงานที่ปฏิบัติงานใน โรงงานผลิตแบตเตอรี่ ดังนั้นจึงควรเฝ้าระวังภาวะสุขภาพพิษตะกั่วในกลุ่มเสี่ยงนี้ทุกราย

ความหมายและกระบวนการผลิตแบตเตอรี่ตะกั่วกรด

ตะกั่วถูกนำไปใช้ผลิตแบตเตอรี่ตะกั่วกรดที่เป็นส่วนหนึ่งของอุตสาหกรรมชิ้นส่วนยานยนต์ที่เป็นที่ต้องการของตลาดอย่างต่อเนื่อง ทำให้มีพนักงานกลุ่มนี้เสี่ยงต่อการรับสัมผัสตะกั่วอย่างยิ่ง ผู้วิจัยจึงได้ค้นคว้าเกี่ยวกับความหมายและกระบวนการผลิตแบตเตอรี่ เพื่อเข้าใจกระบวนการผลิตที่ทำให้เกิดการรับสัมผัสตะกั่ว โดยมีรายละเอียดดังนี้

1. แบตเตอรี่

แบตเตอรี่ คือ อุปกรณ์สำรองพลังงานรูปแบบหนึ่งที่สามารถเปลี่ยนพลังงานเคมีให้เป็นพลังงานไฟฟ้าได้ (นพรุจ ฤทธานนท์, 2554) สำหรับแบตเตอรี่ตะกั่วกรดเป็นแบตเตอรี่ชนิดหนึ่งที่นิยมนำมาใช้เป็นพลังงานขับเคลื่อนในรถยนต์ ใช้เป็นพลังงานสำรองในบ้านเรือน เป็นต้น

1.1 ประเภทของแบตเตอรี่ตะกั่วกรด แบ่งตามการใช้งานได้ 3 ประเภท (พิมพ์ ลิ้มทองกุล, 2558) ได้แก่ แบตเตอรี่สำหรับสตาร์ทยานยนต์ แบตเตอรี่แบบดึบไซเคิล และแบตเตอรี่สเตชันนารี ดังนี้

1.1.1 แบตเตอรี่สำหรับสตาร์ทเครื่องยนต์/แบตเตอรี่เครื่องยนต์ (Starting Lighting Ignition Battery) เพื่อใช้งานที่ต้องการใช้กระแสไฟฟ้าสูงในระยะสั้น เช่น สตาร์ทเครื่องยนต์ เครื่องจักร หรือ สตาร์ทรถยนต์ เป็นต้น แบตเตอรี่ชนิดนี้มีสัดส่วนการใช้งานมากที่สุด

1.1.2 แบตเตอรี่แบบดึบไซเคิล (Deep cycle) เพื่อใช้งานที่ต้องการจ่ายกระแสไฟฟ้าต่อเนื่อง เช่น รถไฟฟ้า รถโฟล์คลิฟท์ หรือใช้เก็บไฟฟ้าในพลังงานหมุนเวียนอื่น เช่น เซลล์แสงอาทิตย์ เป็นต้น

1.1.3 แบตเตอรี่แบบสเตชันนารี (Stationary) เพื่อใช้งานต่อเนื่องเป็นระยะเวลานาน แต่ใช้ในเหตุฉุกเฉินครั้งคราวเท่านั้น

1.2 ส่วนประกอบของแบตเตอรี่ตะกั่วกรด (นรมน อินทรานนท์, 2560)

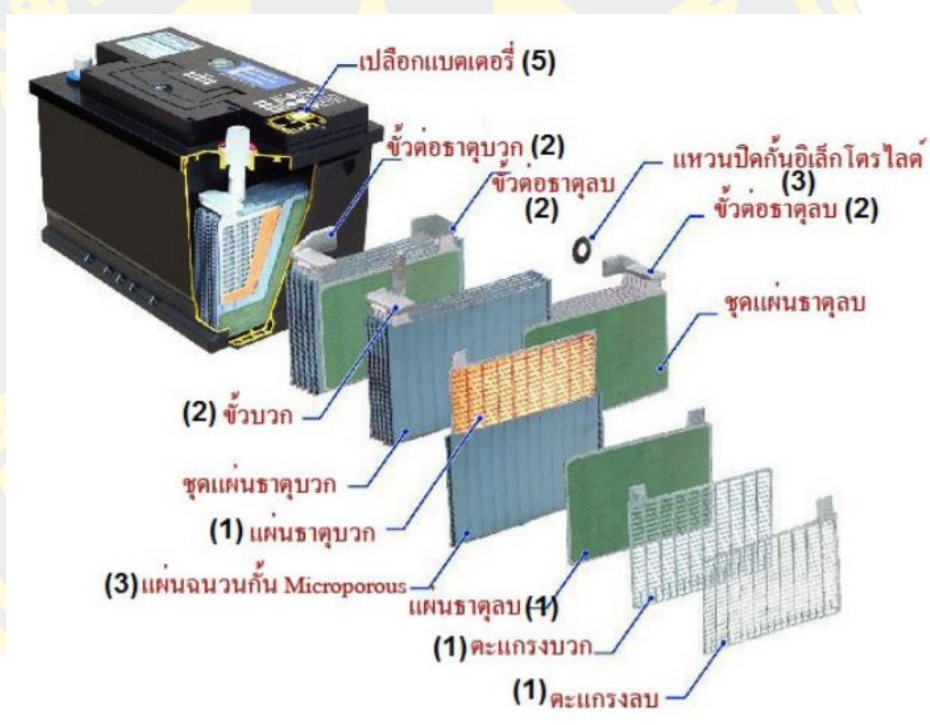
1.2.1 แผ่นธาตุบวกผลิตจากตะกั่วออกไซด์ และแผ่นธาตุลบผลิตจากตะกั่ว

1.2.2 ขั้วไฟฟ้าบวกและลบ ที่เป็นจุดเชื่อมระหว่างแบตเตอรี่ ผลิตจากตะกั่ว

1.2.3 แผ่นฉนวนกันระหว่างขั้วบวกและลบ

1.2.4 สารละลายกรดซัลฟิวริก

1.2.5 ภาชนะพลาสติกสำหรับบรรจุ



ภาพที่ 3 ส่วนประกอบของแบตเตอรี่ตะกั่วกรด

(นรมน อินทรานนท์, 2560)

2. กระบวนการผลิตแบตเตอรี่

ในโรงงานผลิตแบตเตอรี่ทั่วไป เทคนิคและเครื่องมือการผลิตแบตเตอรี่อาจแตกต่างกันขึ้นอยู่กับแต่ละโรงงาน แต่อย่างไรก็ตามหลักการผลิตแบตเตอรี่ตะกั่วกรดมีหลักการและขั้นตอนการผลิตที่สำคัญ ดังนี้ (Basit, Karim, & Munshi, 2015; van der Kuijp, Huang, & Cherry, 2013)

1. การหล่อชิ้นส่วนโครงสร้างภายในแบตเตอรี่ โดยการนำตะกั่ว เข้าไปหลอมในเตา หลอม ตะกั่วที่หลอมละลายแล้วจะถูกใส่ในแม่พิมพ์เพื่อหล่อเป็น โครงแผ่นธาตุ (Grid)

2. การผลิตแผ่นธาตุบวกและแผ่นธาตุลบ โดยนำผงตะกั่วออกไซด์ที่บดแล้วผสมเข้ากับ กรดซัลฟิวริกเจือจาง ได้เป็นสารผสมลักษณะคล้ายแป้งชั้น เรียก Paste แล้วนำไปผสมกับสารเคมี ต่าง ๆ แบ่งเป็น 2 ชนิด คือ Paste บวกและลบ ภายหลังจากการทำ Paste ลงบนแผ่น Grid แล้วจะ นำไปอบด้วยความร้อนให้แห้ง

3. การทำให้เกิดความต่างศักย์ไฟฟ้าแก่แผ่นธาตุบวกและแผ่นธาตุลบ นำแผ่นธาตุที่ผ่าน การอบและตรวจสอบคุณภาพแล้ว มาเรียงในถังบรรจุกรดซัลฟิวริกเจือจางแล้วอัดกระแสไฟฟ้าผ่าน เข้าไปแผ่นธาตุบวกและแผ่นธาตุลบ

4. การประกอบหม้อแบตเตอรี่ นำแผ่นธาตุตามจำนวนที่ต้องการบรรจุลงในเปลือกหม้อ ประสานสะพานเชื่อมระหว่างขั้วบวกและลบ กลายเป็นแบตเตอรี่สำเร็จรูป

กล่าวโดยสรุปในการผลิตแบตเตอรี่มีการใช้ตะกั่วเป็นวัตถุดิบหลักในผลิต ซึ่งทำให้ พนักงานที่ทำงานฝ่ายผลิตแบตเตอรี่ตะกั่วกรด มีโอกาสรับสัมผัสตะกั่วในเกือบทุก ๆ ขั้นตอน

เภสัชจลนศาสตร์ของตะกั่ว

เภสัชจลนศาสตร์ของตะกั่วประกอบด้วย การดูดซึมตะกั่วเข้าสู่ร่างกาย การกระจายตัวไป ยังอวัยวะต่าง ๆ และสุดท้ายการขับตะกั่วออกจากร่างกาย โดยมีรายละเอียดดังนี้

1. การดูดซึม ตะกั่วสามารถดูดซึมเข้าสู่ร่างกายของมนุษย์ผ่าน 3 ทาง คือ ทางเดินหายใจ ทางระบบทางเดินอาหาร และทางผิวหนัง ดังนี้ (Nelson et al., 2011; The Agency for Toxic Substances and Disease Registry [ATSDR], 2017)

1.1 ทางเดินหายใจ

สารประกอบอนินทรีย์และตะกั่วบริสุทธิ์ ถูกดูดซึมผ่านทางเดินหายใจได้ดี โดยดูดซึม ผ่านทางเดินหายใจได้ประมาณ 30-40% แต่ทั้งนี้อาจดูดซึมได้มากขึ้นกับอัตราการหายใจ ความ เข้มข้นของตะกั่วในอากาศ หรือสภาวะการออกแรงของร่างกาย เป็นต้น

1.2 ทางระบบทางเดินอาหาร

ตะกั่วถูกดูดซึมผ่านทางเดินอาหารในผู้ใหญ่ได้ประมาณ 10-15% แตกต่างจากเด็กที่ พบว่า ร่างกายสามารถดูดซึมตะกั่วผ่านทางเดินอาหารได้ถึง 40-50% และในสภาวะที่ร่างกายค ดอาหาร หรือมีภาวะขาดธาตุเหล็ก แคลเซียม และสังกะสี ร่างกายจะดูดซึมตะกั่วผ่านทางเดินอาหาร มากกว่าปกติ อัตราการดูดซึมโลหะขึ้นอยู่กับขนาดของโลหะ และภาวะเป็นกรดในทางเดินอาหาร

1.3 ทางผิวหนัง

ตะกั่วจะถูกดูดซึมผ่านทางผิวหนัง โดยสามารถดูดซึมตะกั่วได้น้อยประมาณ 0.06% เท่านั้น

2. การกระจายตัวของตะกั่ว การกระจายตัวของตะกั่วภายในร่างกาย เมื่อตะกั่วเข้าสู่ร่างกายประมาณ 99% เข้าไปจับกับเม็ดเลือดแดง แล้วถูกส่งกระจายไปสะสมที่อวัยวะต่าง ๆ ในผู้ใหญ่ตะกั่วประมาณ 95% จะเข้าไปสะสมในกระดูก ส่วนที่เหลือจะสะสมในอวัยวะเนื้อเยื่อต่าง ๆ เช่น ตับ ไต ไชกระดูก และสมอง เป็นต้น (Nelson et al., 2011)

3. การกำจัดตะกั่ว ร่างกายจะมีการกำจัดตะกั่วออกจากร่างกายได้ เนื่องจากตะกั่วอินทรีย์จะไม่ถูกเมแทบอลิซึม ตะกั่วที่ไม่ได้สะสมตามอวัยวะต่าง ๆ จะถูกขับออกทางปัสสาวะประมาณ 65% และทางน้ำดีประมาณ 35% ค่าครึ่งชีวิตของตะกั่วในเลือดอยู่ที่ประมาณ 30-40 วัน ค่าครึ่งชีวิตของตะกั่วในเนื้อเยื่อ เช่น สมอง ตับ ม้าม ไชกระดูก อยู่ที่ประมาณ 30-40 วัน (The Centers for Disease Control and Prevention [CDC], 2017) ค่าครึ่งชีวิตของกระดูกเนื้อโปรงอยู่ที่ 90 วัน และค่าครึ่งชีวิตในกระดูกแข็งอยู่ที่ประมาณ 10-20 ปี ตะกั่วในกระดูกจะถูกปล่อยออกมาสู่เลือดอย่างช้า ๆ ก่อนถูกกำจัดออกทางปัสสาวะ เป็นต้น (Nelson et al., 2011)

กล่าวโดยสรุปได้ว่าตะกั่วสามารถเข้าสู่ร่างกายได้เส้นทาง เมื่อเข้าสู่ร่างกายแล้วจะไปสะสมยังอวัยวะต่าง ๆ โดยระยะกำจัดตะกั่วออกจากร่างกายขึ้นกับแต่ละอวัยวะ แต่การกำจัดออกจากกระดูกแข็งนานที่สุด คือประมาณ 10-20 ปี ซึ่งแม้ไม่ได้หยุดรับสัมผัสตะกั่วแล้ว ก็มีโอกาที่พบตะกั่วในร่างกายได้

กลไกการเกิดพิษพิษตะกั่ว

กลไกการเกิดพิษพิษตะกั่ว เกิดขึ้นได้จากหลายกลไก แต่อย่างไรก็ตาม สามารถแบ่งได้เป็น 2 กลุ่ม คือ กลไกจากการที่ตะกั่วเข้าไปทำปฏิกิริยาโดยตรง และ กลไกจากกระตุ้นให้พิษทางอ้อม โดยมีรายละเอียดดังนี้

1. กลไกทางตรง (Nelson et al., 2011)

1.1 ตะกั่วมีความสามารถในการจับสารประกอบในร่างกาย จำพวก Electron donor ligand เช่น สารประกอบ Sulfhydryl group

1.2 ตะกั่วเป็นสารเคมีที่มีคุณสมบัติคล้ายกับแคลเซียม และสังกะสี ทำให้ตะกั่วสามารถเลียนแบบและรบกวนการทำงานในระบบต่าง ๆ ของร่างกายที่มีสารแคลเซียมและสังกะสีทำงานอยู่ได้

1.3 ในการทดลองในหลอดทดลองพบว่าตะกั่วสามารถกระตุ้นให้เซลล์ร่างกายที่เป็นเซลล์กล้ามเนื้อทำงานมากขึ้นและกระตุ้นให้เกิดมะเร็งในหนู

2. กลไกทางอ้อม (Kim et al., 2015; Thuppil & Tannir, 2013)

2.1 ตะกั่วสามารถทำให้เกิด Reactive oxidative species

2.2 ตะกั่วทำให้สาร Antioxidant ในร่างกายลดลง

กล่าวโดยสรุปตะกั่วสามารถก่อให้เกิดได้จากตะกั่วเข้าไปทำปฏิกิริยากับพันธะในเซลล์ หรือ แทนที่แร่ธาตุในร่างกายได้โดยตรง หรืออาจกระตุ้นให้เกิดสารอนุมูลอิสระ ซึ่งสารอนุมูลอิสระนี้สามารถกระตุ้นให้เกิดพิษต่ออวัยวะได้

ผลกระทบของตะกั่วต่ออวัยวะต่าง ๆ ในร่างกาย

ผลกระทบของตะกั่วต่ออวัยวะต่าง ๆ ในร่างกาย โดยผู้เป็นพิษจากตะกั่ว อาจจะมีอาการแสดงและระยะเวลาแสดงอาการ หลังจากสัมผัสตะกั่วของโรคพิษจากตะกั่ว ขึ้นกับระดับตะกั่วที่สะสมในอวัยวะต่าง ๆ โดยตะกั่วสามารถเป็นพิษต่อระบบประสาท พิษตะกั่วต่อระบบเลือด พิษต่อไต พิษต่อหัวใจและหลอดเลือด พิษต่อระบบสืบพันธุ์ พิษต่อระบบทางเดินอาหาร พิษต่อต่อมไร้ท่อ พิษต่อกระดูก และมีฤทธิ์ลดการสร้างสารต้านอนุมูลอิสระ โดยมีรายละเอียด ดังนี้

1. ความเป็นพิษต่อระบบประสาท

ตะกั่วสามารถก่อให้เกิดพิษต่อระบบประสาท ผ่านหลายกลไก เช่น Apoptosis, Excitotoxicity ทำให้เกิดผลกระทบต่อสารสื่อประสาท พิษต่อ Mitochondria หรือพิษต่อผนังหลอดเลือดในเซลล์ประสาท ทำให้เซลล์ประสาททำงานผิดปกติ รวมถึงรบกวนการสร้างปลอกหุ้มเส้นประสาทให้ผิดปกติไป (Baranowska-Bosiacka, Gutowska, Rybicka, Nowacki, & Chlubek, 2012; Mason et al., 2014; Nelson et al., 2011)

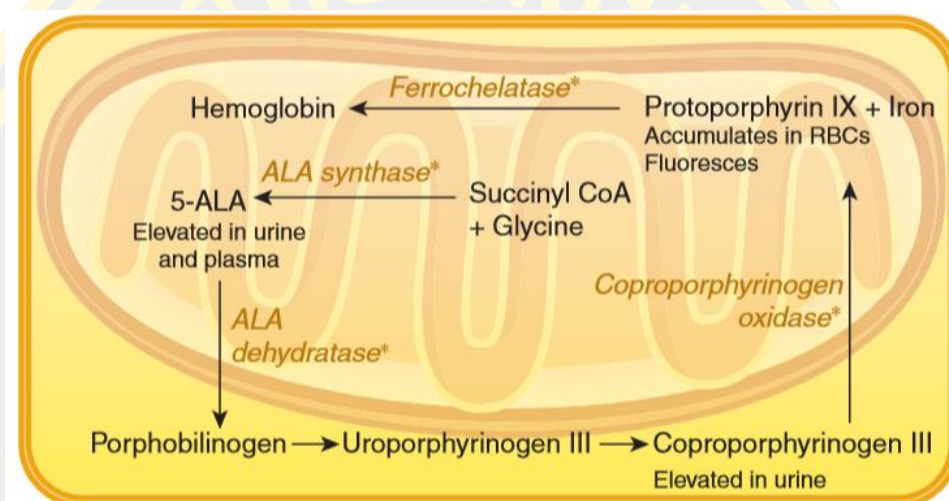
ตะกั่วกระตุ้นให้สารสื่อประสาททำงานผิดปกติ โดยเข้าไปจับกับ Ca Channels ทำให้ยับยั้งการปล่อย Acetylcholine, Dopamine และ Amino Acid ซึ่งมีผลสำคัญต่อการพัฒนาระบบประสาทในเด็ก ในภาวะปกติของเด็กจะมีการสร้างเซลล์ประสาทและเชื่อมโยงเข้าด้วยกัน ระยะเวลาต่อมาจุดเชื่อมโยงเซลล์ประสาท (Synapse) บางจุดที่ไม่ได้ใช้งานจะถูกสลายทิ้งไป แต่เด็กที่ได้รับสัมผัสตะกั่วจะมีผลกระทบต่อสารสื่อประสาทและกระบวนการจัดระเบียบเส้นเชื่อมโยงประสาทในสมองทำงานผิดปกติไป นอกจากนี้ตะกั่วยังกระตุ้นให้เกิดสารอนุมูลอิสระที่ก่อให้เกิดพิษโดยตรงกับสมองด้วยเช่นกัน ตะกั่วมักจะไปสะสมที่สมองบริเวณ Hippocampus ที่ทำหน้าที่เกี่ยวกับกระบวนการคิด ความจำและการเรียนรู้ได้ (Baranowska-Bosiacka et al., 2012; Mason et al., 2014)

อย่างไรก็ตามในผู้ใหญ่ความเป็นพิษต่อระบบประสาทส่วนปลายเด่นชัดกว่าพิษต่อระบบประสาทส่วนกลาง ซึ่งพบว่าตะกั่วสามารถทำลาย Schwann cell หรือ ทำลายเส้นประสาทที่ไม่มี

Myelin หุ้ม รวมถึงทำให้ Axon เสื่อมสภาพ และนอกจากนี้ยังพบอีกด้วยว่าเส้นประสาทรับความรู้สึกมักจะได้รับผลกระทบน้อยกว่าเส้นประสาทสั่งการ (Nelson et al., 2011; ATSDR, 2017)

2. ความเป็นพิษต่อระบบเลือด

ตะกั่วก่อให้เกิดพิษต่อระบบเลือดผ่านหลายกลไก โดยเข้าไปยับยั้งการทำงานของเอนไซม์ที่เกี่ยวข้องในกระบวนการสร้าง Heme biosynthetic pathway ทำให้เยื่อหุ้มเซลล์ของเม็ดแดงเปราะแตกง่าย และ Erythrocyte มีอายุสั้นกว่าปกติ



ภาพที่ 4 กระบวนการสร้าง Heme ปกติ

* หมายถึง ถูกยับยั้งโดยตะกั่ว

(Nelson et al., 2011)

ตะกั่วสามารถยับยั้งการทำงานของ $\text{Na}^+\text{-K}^+\text{-ATPase}$ และ Pyrimidine-5'-Nucleotidase ทำให้เยื่อหุ้มเซลล์เม็ดเลือดแดงไม่แข็งแรง ในภาวะปกติเอนไซม์ Pyrimidine-5'-Nucleotidase สามารถกำจัด RNA ที่เสื่อมสภาพในเซลล์เม็ดเลือดแดงได้ แต่เมื่อได้รับตะกั่วเข้าสู่ร่างกายจะยับยั้งเอนไซม์ทำให้ไม่สามารถกำจัด RNA ได้ ก่อให้เกิดการรวมตัวกัน เรียกว่า Basophilic stripping (Nelson et al., 2011)

The Center for Disease Control and Prevention (CDC) แห่งประเทศสหรัฐอเมริกา ได้นำระดับตะกั่วในเลือดที่เหมาะสมสำหรับเด็กและผู้ใหญ่ไม่ควรเกิน 5 $\mu\text{g}/\text{dl}$ แต่อย่างไรก็ดีไม่มีระดับตะกั่วในเลือดที่ปลอดภัยอย่างแท้จริง และบางรายแม้จะหยุดรับสัมผัสตะกั่วไปแล้ว ตะกั่วที่สะสมอยู่ในกระดูกจะถูกปล่อยออกมาอย่างช้า ๆ พบว่าประมาณ 40-70% ของระดับตะกั่วใน

เลือดมาจากตะกั่วที่ปล่อยออกมาจากกระดูก (CDC, 2017) และมากขึ้นเมื่อร่างกายเข้าสู่ภาวะการณั้ตั้งครันท์ ้วยหมดประจำเดือน หรือการให้นมบุตร (CDC, 2019)

3. ความเป็นพิษต่อไต

ตะกั่วสามารถก่อให้เกิดภาวะไตวายเฉียบพลันได้ โดยไปรบกวนการขนส่งพลังงานให้ลดลง ทำให้มีการขับกรดอะมิโน น้ำตาล หรือฟอสเฟตออกมากับปัสสาวะ คล้ายคนที่เป็นโรค Fanconi syndrome ซึ่งการเปลี่ยนแปลงนี้จะรบกวนปฏิกิริยาการหายใจในระดับเซลล์ และปฏิกิริยา Phosphorylation แต่อย่างไรก็ตามหากหยุดรับสัมผัสตะกั่ว หรือได้รับการรักษาพิษตะกั่ว ปฏิกิริยาต่าง ๆ ในไตจะกลับคืนสู่สภาพเดิม ลักษณะพยาธิสภาพของไต พบว่า สามารถเกิดผังพืดที่เนื้อไต และก่อให้เกิดมะเร็งในหนูทดลองได้ แต่กลไกการเกิดมะเร็งในคนไม่ชัดเจน นอกจากนี้ยังสามารถทำให้เป็นโรคเกาต์ จากการที่ตะกั่วเข้าไปลดการขับกรดยูริก (Uric acid) ทำให้ความเข้มข้นของกรดยูริกในเลือดสูงเกินกว่าปกติ (Nelson et al., 2011; Rana et al., 2019)

4. ความเป็นพิษต่อระบบหัวใจและหลอดเลือด

ตะกั่วสามารถก่อให้เกิดเป็นโรคความดันโลหิตสูงได้ จากการรบกวนการทำงานของแคลเซียมที่ทำหน้าที่กระตุ้นให้กล้ามเนื้อเรียบของหลอดเลือดหดตัว (Gambelunghe et al., 2016; Nelson et al., 2011)

5. ความเป็นพิษต่อระบบสืบพันธุ์

ตะกั่วสามารถทำให้สมรรถภาพระบบสืบพันธุ์ทำงานผิดปกติได้ การทดลองในสัตว์พบว่า ตะกั่วมีผลต่อการการแบ่งเซลล์ของตัวอ่อนและทำให้โครโมโซมผิดปกติ (Ayoka, Ademoye, Imafidon, Ojo, & Oladele, 2016)

6. ความเป็นพิษต่อต่อมไร้ท่อ

พบรายงานว่า ตะกั่วที่สะสมที่ต่อมไร้ท่อ สามารถก่อให้เกิดพิษสามารถยับยั้งการหลั่งของฮอร์โมนต่าง ๆ เช่น ฮอร์โมน TSH GH FSH/LH เป็นต้น ส่งผลให้เกิดการทำงานของต่อมไร้ท่อผิดปกติไป (Badiei et al., 2009)

7. ความเป็นพิษต่อระบบทางเดินอาหาร

ตะกั่วที่ไปสะสมบริเวณลำไส้สามารถกระตุ้นให้เกิดการหดตัวของกล้ามเนื้อเรียบของผนังลำไส้เล็กทำให้ผู้ป่วยโรคพิษตะกั่วมีอาการปวดท้องได้ (Nelson et al., 2011)

8. ความเป็นพิษต่อระบบกระดูก

กระดูกเป็นอวัยวะเป้าหมายหลักที่ตะกั่วเข้าไปสะสม มีการศึกษาพบว่า ตะกั่วมีผลต่ออัตราการเผาผลาญพลังงานของกระดูก โดยตะกั่วมีผลทำให้ลดความเข้มข้นของฮอร์โมน

1, 25-dihydroxy vitamin D₃ และยิบยั้งฮอร์โมน Osteocalcin นอกจากนี้ตัวยังรบกวนการสร้างและสลายกระดูก ซึ่งมีผลต่อการเจริญเติบโตของความสูงในเด็กได้หากเข้าไปสะสมในบริเวณ Metaphyseal plate (Nelson et al., 2011; Puzas, Campbell, O'Keefe, & Rosier, 2004)

9. ความเป็นพิษต่อสารต้านอนุมูลอิสระ

ในสภาวะปกติร่างกายสามารถสร้างสารอนุมูลอิสระ จาก Mitochondria, CYP450, Peroxisomes ได้ ในขณะที่เดียวกันก็สร้างสารต้านอนุมูลอิสระออกมากำจัดสารพิษเหล่านี้ แต่ในภาวะที่ร่างกายรับสัมผัสตะกั่วเข้ามา ตะกั่วจะกระตุ้นให้สร้างสารอนุมูลอิสระมากเกินไป และลดการสร้างสารต้านอนุมูลอิสระ ทำให้อวัยวะได้รับพิษจากสารอนุมูลอิสระได้ (Thuppil & Tannir, 2013) โดยสารอนุมูลอิสระเป็น โมเลกุลที่มีความเสถียรต่ำ เนื่องจากขาดประจุอิเล็กตรอนไป 1 ตัว ทำให้ต้องไปทำปฏิกิริยากับโมเลกุลภายในเซลล์ เช่น เซลล์ในอวัยวะต่าง ๆ ไขมัน โปรตีน น้ำตาล หรือกรดนิวคลีอิก (โกสินทร์ วิระษร, กุลธิดา กล้ารอด, ประณิธิ หงส์ประภาส และพัชรี บุญศิริ, 2557) ซึ่งมีผลให้เกิดการทำลายดีเอ็นเอที่อาจกระตุ้นให้เกิดมะเร็งได้ หรือ กระตุ้นเซลล์ในอวัยวะต่าง ๆ ทำงานผิดปกติ ก่อให้เกิดโรคต่าง ๆ (Nelson et al., 2011) เช่น โรคหัวใจและหลอดเลือด โรคสมองเสื่อม โรคหอบ เป็นต้น

กล่าวโดยสรุปตะกั่วสามารถก่อให้เกิดพิษต่ออวัยวะต่าง ๆ ที่ร่างกาย พิษต่อบางอวัยวะอาจเป็นแค่ชั่วคราว เช่น เลือดจาง หากระดับตะกั่วลดลง อาการเลือดจางจะลดลง แต่พิษต่อบางอวัยวะเช่น ต่อระบบประสาทอาจเป็นถาวร

อาการแสดงของจากพิษตะกั่ว

อาการแสดงพิษตะกั่วขึ้นอยู่กับปริมาณที่สะสมในเนื้อเยื่ออ่อน และระยะเวลาสัมผัส ซึ่งโดยส่วนใหญ่แล้วผู้ป่วยจะมีอาการแสดงพิษตะกั่วแบบเฉียบพลัน หากสัมผัสในปริมาณมากในครั้งเดียว หรือพิษแบบเรื้อรัง หากสัมผัสปริมาณน้อยหลายๆ ครั้ง ซึ่งอาการแสดงจากการสัมผัสเรื้อรังสามารถแบ่งตามระดับตะกั่วในเลือดได้ 3 ระดับ ดังนี้ (Nelson et al., 2011)

1. ระดับตะกั่วในเลือด 20-69 $\mu\text{g}/\text{dl}$ มีอาการแสดงพิษระดับเล็กน้อย ได้แก่ เหนื่อยเพลีย มีผลรบกวนการนอนหลับ ขาดความสนใจในกิจกรรมที่เคยชอบ รบกวนความสามารถในการนึกคิด มีผลต่อความหนาแน่นของกระดูก ความดันโลหิตสูง เป็นต้น (Nelson et al., 2011)

2. ระดับตะกั่วในเลือด 70-100 $\mu\text{g}/\text{dl}$ อาการแสดงพิษระดับปานกลาง ได้แก่ ปวดหัว ความจำลดลง นอนไม่หลับ ขาดอารมณ์ทางเพศ ชาปลายมือปลายเท้า การรับรสมีรสฝาด ปวดท้อง เบื่ออาหาร เลือดจาง ปวดข้อ เป็นต้น (Nelson et al., 2011)

3. ระดับตะกั่วในเลือดที่ $>100 \mu\text{g/dl}$ มีอาการแสดง ได้แก่ ซึม ชัก ปวดหัว ชั่วประสาทตา บวม ปลายประสาทอักเสบ อาการแสดงของภาวะความดันในกะโหลกศีรษะสูง ไม่สามารถกระดก ข้อมือข้อเท้าได้ ปวดท้อง ไตอักเสบ เป็นต้น ซึ่งบางอาการแม้ว่าจะรักษาหายแล้ว แต่ก็ไม่สามารถ กลับมาปกติได้เช่นเดิม (Nelson et al., 2011)

แต่ทั้งนี้อาการแสดงเหล่านี้ขึ้นอยู่กับปัจจัยส่วนบุคคล เนื่องจากอาการพิษจากตะกั่วมีอาการแสดงที่ไม่จำเพาะ ดังนั้นลักษณะอาการสำคัญที่พบที่ชวนให้สงสัยว่าเกิดพิษจากตะกั่ว ได้แก่ อาการปวดท้อง โลหิตจาง และ Peripheral neuropathy เช่น ไม่สามารถกระดกข้อมือข้อเท้าขึ้นได้

การประเมินการรับสัมผัสตะกั่ว

การประเมินและวินิจฉัยโรคพิษจากตะกั่ว จำเป็นต้องส่งตรวจทางห้องปฏิบัติการเพื่อ ยืนยัน สำหรับการประเมินการรับสัมผัสตะกั่วสามารถทำได้หลากหลายวิธี ประกอบด้วย Whole venous blood lead level, Hair lead level concentration, Urine lead concentrations, Erythrocyte Protoporphyrin (EP), Zinc Protoporphyrin (ZPP), Delta-Aminolevulinic Acid Dehydratase (ALAD), Aminolevulinic Acid (ALA) และ X-ray fluorescence ดังนี้

1. ประเมินระดับตะกั่วในเลือด (Whole venous blood lead level)

การประเมินตะกั่วด้วยวิธี Whole venous blood lead level เป็นวิธีที่สามารถประเมินการ รับสัมผัสตะกั่วระยะเฉียบพลันและเรื้อรัง (Nelson et al., 2011) สามารถใช้เป็นตัวบ่งชี้ที่แม่นยำใน การประเมินความเป็นพิษตะกั่วเพื่อเฝ้าระวังอันตรายจากตะกั่ว การตรวจด้วย Whole venous blood lead level (Parsons & Chisolm, 1997) แนะนำให้วิเคราะห์ด้วยวิธี Inductively Coupled Plasma Mass Spectrometry (ICP-MS) หรือ Graphite Atomic Absorption Spectrophotometry (GAAS) (Advisory Committee on Childhood Lead Poisoning Prevention [ACCPP], 2013)

2. ประเมินระดับตะกั่วในเส้นผมหรือปัสสาวะ (Hair หรือ Urine lead concentrations)

การประเมินการรับสัมผัสตะกั่วด้วยการตรวจเส้นผม หรือปัสสาวะ พบว่าไม่ได้ ประโยชน์ในการเฝ้าระวังอันตรายจากตะกั่ว เนื่องจากระดับตะกั่วที่พบในเส้นผมและปัสสาวะ ไม่ได้บ่งบอกระดับการรับสัมผัส ระดับการสะสมของตะกั่วในร่างกาย และการเกิดพิษของตะกั่ว (Nelson et al., 2011; Parsons & Chisolm, 1997)

3. ประเมิน Erythrocyte Protoporphyrin (EP) หรือ Zinc Protoporphyrin (ZPP) ในเลือด

การประเมินตะกั่วด้วยวิธี Erythrocyte Protoporphyrin (EP) และ Zinc Protoporphyrin (ZPP) เป็นการประเมินการรับสัมผัสตะกั่วทางอ้อม จากการตะกั่วเข้าไปยับยั้งการสร้าง Heme Pathway ทำให้มีผลรบกวนการทำงานของ EP และ ZPP ได้ ในอดีตการตรวจ EP และ ZPP ใช้อย่าง

แพร่หลายในการคัดกรองการรับสัมผัสตะกั่วในเด็ก แต่ปัจจุบันพบว่า การตรวจ EP มีความไวต่ำ เมื่อระดับตะกั่วในเลือดน้อยกว่า 10 $\mu\text{g}/\text{dl}$ และมีความจำเพาะต่ำเมื่อระดับตะกั่วในเลือดน้อยกว่า 25 $\mu\text{g}/\text{dl}$ นอกจากนี้ยังพบว่า EP สูงขึ้นได้ ถ้ามีภาวะ Iron deficiency anemia, Jaundice, Sickle cell และ Hemolytic anemia ส่วน ZPP จะมีค่าปกติได้ หากระดับตะกั่วในเลือดน้อยกว่า 35 $\mu\text{g}/\text{dl}$ ปัจจุบันสารทั้งสองชนิดนี้จึงไม่นิยมในการใช้ประเมิน แต่อาจจะมีประโยชน์ในแง่ถ้าต้องการแยกการสะสมของตะกั่วระยะเฉียบพลัน หรือเรื้อรัง (Parsons & Chisolm, 1997; ATSDR, 2017)

4. ประเมิน Delta-Aminolevulinic Acid Dehydratase (ALAD)/ Aminolevulinic Acid (ALA) ในเลือด

การประเมินด้วยวิธี Delta-Aminolevulinic Acid Dehydratase (ALAD)/Aminolevulinic Acid (ALA) เป็นการตรวจผลทางอ้อม จากการที่ตะกั่วเข้าไปยับยั้งการเอนไซม์ ALAD ใน Heme Pathway และเมื่อ ALAD ลดลงจะส่งผลให้ ALA เพิ่มขึ้น (Kim et al., 2015)

5. ประเมินตะกั่วในกระดูก ด้วยวิธี X-ray fluorescence

การประเมินตะกั่วด้วยวิธี X-ray fluorescence เป็นการประเมินการรับสัมผัสตะกั่วที่สะสมกระดูกเรื้อรัง แต่ไม่สัมพันธ์กับอาการแสดงพิษตะกั่ว กล่าวโดยสรุป จากการประเมินข้างต้น มีวิธีการประเมินการรับสัมผัสของตะกั่วในร่างกายได้หลายวิธี แต่พบว่า วิธีการตรวจ Whole blood lead level เป็นวิธีประเมินการรับสัมผัสตะกั่วที่มีความแม่นยำและมีประโยชน์ที่สุดในแง่ของการเฝ้าระวังสุขภาพผู้ประกอบอาชีพรับสัมผัสตะกั่ว

ปัจจัยนอกงานที่มีผลต่อระดับตะกั่วในเลือด

ปัจจัยนอกงานที่มีผลต่อระดับตะกั่วในเลือด นอกเหนือจากการทำงานในสถานประกอบการ ที่มีโอกาสรับสัมผัสกับตะกั่วแล้ว ในพนักงานบางรายอาจรับสัมผัสตะกั่วจากแหล่งอื่น ๆ ได้ ดังนี้

1. การสูบบุหรี่ ในคนที่สูบบุหรี่มีระดับตะกั่วในเลือดมากกว่าคนที่ไม่สูบ เนื่องจากใน บุหรี่มีตะกั่วเป็นส่วนประกอบ (Al-Ghabban, 2018; Mannino, Homa, Matte, & Hernandez-Avila, 2005; Richter, Bishop, Wang, & Kaufmann, 2013)

2. สุขลักษณะส่วนบุคคล คนที่มีสุขลักษณะส่วนบุคคลที่ไม่ดี มีระดับตะกั่วในเลือดสูงกว่าคนที่ มีสุขลักษณะส่วนบุคคลดี (Decharat, Kongtip, Thampoophasiam, & Thetkathuek, 2012)

3. ยาแผนโบราณ เช่น ยาแผนโบราณของจีน หรือ ยาอายุรเวชของอินเดีย พบการปนเปื้อนของโลหะในยาแผนโบราณ เช่น ตะกั่ว สารหนู เป็นต้น (Buettner et al., 2009; Karri, Saper, & Kales, 2008)

4. เครื่องสำอาง พบการปนเปื้อนของตะกั่วในเครื่องสำอาง เช่น ลิปสติกบางยี่ห้อ เป็นต้น (Al-Saleh, Al-Enazi, & Shinwari, 2009)

5. งานอดิเรก การยิงปืน พบระดับตะกั่วในเลือดของผู้ที่ยิงปืนประจำสูงกว่าประชากรทั่วไป (Laidlaw, Filippelli, Mielke, Gulson, & Ball, 2017) งานอดิเรกซ่อมรถ พบระดับตะกั่วในเลือดของผู้ที่ทำงานซ่อมรถสูงกว่าประชากรทั่วไป (Adela, Ambelu, & Tessema, 2012; Saliu, Adebayo, Kofoworola, Babatunde, & Ismail, 2015)

กล่าวโดยสรุป นอกจากปัจจัยในการทำงานที่มีโอกาสสัมผัสกับตะกั่วแล้ว ยังมีปัจจัยนอกการทำงานอื่น ๆ ที่มีการสัมผัสตะกั่วทำให้ตะกั่วในเลือดสูงได้

การวินิจฉัยโรคพิษจากตะกั่วจากการทำงาน

การวินิจฉัยโรคพิษจากตะกั่ว ในกรณีที่ลูกจ้างเจ็บป่วยด้วยโรคจากการทำงาน อันเนื่องมาจากลักษณะหรือสภาพของงาน ลูกจ้างได้รับสิทธิประโยชน์คุ้มครองรักษาพยาบาลรวมถึงเงินชดเชย โดยเกณฑ์การวินิจฉัยโรคพิษตะกั่วดังนี้

1. กรณีระดับตะกั่วในเลือดตั้งแต่ 60 มิลลิกรัมต่อเดซิลิตร ขึ้นไป (โยธิน เบญจวงษ์ และ วิลาวัณย์ จิ่งประเสริฐ, 2550)

1.1 ถ้ามีอาการและอาการแสดงให้วินิจฉัยเป็นโรคพิษตะกั่ว

1.2 ถ้าไม่มีอาการและอาการแสดงให้ถือเป็นภาวะตะกั่วในเลือดเกินถึงขั้นอันตราย และจำเป็นต้องมีการย้ายออกจากงาน

2. กรณีระดับตะกั่วในเลือดต่ำกว่า 60 มิลลิกรัมต่อเดซิลิตร (โยธิน เบญจวงษ์ และ วิลาวัณย์ จิ่งประเสริฐ, 2550)

ถ้ามีอาการและอาการแสดงอาจเป็นโรคพิษตะกั่วและหากผลทดสอบ EDTA ได้ผลบวกให้วินิจฉัยว่าเป็นโรคพิษตะกั่ว ถ้าระดับตะกั่วในเลือดมากกว่า 40 มิลลิกรัมต่อเดซิลิตร จะต้องมีการตรวจร่างกายลูกจ้างเพิ่มเติม การวินิจฉัยโรคพิษตะกั่วขึ้นอยู่กับอาการแสดง และระดับตะกั่วในเลือดพิจารณาร่วมกัน ทั้งนี้ต้องอาการแสดงที่พบต้องสัมผัสระดับตะกั่วในเลือดและประวัติการสัมผัสจากการทำงาน จึงสามารถใช่เกณฑ์นี้ในการวินิจฉัยเป็นโรคพิษตะกั่วจากการทำงานได้

การรักษาพิษจากตะกั่ว

การรักษาพิษจากการสัมผัสตะกั่วในผู้ใหญ่สามารถทำได้หลายวิธี แต่วิธีที่สำคัญที่สุดในการรักษาพิษจากตะกั่ว คือ ลดการสัมผัสตะกั่ว สำหรับการให้ยาขับโลหะขึ้นอยู่กับระดับตะกั่วในเลือดและอาการแสดงพิษตะกั่วพิจารณาร่วมกัน

1. ลดการรับสัมผัสตะกั่ว

1.1 ย้ายออกจากแหล่งรับสัมผัส

การหยุดรับสัมผัสตะกั่วโดยการย้ายออกจากแหล่งรับสัมผัส สามารถลดระดับตะกั่วในเลือดได้ โดยค่าครึ่งชีวิตของตะกั่วในเลือดอยู่ที่ 30-40 วัน (Nelson et al., 2011; The Centers for Disease Control and Prevention [CDC], 2017)

1.2 การให้ความรู้

การให้ความรู้เกี่ยวกับพิษตะกั่ว เส้นทางรับสัมผัส อาการและอาการแสดง สุขอนามัยส่วนบุคคล เช่น ห้ามสูบบุหรี่ ดื่มน้ำ หรือรับประทานอาหารขณะอยู่บริเวณแหล่งรับสัมผัสตะกั่ว รวมถึงวิธีใส่อุปกรณ์ป้องกันอันตรายส่วนบุคคลสามารถลดระดับตะกั่วในเลือดได้ถึง 30% ในระยะเวลา 2 เดือน (Lormpong et al., 2004)

2. การรักษาโดยการใช้ยาขับโลหะ

การรักษาโดยการใช้ยาขับโลหะจะพิจารณาอาการและระดับตะกั่วในเลือดร่วมกัน ข้อบ่งชี้ในการรักษาโดยการใช้ยาขับโลหะจะให้นายที่มีอาการรุนแรง เช่น อาการทางระบบประสาทอย่างรุนแรง (Encephalopathy) เช่น ชัก สับสน เป็นตัน ปวดท้อง (Abdominal colic) และปวดกล้ามเนื้อหรือข้ออย่างรุนแรง (Severe arthralgias หรือ Myalgias) หรือมีหลักฐานว่าอวัยวะต่างๆ โคนทำลายจากตะกั่ว (Evidence of Target Organ Damage) หรือในบางรายอาจไม่แสดงอาการ แต่ระดับตะกั่วในเลือดเพิ่มขึ้นมาก หรือ มีหลักฐานทางชีวเคมีแสดงถึงความเป็นพิษตะกั่ว หรือมีหลักฐานพบตะกั่วที่ถูกขับออกมาจากการให้สารขับโลหะมากกว่าปกติ จึงจะพิจารณาให้ยาขับโลหะ โดยทั่วไปจะไม่นิยมให้ยาขับโลหะในกรณีที่ระดับตะกั่วในเลือดน้อยกว่า 45 มิลลิกรัมต่อเดซิลิตร เนื่องจากยาขับโลหะมีผลข้างเคียงมาก (Flora & Pachauri 2010; Kim et al., 2015; Nelson et al., 2011)

2.1 ยาขับโลหะ

ยาขับโลหะ หรือ Chelation Therapy คือ การรักษาทางแพทย์เพื่อลดพิษจากโลหะ โดยใช้สารขับโลหะ (Chelating agent) คำว่า Chelation มาจาก “Chele” หมายถึง ก้ามของกุ้งล็อบสเตอร์ (Flora & Pachauri 2010)

สาร Chelating agent หมายถึง สารประกอบอินทรีย์หรืออนินทรีย์ที่มีโครงสร้างที่สามารถจับกับโลหะได้ (Flora, Mittal, & Flora, 2015) โดยปกติสาร Chelating agent มักเป็นสารที่ให้ Electron donor atom ที่ประกอบด้วย Sulfur, Nitrogen หรือ Oxygen โดยคุณสมบัติที่ดีของสาร Chelating agent มักมี Donor atoms อยู่ในรูปของหมู่ฟังก์ชัน เช่น $-SH$, $-S-S-$, $-NH_2$, $-OH$, $-OPO_3H$, หรือ $>C=O$ (Flora & Pachauri 2010; Sears, 2013)

ตารางที่ 1 หมู่ฟังก์ชันที่มักเป็นกลุ่ม Electron donor atom

หมู่ฟังก์ชันที่จับกับโลหะ	ชื่อเรียก
$R-S-H$	Sulfhydryl Group (Thiol)
$-S-S-$	Disulfide Group
$R-NH_2$	Amine Group
$R-OH$	Hydroxy Group
$O^--P(=O)(OH)-O^-$	Hydrogen Phosphate Group
$R-C(=O)-R'$	Carbonyl Group

กลุ่มโลหะหนักอ่อน (Soft metal) เช่น ตะกั่ว (Pb^{2+}) ปรอท (Hg^{2+}) แคดเมียม (Cd^{2+}) และสารหนู (As^{3+}) ชอบจับกับหมู่ฟังก์ชัน Sulfhydryl และ Amine (Flora & Pachauri 2010)

Metal	Na	Li	Ba	Sr	Mg	Ca	Mn	Fe	Co	Zn	Cd	Pb	Ni
K (log)	1.7	2.8	7.8	8.6	8.7	10.6	13.4	14.4	16.1	16.1	16.4	18.3	18.4

ภาพที่ 5 ค่าคงที่ความเสถียรระหว่างสาร EDTA กับโลหะหนักต่าง ๆ

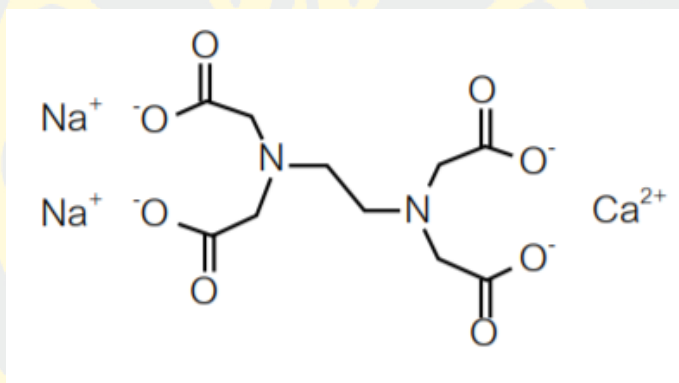
(Flora & Pachauri 2010)

2.2 สารจับโลหะที่นิยมใช้

สารจับโลหะที่นิยมใช้ในการจับโลหะออกจากร่างกาย จะประกอบด้วยสารประกอบที่มีหมู่ Sulfhydryl, Sulfur ที่ประกอบด้วยกรดอะมิโน Methionine และ Cysteine เนื่องจากโครงสร้างเหล่านี้มีความสามารถจับกับโลหะและกำจัดโลหะออกจากร่างกายได้ดี ยาจับโลหะที่

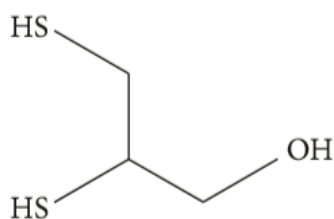
นิยมใช้ในปัจจุบัน ได้แก่ Calcium Disodium Ethylenediamine Tetra-acetic Acid (CaNa_2EDTA), Dimercaprol, Meso 2,3-Dimercaptosuccinic Acid และ D-Penicillamine ซึ่งมีรายละเอียดดังนี้

2.2.1 Calcium Disodium Ethylenediamine Tetra-acetic Acid (CaNa_2EDTA) เป็นสารจับโลหะที่นิยมใช้มากที่สุด เป็นสารที่พัฒนามาจากสาร EDTA สาร CaNa_2EDTA กลไกการจับโลหะคือ ตะกั่วที่อยู่ในร่างกายจะเข้ามาจับกับหมู่ Oxygen แทนที่ Ca ที่เกาะอยู่เดิม สาร CaNa_2EDTA แทบจะไม่ดูดซึมผ่านทางเดินอาหาร ดังนั้นการให้ยาทำโดยให้ยาทางเส้นเลือด อาการไม่พึงประสงค์ที่เกิดจากการให้ยา CaNa_2EDTA ได้แก่ ปวดหัว เหนื่อย อ่อนเพลีย อาเจียน มีไข้ กดแน่นจมูก ปวดเมื่อยกล้ามเนื้อ ปวดบริเวณที่ให้ยา ถ้าให้ยาต่อเนื่องเป็นระยะเวลานาน ๆ อาจเกิดภาวะขาดสังกะสีได้ เป็นต้น (Flora & Pachauri 2010; Sears, 2013) การใช้ยา Dimercaprol และ CaNa_2EDTA พบว่า มีการกระจายตะกั่วเข้าสู่สมองได้ เนื่องจากเชื่อว่าการดึงตะกั่วออกจากกระดูกเข้าสู่กระแสเลือดและสมอง



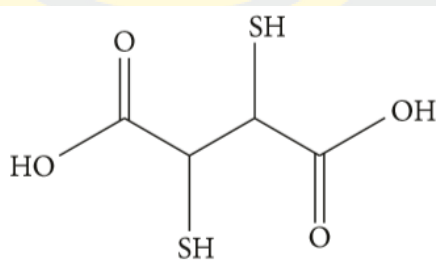
ภาพที่ 6 สูตรโครงสร้างสาร CaNa_2EDTA
(จรรูวรรณ ศรีอาภา, 2555)

2.2.2 Dimercaprol (British Anti-Lewisite หรือ BAL) สาร Dimercaprol เป็นสาร Organic dithiols compound โดยทั่วไปใช้ในการรักษาพิษจากโลหะปรอท ทอง สารหนู และต้องใช้ร่วมกับ EDTA ในการรักษาพิษเฉียบพลันจากตะกั่ว (สำนักงานคณะกรรมการอาหารและยา, 2017) การให้ยาโดยวิธีการฉีดเข้ากล้ามเนื้อ จากนั้น โลหะในร่างกายจะเข้าไปจับกับ BAL ที่บริเวณ Sulfhydryl group แล้วกลายเป็นสารที่ไม่เป็นพิษและขับออกจากร่างกายได้ง่ายขึ้น (Flora, Mittal, & Flora, 2015) อาการไม่พึงประสงค์ที่อาจเกิดขึ้นจากการให้ยา เช่น อาจเกิดความดันโลหิตสูงภายใน 15-30 นาทีหลังการได้รับยา คลื่นไส้ อาเจียน ปวดศีรษะ น้ำมูกน้ำตาไหล ชา ส้น ปวดกล้ามเนื้อ เป็นพิษต่อไต เป็นต้น (Flora & Pachauri 2010)



ภาพที่ 7 สูตรโครงสร้างของสาร BAL
(Sears, 2013)

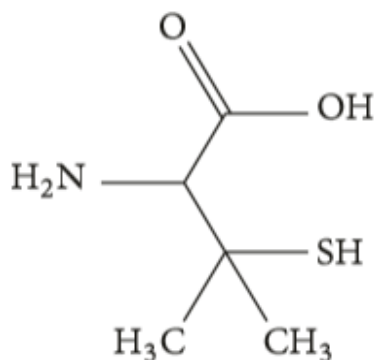
2.2.3 Meso 2,3-Dimercaptosuccinic Acid (DMSA หรือ Succimer) เป็น สารขับ โลหะที่พัฒนามาจาก Dimercaprol มี Dithiols compound เช่นเดียวกับ Dimercaprol มีพิษน้อยกว่า (Flora & Pachauri, 2010; Flora, Mittal, & Flora, 2015) สำหรับ DMSA เป็นสารขับโลหะที่ใช้รักษาพิษจากโลหะหนัก เช่น ตะกั่ว สารหนู ปรอท และเงิน (จารุวรรณ ศรีอาภา, 2555) ออกฤทธิ์โดยหมู่ Oxygen และ Sulfhydryl ทำหน้าที่จับกับโลหะ (Sears, 2013) แต่อย่างไรก็ดีมีรายงานพบว่าไม่พบประโยชน์ของการให้ DMSA ในคนที่รับสัมผัสสารหนูเรื้อรัง และสามารถให้ยาโดยการรับประทานได้ อาการไม่พึงประสงค์ที่อาจเกิดขึ้นจากการใช้ยา เช่น ปวดมวนท้อง คลื่นไส้ อาเจียน ไข้ขึ้น เม็ดเลือดขาวต่ำ เป็นต้น



ภาพที่ 8 สูตรโครงสร้างของสาร DMSA
(Sears, 2013)

2.2.4 D-Penicillamine เป็น สารขับ โลหะที่พัฒนามาจากสาร Penicillin ประกอบด้วย Sulfhydryl group ที่เป็นหมู่ฟังก์ชันก่อกฤทธิ์หลักในการจับกับโลหะ ใช้รักษาพิษจาก

ตะกั่ว สารหนู การให้ยาโดยให้ทางการรับประทาน อาการไม่พึงประสงค์จากการรับประทานยา เช่น คลื่นไส้ อาเจียน ปวดท้อง ปัสสาวะเป็นเลือด ผื่น เป็นต้น (Flora et al., 2015)



ภาพที่ 9 สูตรโครงสร้างของ D-Penicillamine
(Sears, 2013)

ในปัจจุบันสารขับโลหะที่มีอยู่ส่วนใหญ่มีผลข้างเคียงมาก และอาจมีผลทำให้สูญเสียแร่ธาตุที่จำเป็นต่าง ๆ ในร่างกาย รวมถึงด้วยข้อจำกัดการให้ยาที่มีความยุ่งยากทำให้นักวิจัยพยายามพัฒนาที่มีความปลอดภัยและประสิทธิภาพมากขึ้น (Flora & Pachauri, 2010) สารตามธรรมชาติจึงเป็นหนึ่งในสารที่นักวิจัยสนใจศึกษาและนำมาใช้ในการเป็นทางเลือกในการขับโลหะมากขึ้น

2.3 การขับโลหะโดยสารธรรมชาติ

การขับโลหะโดยสารธรรมชาติในสิ่งมีชีวิตไม่ว่าจะเป็นสัตว์หรือพืช สามารถกำจัดโลหะโดยโปรตีน ที่เรียกว่า Metallothioneine ซึ่งประกอบด้วย Cysteine จำนวนมากสามารถจับกับโลหะได้ อาหารบางอย่างช่วยลดการดูดซึมและลดการดูดกลับโลหะเข้าสู่ร่างกาย โลหะมีความสามารถในการจับกับสารประกอบกำมะถันได้ดี ตัวอย่างพืชที่มีกำมะถันเป็นส่วนประกอบจำนวนมากได้แก่ กระเทียม บล็อกโคลี่ และนอกจากนี้พืชเหล่านี้ยังช่วยเพิ่มการทำงานของโปรตีน Glutathione ซึ่งเป็นโปรตีนทำหน้าที่จับกับโลหะในร่างกายทำให้ลดพิษจากโลหะ และเพิ่มการขับโลหะได้ (Flora & Pachauri, 2010; Rahimian & Mehrandish, 2019) นอกจากนี้ยังมีพืชอื่นที่มีการศึกษาพบว่า ขับโลหะหรือลดพิษโลหะได้ เช่น ผักชี แปะก๊วย ต้นมิลค์ทิสเชิล ขมิ้น เป็นต้น (Rahimian & Mehrandish, 2019)

ตารางที่ 2 พืชที่สามารถลดความเป็นพิษจากโลหะ

ดัดแปลงจาก (Rahimian & Mehrandish, 2019)

ชื่อวิทยาศาสตร์	Family	ชื่อทั่วไป	ชนิดโลหะ
Allium sativum	Amaryllidaceae	กระเทียม	ตะกั่ว พรอท แคดเมียม
Silybum marianum	Daisy family	Milk thistle	เหล็ก ตะกั่ว
Coriandrum sativum	Umbellifers	ผักชีจีน	ปรอท ตะกั่ว
Ginkgo biloba	Ginkgoaceae	แปะก๊วย	ตะกั่ว
Curcuma longa	Ginger family	ขมิ้น	สารหนู แคดเมียม โครเมียม ตะกั่ว พรอท

จากข้างต้นจะเห็นมีสมุนไพรหลายชนิดที่มีผลต่อการขับโลหะ แต่ทั้งนี้จากการค้นคว้าพบว่า มีการศึกษาประสิทธิผลของพืชสมุนไพรในการลดระดับโลหะในร่างกายมนุษย์ เพียงแค่สมุนไพรเดียวคือ สารสกัดจากกระเทียม ส่วนสมุนไพรอื่น ๆ จากข้างต้น พบเพียงการศึกษาเกี่ยวกับการลดระดับโลหะในร่างกายเพียงในสัตว์ทดลองเท่านั้น

กระเทียม

กระเทียม (Garlic) มีชื่อทางวิทยาศาสตร์ว่า Allium sativum ซึ่งคำว่า All มาจากภาษาเคลติก แปลว่า แผลผา ส่วนคำว่า sativum มาจากภาษาละติน แปลว่า พืช หรือปลูก กระเทียมจัดอยู่ในวงศ์ Alliaceae ซึ่งเป็นวงศ์เดียวกันกับหอมหัวใหญ่และหอมแดง (Omar & Al-Wabel, 2010) (สำนักงานข้อมูลสมุนไพร คณะเภสัชศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหิดล, 2562) กระเทียมเป็นพืชล้มลุกมีหัวใต้ดินเป็นลักษณะกลม แต่ละหัวของกระเทียมประกอบด้วย 6-10 กลีบ ส่วนบางสายพันธุ์มีเพียงกลีบเดียว เรียกว่า กระเทียมโทน ลักษณะใบกระเทียมเป็นรูปยาวแคบแบนปลายแหลม มีดอกเป็นช่อที่ปลายก้าน (สำนักงานวิจัยการเกษตร, 2561) ส่วนที่ใช้รับประทาน คือ หัว ลำต้น และดอก เป็นพืชสมุนไพรและเครื่องเทศ ในประเทศไทยสามารถแบ่งตามพันธุ์ที่เพาะปลูกได้ 3 สายพันธุ์ (สำนักงานข้อมูลสมุนไพร คณะเภสัชศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหิดล, 2562)

1. พันธุ์เบา หรือพันธุ์ขาวเมือง อายุการเก็บเกี่ยว 75-90 วัน เช่น พันธุ์พื้นเมืองศรีสะเกษ
2. พันธุ์กลาง นิยมปลูกมากในภาคเหนือ อายุการเก็บเกี่ยว 90-120 วัน เช่น พันธุ์พื้นเมืองเชียงใหม่

3. พันธุ์หนัก อายุการเก็บเกี่ยวประมาณ 150 วัน เช่น พันธุ์จีน

ส่วนประกอบที่สำคัญในกระเทียม

กระเทียมมีประโยชน์มากมาย โดยส่วนประกอบของกระเทียม ประกอบด้วย น้ำ 65% คาร์โบไฮเดรต 28% สารประกอบออร์แกโนซัลเฟอร์ 2.3% โปรตีน 2% กรดอะมิโน 1.2% และใยอาหาร 1.5% (Oosthuizen, Reid, & Lall, 2018; Santhosha, Jamuna, & Prabhavathi, 2013; Suleria et al., 2015) กระเทียมเป็นพืชที่มีกลิ่นฉุน ซึ่งมาจากสารที่มีองค์ประกอบทางอินทรีย์เป็นกำมะถัน (Organosulfur compound: OSCs)

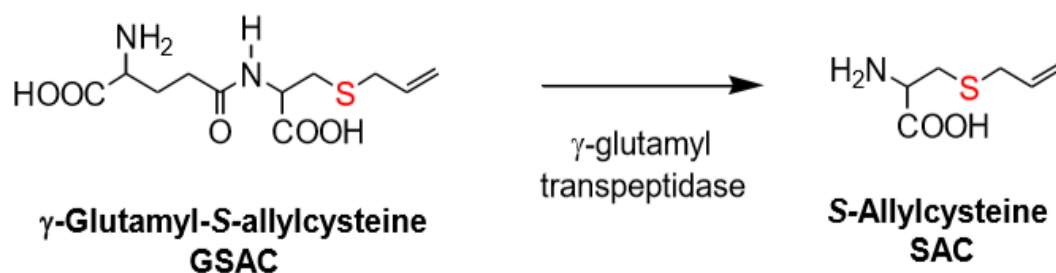


ภาพที่ 10 ส่วนประกอบในกระเทียม

(Ahmad, Alvi, & Khan, 2019)

ในหัวกระเทียมปกติที่ยังไม่ผ่านการตัด ทูบ หรือผ่านความร้อนใด ๆ จะประกอบด้วย γ -Glutamyl cysteines ซึ่งเป็นสารตั้งต้นของสาร Organosulfur หลัก 2 ชนิด ได้แก่ γ -Glutamyl-S-allyl-L-cysteines (GSAC) และ S-allyl-L-cysteine sulfoxides (Alliin) (Colín-González & Santamaría, 2017; Oosthuizen et al., 2018; Santhosha et al., 2013)

1. Glutamyl-S-allyl-L-cysteines (GSAC) เป็นสารตั้งต้นของสาร S-Allyl cysteines (SAC) ซึ่งเป็นกรดอะมิโนที่ละลายในน้ำ (Water Soluble) เกิดจากเอนไซม์ γ -Glutamyl transpeptidase ทำปฏิกิริยากับสารตั้งต้น γ -Glutamyl-S-allyl-L-cysteine (GSAC) สำหรับสารประกอบ SAC จะมีความเข้มข้นเพิ่มมากขึ้นได้เมื่อถูกสกัดด้วยตัวกลางของเหลว (Aqueous medium) (Santhosha et al., 2013)



ภาพที่ 11 ปฏิกริยาของเอนไซม์ของ γ -Glutamyl transpeptidase ในการสร้าง SAC (Lawson & Hunsaker, 2018)

2. S-allyl-L-cysteine sulfoxides (Alliin) เป็นสารตั้งต้นของสารประกอบที่ละลายในไขมัน สารAlliin สะสมอยู่ที่หัวกระเทียมพบได้ประมาณ 1% ของสารประกอบในกระเทียมทั้งหมด (Jangam & Badole, 2014) ถ้าหากกระเทียมถูกเก็บไว้ในบริเวณอุณหภูมิต่ำ ค่า Alliin จะเพิ่มขึ้นเป็น 1.8% (Amagase et al., 2001) เมื่อกระเทียมผ่านกระบวนการตัด ทูบ หรือ เคี้ยว เอนไซม์ Allinase ที่อยู่ใน Vacuole ถูกปล่อยออกมาเปลี่ยนสาร Alliin ให้เป็นสาร Allyl thiosulfinates (Suleria et al., 2015) ซึ่งสารเหล่านี้มีกลิ่นฉุนเพื่อปกป้องตนเองจากศัตรูพืช สาร Allinase จะสามารถทำงานได้ดีก็ต่อเมื่ออยู่ในสภาพแวดล้อมที่เป็นภาวะกรดอ่อน ๆ มี pH 4.5-5.0 ส่วนในสภาพแวดล้อมที่มี pH < 3-3.5 จะทำให้เอนไซม์ Allinase ไม่สามารถทำงานได้ (Amagase et al., 2001; Lawson & Hunsaker, 2018)

สาร Allyl thiosulfinates ที่เกิดจากสาร Alliin ประกอบด้วยสาร Diallyl thiosulfinates (Allicin) ประมาณ 70% สาร Allyl methyl thiosulfinates ประมาณ 16-26% และสาร Allyl trans-1-thiosulfinates ประมาณ 4-7% (Rahman, 2007; Lawson & Hunsaker, 2018) สารในกลุ่มใน Allyl thiosulfinates เป็นสารที่ไม่เสถียร ดังนั้นจะสามารถเปลี่ยนไปเป็นสารเมแทบอลิโตนอื่นได้เอง หรือเปลี่ยนได้อย่างรวดเร็วหากถูกเร่งจากความร้อน

3. สาร Allicin

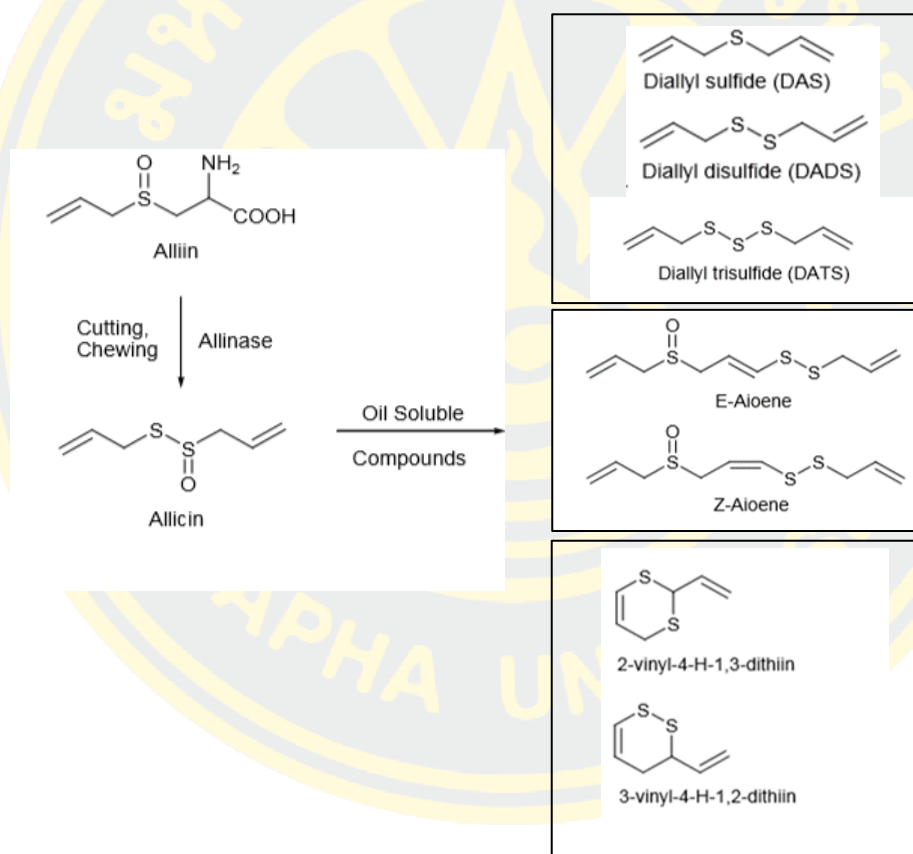
Allicin เกิดขึ้นได้ก็ต่อเมื่อกระเทียมคีบถูกทุบ หรือบดทำให้เอนไซม์ Allinase ที่อยู่ใน Vacuole ออกมาเปลี่ยนสาร Alliin ใน Cytoplasm (Martins, Petropoulos, & Ferreira, 2016) ให้กลายเป็นสารกลุ่ม Allyl thiosulfinates ภายใน 6 วินาที แต่เนื่องด้วย Allicin เป็นสารที่ไม่เสถียรจึงสามารถเปลี่ยนเป็นสารเมแทบอลิโตนอื่นได้เอง แต่ทั้งนี้ระยะเวลาความเสถียรของสาร Allicin จะขึ้นอยู่กับอุณหภูมิและความเป็นกรดต่างของตัวกลางที่เก็บรักษาสารนั้น ๆ สำหรับสาร Allicin และ

สารอื่นในกลุ่ม Allyl thiosulfonates เป็นสารที่ไม่เสถียรจะสลายเป็นผลิตภัณฑ์สารเมแทบอลิต์ ดังนี้ (Lawson & Hunsaker, 2018; Santhosha et al., 2013)

3.1 กลุ่ม Allyl sulfides นี้เป็นสาร Organosulfur volatiles ซึ่งเป็นกลุ่มน้ำมันระเหยจากกระเทียม เกิดจากการสลายตัวของสาร Allicin สารเหล่านี้ ได้แก่ สารกลุ่ม Diallyl Sulfide ประกอบด้วย Diallyl sulfide (DAS), Diallyl disulfide (DADS) และ Diallyl trisulfide (DATS) เป็นต้น

3.2 กลุ่ม Ajoene มี 2 อนุพันธ์ คือ E-Ajoene และ Z-Ajoene

3.3 กลุ่ม Vinyl dithiins (VD) มี 2 อนุพันธ์ คือ 2-Vinyl 4-H-1,3-dithiin และ 3-Vinyl 4-H-1,2-dithiin



ภาพที่ 12 สารประกอบ Allicin และ เมแทบอลิต์ ของสาร Allicin
ดัดแปลงจาก (Wang, 2013)

3.2 ปัจจัยที่มีผลต่อความเสถียรของสาร Allicin

ปัจจัยที่มีผลต่อความเสถียรของสาร Allicin ขึ้นอยู่กับ 2 ปัจจัย ได้แก่ อุณหภูมิ และ

ค่าความเป็นกรดต่าง ซึ่งมีรายละเอียดดังนี้

3.2.1 อุณหภูมิ

สาร Allicin จะมีความเสถียรในระดับที่อุณหภูมิที่ต่างกัน โดยที่อุณหภูมิต่ำกว่า 15 °C สาร Allicin จะค่อนข้างเสถียร หากเก็บสาร Allicin ไว้ที่อุณหภูมิ 23 °C เมื่อผ่านไป 10 วัน Allicin จะสลายตัวเหลือเพียง 50% ของปริมาณเริ่มต้น และลดลงเพียงแค่ 5 ชั่วโมง หากเก็บไว้ที่อุณหภูมิ 37 °C หากเก็บไว้ที่อุณหภูมิ 80 °C ค่าครึ่งชีวิตของสาร Allicin จะเหลือเพียง 30 นาที (Fujisawa, Suma K Fau - Origuchi, Origuchi K Fau - Seki, Seki T Fau - Ariga, & Ariga, 2008) ซึ่งจากการศึกษาหนึ่งพบว่า เมื่อนำกระเทียมดิบไปผัด หรือ ทอด สาร Allicin ที่เกิดทั้งหมดจะสลายไป เป็นสารอื่น เช่น Ajoene, Vinyl dithiin (VD), Diallyl disulfide (DADS) และ Diallyl trisulfide (DATS) ไม่พบสาร Allicinหลงเหลืออยู่เลย (Torres-Palazzolo et al., 2018)

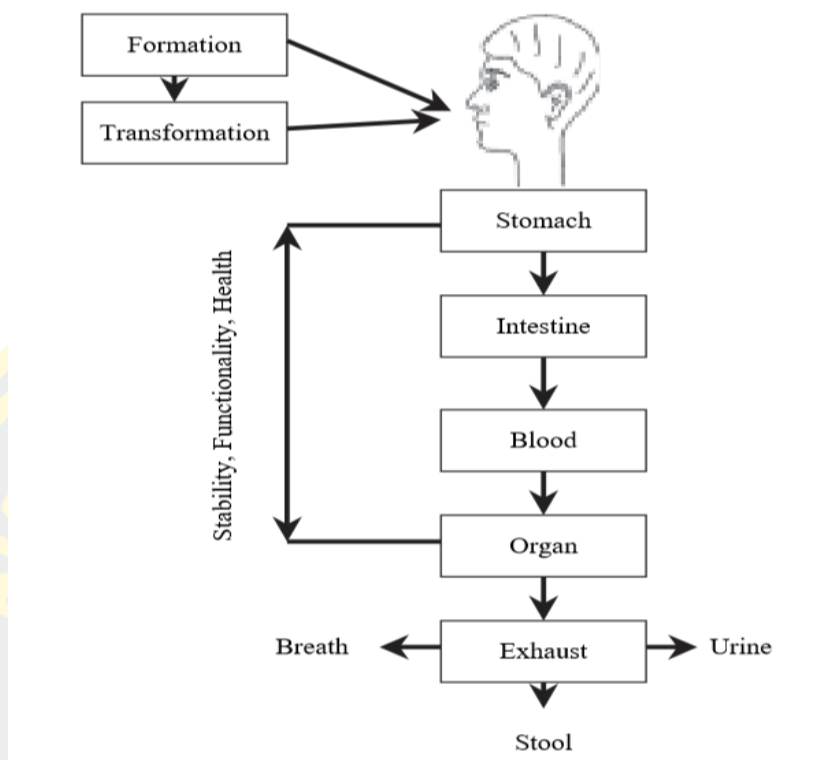
3.2.2 ความเป็นกรด -ด่าง

ในสภาพแวดล้อมตัวกลางที่ใช้ในการเก็บรักษา Allicin ที่มี pH > 11 หรือ pH < 1.5 สาร Allicin จะถูกทำลายอย่างรวดเร็ว เกิดขึ้นภายใน 0.5-2 ชั่วโมง โดยที่ค่าเฉลี่ยของ pH ในขณะท้องว่างอยู่ที่ประมาณ 1.5-2 (Wang et al., 2014) แต่อย่างไรก็ตาม คนทั่วไปจะรับประทานกระเทียมพร้อมอาหาร และค่าความเป็นกรดต่างของกระเพาะหลังเริ่มรับประทานอาหารอยู่ที่ 4.4-6.7 (Lawson & Hunsaker, 2018)

กระเทียมประกอบด้วยสาร GSAC และ Alliin เป็นสารตั้งต้นที่สำคัญก่อนสลายให้สารอื่น สำหรับสาร Allicin ที่เป็นสารเมแทบอลิต์ที่เกิดจากการทุบ บด กระเทียมเท่านั้น แต่อย่างไรก็ตามสาร Allicin เป็นที่ไม่เสถียรโดยเฉพาะในสภาวะอุณหภูมิสูง กรดแก่ หรือด่างแก่

เภสัชจลนศาสตร์ของกระเทียม

เภสัชจลนศาสตร์ของกระเทียมในร่างกายมนุษย์ เกิดจากเมื่อนำกระเทียมรับประทานกระเทียมเข้าไป ร่างกายจะย่อยสลายกระเทียมกลายเป็นสารประกอบย่อยและดูดซึมสารประกอบกระเทียมเหล่านี้เข้าสู่ร่างกายจากนั้นจะกระจายสารไปยังอวัยวะหรือเซลล์ต่าง ๆ และทำปฏิกิริยากับเซลล์ในร่างกาย แล้วถูกขับออกจากร่างกายต่อไป (Rahman, 2007) โดยมีรายละเอียดดังนี้



ภาพที่ 13 วิธีสารจากกระเทียมในร่างกาย
(Rahman, 2007)

1. กระบวนการดูดซึมเข้าสู่ร่างกาย

กระเทียมมีการดูดซึมเข้าสู่ร่างกายโดยง่าย โดยเมื่อรับประทานกระเทียมดิบเข้าสู่ร่างกาย ในขณะที่ท้องว่าง สาร Allicin ที่เกิดจากการบด เลี้ยว ยังสามารถตรวจพบที่กระเพาะอาหารได้เกือบเท่าเดิมของปริมาณเริ่มต้น มีเพียงแค่ประมาณ 10% ที่สลายตัวเป็นสารอื่น เช่น Polysulfides, Vinyl Dithiols และ Ajoene ส่วนการรับประทานกระเทียมที่ผ่านความร้อน สาร Allicin สลายตัวไปทั้งหมด ตรวจพบเพียงสาร Ajoene, VD, DADS และ DATS และเมื่อผ่านกระเพาะอาหาร สารเหล่านี้จะลดลง เหลือเพียง 52-87% ของปริมาณสารเริ่มต้นเท่านั้น (Torres-Palazzolo et al., 2018)

ส่วนการรับประทานกระเทียมสกัดแห้ง จำเป็นต้องมีการเติมน้ำ หรือดื่มน้ำ (Hydration) เข้าไปพร้อมกันเพื่อช่วยให้สาร Allinase ในสารสกัดทำปฏิกิริยาสร้างเป็นสาร Allicin ขึ้นมา หากรับประทานโดยที่ไม่มีการ Hydration ก่อน สารกระเทียมสกัดแห้งจะมีการสร้างสาร Allicin เพียงแค่ 1% จากที่ระบุตามฉลาก และสาร Allinase ที่มีในกระเทียมสกัดอาจถูกทำลายถาวรโดยน้ำย่อยในกระเพาะอาหารก่อนที่จะสามารถเปลี่ยนเป็นสาร Allicin จากนั้นสารสกัดกระเทียมจะถูกเปลี่ยนไปเป็นสร้างสารในกลุ่ม Alkenyl cysteine sulfoxides แทน Allicin (Torres-Palazzolo et al.,

2018) เมื่อสารสกัดกระเทียมผ่านกระเพาะอาหารจะถูกเคลื่อนตัวไปยังลำไส้เล็ก สารต่าง ๆ เหล่านี้ จะถูกดูดซึมที่บริเวณนี้ โดยพบว่า มีเพียง Allicin, VD และ DAS เท่านั้นที่สามารถดูดซึมผ่านลำไส้ เล็ก โดยที่ VD ถูกดูดซึมได้ประมาณ 4.6-5% สาร Allicin ถูกดูดซึมประมาณ 1.3% และ DAS ประมาณ 0.5% (Torres-Palazzolo et al., 2018)

2. การกระจายเข้าสู่กระแสเลือดและอวัยวะ

การกระจายของสาร Organosulfur เข้าสู่กระแสเลือดและอวัยวะต่าง ๆ โดยพบการศึกษา ในห้องทดลอง ทำการใส่สาร Organosulfur ในตัวกลางเลือดจำลอง พบว่าเมื่อผ่านไป 30 นาที ไม่สามารถตรวจพบสาร Ajoene และ DATS แต่สามารถตรวจพบสาร VD, DAS และ DADS ในพลาสมาและเม็ดเลือดแดงประมาณ 20% ของปริมาณเริ่มต้น ซึ่งสารเหล่านี้จะเข้าไปจับกับเม็ดเลือดแดงมากกว่าพลาสมา โดยสารประกอบ Organosulfur สามารถทำปฏิกิริยาสาร Sulfhydryl ของเม็ดเลือดแดง และทำปฏิกิริยากับ Glutathione ในพลาสมา (Torres-Palazzolo et al., 2018)

สำหรับสาร Allicin เมื่อทดลองใส่เข้าไปในเลือดจำลอง พบว่า หลังจากผ่านไป 1-3 นาที ตรวจไม่พบสาร Allicin (Torres-Palazzolo et al., 2018) อย่างไรก็ตามสาร Allicin จะทำปฏิกิริยากับเม็ดเลือดแดงมากกว่าพลาสมา แต่ในขณะที่ยวกันค่าครึ่งชีวิตของ Allicin ในพลาสมาอยู่ที่ประมาณ 50 นาที จากการศึกษา พบว่า สาร Allicin สามารถแพร่ผ่านเข้าสู่เยื่อหุ้มเซลล์ของเม็ดเลือดแดงได้อย่างง่ายดาย โดยไม่ทำลายเซลล์เม็ดเลือดแดง เมื่อ Allicin แพร่ผ่านเข้าสู่เม็ดเลือดแดง เลือดจะเปลี่ยนจากสีแดงเป็นสีเข้ม ซึ่งอาจเกิดจากการทำปฏิกิริยา Oxidation กับธาตุเหล็กในฮีโมโกลบิน หรือเข้าไปทำปฏิกิริยากับหมู่ Sulfhydryl ในเซลล์ จากนั้นจะเปลี่ยนเป็นสาร Diallyl disulfide ซึ่งค่อนข้างเสถียรกว่าในเลือด ก่อนจะถูกดูดซึมและกระจายสู่อวัยวะต่อไป นอกจากนี้มีรายงานว่า ร่างกายสามารถเปลี่ยนจาก Diallyl Disulfide กลับมาเป็น Allicin ผ่าน Microsome ในตับได้อีกครั้ง (Rahman, 2007)

3. เมแทบอลิซึมในร่างกาย

สาร Allicin เมื่อผ่านตับจะถูกเมแทบอลิซึมให้สารอื่น ๆ โดยสารหลักเป็นสาร Allyl mercaptan และ DADS จากนั้นสาร DADS จะถูกเมแทบอลิซึมเป็นสาร Allyl mercaptan อีกครั้ง และสุดท้ายสารทั้งสองจะถูกเปลี่ยนเป็น Allyl methyl sulfide (AMS) ส่วนสาร Ajoene และ VD จะไม่ถูกเมแทบอลิซึมเมื่อผ่านตับ (Wang, 2013)

4. การขับออกจากร่างกาย

ร่างกายสามารถกำจัดสาร OSCs ได้เมื่อสารเหล่านี้เมแทบอลิซึมให้อยู่ในรูปของสาร AMS โดยสามารถขับออกทางลมหายใจ หรือ กำจัดสารในกลุ่ม S-allyl cysteines ได้ เมื่อสารเมแทบอลิซึมให้เป็นสาร S-Allylmercapturic acid (ALMA) และขับออกทางปัสสาวะ (Praticò, Gao,

Manach, & Dragsted, 2018) แต่อย่างไรก็ตามมีการศึกษาในสัตว์ทดลองพบว่า สารประกอบกระเทียมและโลหะถูกขับออกมาในรูปของอุจจาระมากกว่าปัสสาวะ (Cha, 1987)

กล่าวโดยสรุปได้ว่าการรับประทานกระเทียมดิบสด จะได้รับสาร Alliin ในร่างกายจะเปลี่ยนเป็นสาร Allicin เกือบทั้งหมด โดยที่สาร Allicin สามารถถูกดูดซึมที่ลำไส้เล็กได้ แต่ค่อนข้างน้อย แต่อย่างไรก็ตามเมื่อเข้าสู่กระแสเลือด ผ่านไป 30 นาที จะตรวจไม่พบสาร Allicin เนื่องจากเชื่อว่า Allicin สลายตัวเป็นสารอื่น เช่น DADS หรืออาจแพร่เข้าไปในเม็ดเลือดแดง ไปจับกับหมู่ Sulfhydryl group ทำให้ตรวจไม่พบสาร Allicin ในเลือดได้ ก่อนถูกเมแทบอลิซึมที่ตับและสารสุดท้ายได้เป็น AMS ขับออกทางการหายใจ ส่วนสารในกลุ่ม SAC จะเมแทบอลิซึมเป็น ALMA แล้วขับออกทางปัสสาวะได้ แต่อย่างไรก็ตามมีการศึกษาในสัตว์พบว่าสารประกอบในกระเทียมถูกขับออกทางอุจจาระมากกว่าปัสสาวะ

ผลของกระเทียมต่อสุขภาพ

ผลของกระเทียมต่อสุขภาพมีประโยชน์ต่อสุขภาพหลายระบบ ประกอบด้วย ผลต่อหัวใจและหลอดเลือด ผลฆ่าเชื้อโรค ผลต้านสารอนุมูลอิสระ ผลต้านมะเร็ง กระตุ้นภูมิคุ้มกันและผลในการขับโลหะ โดยมีรายละเอียด ดังนี้

1. ผลต่อหัวใจและหลอดเลือด

1.1 ลดความดันโลหิตสูง การศึกษาในมนุษย์พบว่า สารสกัดกระเทียมสามารถลด Systolic blood pressure ได้ประมาณ 5.1 mmHg และสามารถลด Diastolic blood pressure ได้ประมาณ 2.6 mmHg ในคนที่เป็นโรคความดันโลหิตสูง เมื่อเทียบกับกลุ่มควบคุม เมื่อรับประทาน 600-900 มิลลิกรัมต่อวัน ต่อเนื่องนาน 12 สัปดาห์ (Chan, Yuen Ac Fau - Chan, Chan Ry Fau - Chan, & Chan, 2013)

1.2 ลดไขมันในเลือด การศึกษาในมนุษย์พบว่า สารสกัดกระเทียมสามารถระดับไขมันคอเลสเตอรอลและไขมัน LDL ในเลือดได้ และมีผลให้ไขมัน HDL เพิ่มขึ้นเล็กน้อย เมื่อเทียบกับกลุ่มควบคุม โดยเฉพาะอย่างยิ่งเมื่อรับประทานสารสกัดผงกระเทียม 600-900 มิลลิกรัมต่อวัน ต่อเนื่องนาน 12-16 สัปดาห์ (Chan et al., 2013; Ried, 2016; Ried, Toben, & Fakler, 2013; Sun, Wang, & Qin, 2018)

1.3 ยับยั้งการรวมตัวของเกล็ดเลือดได้ จากการศึกษาในหลอดทดลองและสัตว์ทดลองพบว่า กระเทียมสามารถการรวมตัวของเกล็ดเลือดได้ โดยให้รับประทานกระเทียมแก่สัตว์ 1-5 มิลลิกรัมต่อน้ำหนัก กิโลกรัมของหนูทดลอง รับประทานต่อเนื่อง 14 วัน (Bordia, Verma, & Srivastava, 1996; Chan et al., 2013; Choudhary, Jani, & Sharma, 2018; Morihara & Hino, 2017;

Rahman, 2007) นอกจากนี้ยังมีการศึกษาในมนุษย์โดยการให้รับประทานน้ำมันกระเทียมสกัดเทียบเท่ากระเทียมดิบ 15 กรัมต่อวัน ต่อเนื่อง 5 วัน พบว่ามีการรวมตัวของเกล็ดเลือดมากกว่ากลุ่มควบคุมอย่างมีนัยสำคัญ (Morris, Burke, Mori, Vandongen, & Beilin, 1995) แต่อย่างไรก็ตามมีการงานวิจัยอีกฉบับที่ทำการศึกษาในมนุษย์โดยให้รับประทานกระเทียมดิบ 4.2 กรัมต่อวันเป็นระยะเวลา 1 สัปดาห์ พบว่า กระเทียมไม่มีผลให้เกล็ดเลือดทำงานผิดปกติ (Scharbert, Kalb, Duris, Marschalek, & Kozek-Langenecker, 2007)

1.4 ลดน้ำตาลในเลือด จากการศึกษาในมนุษย์พบว่า กระเทียมช่วยลดระดับน้ำตาลในเลือดได้ โดยการรับประทานกระเทียมสกัด 300-1500 มิลลิกรัมต่อวัน ต่อเนื่องนาน 12-24 สัปดาห์ (Chan et al., 2013; Choudhary et al., 2018; Hou, Liu, & Zhang, 2015)

2. ผลต่อการฆ่าเชื้อโรค

ผลของกระเทียมในการเป็นสารฆ่าเชื้อโรคจากการศึกษาในหลอดทดลอง พบว่า สามารถยับยั้งเชื้อแบคทีเรีย เช่น *Escherichia coli*, *Mycobacterium avium*, *Shigella flexneri*, *Staphylococcus aureus* เป็นต้น และสามารถยับยั้งการทำงานของเชื้อรา และโปรโตซัว (Bayan, Koulivand, & Gorji, 2014; Rana, Pal, Vaiphei, Sharma, & Ola, 2011)

3. ผลต่อการต้านอนุมูลอิสระ

จากการศึกษาในสัตว์ทดลอง พบว่า กระเทียมสามารถลดสารอนุมูลอิสระ และเพิ่มการสร้างสารต้านอนุมูลอิสระได้ โดยการรับประทานกระเทียม 0.1 กรัมต่อน้ำหนัก (กิโลกรัม) ต่อเนื่องเป็นระยะเวลา 1 เดือน (Avci et al., 2008; Chan et al., 2013)

4. ผลต่อการต้านเซลล์มะเร็ง

ผลของกระเทียมในการเป็นสารต้านเซลล์มะเร็ง เคยมีการศึกษาในหลอดทดลองและในสัตว์ทดลอง พบว่า กระเทียมสามารถลดความเสี่ยงในการเกิดมะเร็งตับ มะเร็งต่อมลูกหมาก มะเร็งเต้านม มะเร็งไทรอยด์ มะเร็งกระเพาะปัสสาวะ มะเร็งปอด มะเร็งรังไข่ มะเร็งกระเพาะอาหาร มะเร็งลำไส้ ส่วนการศึกษาในสัตว์ทดลอง พบว่า การรับประทานกระเทียมสามารถช่วยลดเซลล์มะเร็งในหนูได้ (Li, Le, & Cui, 2018; Lv, So, Wong, & Xiao, 2019) การศึกษา Case control พบว่า ประชาชนที่รับประทานกระเทียมปริมาณสูงมีความเสี่ยงต่อการเกิดมะเร็งกระเพาะอาหาร มะเร็งลำไส้ และมะเร็งปอดน้อยกว่าประชากรที่บริโภคกระเทียมปริมาณน้อย (Iciek, Kwicien I Fau - Wlodek, & Wlodek; Myneni et al., 2016)

5. ผลต่อการกระตุ้นภูมิคุ้มกัน

จากการศึกษาในมนุษย์พบว่ากระเทียมสามารถเพิ่มสัดส่วนเม็ดเลือดขาว และลดสัดส่วนของค่าการอักเสบได้ โดยการรับประทานกระเทียมแก่สกัด 3.6 กรัมต่อวัน ต่อเนื่องเป็นระยะเวลา

6 สัปดาห์ (Arreola et al., 2015; Xu et al., 2018)

6. ผลต่อการขับโลหะ

กลไกการขับโลหะยังไม่ทราบชัดเจน แต่มีการศึกษาในสัตว์ทดลองและในมนุษย์ ดังนี้

6.1 สัตว์ทดลอง

6.1.1 หนู

ผลของกระเทียมสามารถขับโลหะออกจากร่างกายในสัตว์ทดลอง โดยเคยมีการศึกษาประสิทธิภาพของกระเทียมต่อตะกั่วในอวัยวะต่าง ๆ และลดความเป็นพิษต่ออวัยวะต่าง ๆ ผลการศึกษาพบว่า กระเทียมสามารถลดระดับตะกั่วในเลือด ในสมอง และในอวัยวะต่าง ๆ นอกจากนี้ยังสามารถบรรเทาพิษด้านการเรียนรู้และความจำที่เกิดจากตะกั่ว บรรเทาพิษที่เซลล์ตับ ลดความเป็นพิษต่อเม็ดเลือดแดง ช่วยยืดอายุไขเม็ดเลือด เพิ่มประสิทธิภาพการทำงานของอสุจิ เพิ่มสารต้านอนุมูลอิสระ เพิ่มประสิทธิภาพการทำงานของสาร Glutathione ได้อย่างมีนัยสำคัญเมื่อเทียบกับกลุ่มควบคุมที่ไม่ได้รับกระเทียม (Aslani, Najamezhad, & Mohri, 2010; Belle et al., 2009; Cai, Liu, Shi, Hu, & Zhao, 2019; Ebrahimzadeh-Bideskan et al., 2016; Hassan et al., 2019; Kilikdar et al., 2011; Saleh et al., 2018; Sarkar et al., 2015)

ผลจากการศึกษาในหนูทดลอง พบว่า กระเทียมสามารถลดระดับแคดเมียมในตับไต และอวัยวะ สามารถลดระดับปรอทในสมอง และตับได้ และนอกจากนี้ยังพบว่า การใช้กระเทียม เทียบกับ ยาขับเหล็ก DMSA สามารถลดแคดเมียมในเนื้อเยื่อได้ไม่แตกต่างกัน โดยพบว่า กระเทียมกับแคดเมียมถูกขับออกทางอุจจาระมากกว่าปัสสาวะ (Cha, 1987) จากการศึกษาในหนูทดลอง พบว่า กระเทียมสามารถลดการทำงานของเซลล์ในสมองของหนูทดลองที่ได้รับการเลี้ยงด้วยโลหะปรอท (Belle et al., 2009) นอกจากนี้จากการศึกษาในหนูทดลองพบว่า กระเทียมสามารถลดสารอนุมูลอิสระในตับ ลดการอักเสบของตับ และเพิ่มสารต้านอนุมูลอิสระในตับของหนูทดลองที่เลี้ยงด้วยโลหะ โครเมียมได้ อย่างมีนัยสำคัญเมื่อเทียบกับกลุ่มที่ถูกเลี้ยงด้วยโครเมียมเพียงอย่างเดียว (Anandasadagopan et al., 2017)

6.1.2 ปลาทดลอง

ผลของกระเทียมต่อการขับโลหะในสัตว์ทดลองประเภทปลา จากการศึกษาในปลา กะพงขาว โดยแบ่งออกเป็น 3 กลุ่ม กลุ่มที่หนึ่งให้อาหารที่มีสารโลหะหนักผสมอย่างเดียวก่อน กลุ่มที่ 2 และ 3 ให้รับประทานอาหารที่มีโลหะผสมร่วมกับกระเทียมที่ความเข้มข้นแตกต่างกัน พบว่า กระเทียมสามารถเพิ่มสารต้านอนุมูลอิสระในร่างกายของปลากะพงขาวได้ และในกลุ่มปลากะพงขาวที่ไม่ได้กระเทียม พบการเพิ่มขึ้นของสารอนุมูลอิสระอย่างมีนัยสำคัญเมื่อเทียบกับกลุ่มที่ได้รับการเลี้ยงด้วยกระเทียม (Mosbah, Guerbej, Boussetta, Bouraoui, & Banni, 2018) ส่วนการศึกษาใน

ปลาคาร์ป พบว่า สาร Allicin สามารถลดระดับตะกั่วในเลือด ตับ ไต สมอง กระดูก และเลือดในปลาคาร์ปได้อย่างมีนัยสำคัญ (Shahsavani et al., 2011)

6.2 การศึกษาในมนุษย์

ผลของกระเทียมสามารถขับโลหะในมนุษย์ จากการศึกษาในมนุษย์ โดยที่ประชากรเป็นพนักงานโรงงานแบตเตอรี่รถยนต์ กลุ่มตัวอย่างจำนวน 117 ราย ที่มีระดับตะกั่วในเลือดระดับเล็กน้อยถึงปานกลาง แบ่งกลุ่มตัวอย่างออกเป็น 2 กลุ่ม กลุ่มแรกได้รับการรักษาด้วยเม็ดกระเทียมสกัดที่ประกอบด้วยกระเทียมผง 400 มิลลิกรัมต่อเม็ด ที่มีค่าเท่ากับสาร Allicin 1200 ไมโครกรัมต่อเม็ด ให้รับประทานครั้งละ 1 เม็ด 3 เวลาต่อวัน รวมเป็นรับประทานกระเทียมผงสกัด 1200 มิลลิกรัมต่อวัน หรือเท่ากับสาร Allicin 3600 ไมโครกรัมต่อวัน ส่วนกลุ่มที่ 2 รับประทานยา D-penicillamine ขนาด 250 มิลลิกรัมต่อเม็ด รับประทานครั้งละ 1 เม็ด 3 เวลาต่อวัน ให้รับประทานเป็นระยะเวลา 4 สัปดาห์ จากนั้นทำการเจาะเลือดตรวจวัดระดับตะกั่วในเลือดหลังจากผ่านไปแล้ว 10 วัน ผลการศึกษาพบว่า กลุ่มที่ได้รับการรักษาด้วยกระเทียมมีระดับตะกั่วในเลือดลดลงอย่างมีนัยสำคัญ เช่นเดียวกับกลุ่มที่ได้รับ D-Penicillamine และนอกจากนี้ยังพบว่า กระเทียมมีผลข้างเคียงน้อยกว่ากลุ่มที่ได้รับ D-Penicillamine (Kianoush et al., 2012)

กระเทียมมีประโยชน์ต่อร่างกายมากมาย รวมถึงการขับโลหะออกจากร่างกายด้วย แม้ว่ากลไกการขับโลหะจากกระเทียมไม่แน่ชัด แต่สันนิษฐานว่าเกิดการโครงสร้างของสารประกอบของสารในกระเทียมที่คล้ายกับยาในกลุ่มขับโลหะ หรืออาจเกิดจากที่สาร Allicin เข้าไปแย่งจับกับสาร Sulfhydryl group กับโลหะ ทำให้มีผลโลหะอิสระมากขึ้นเพิ่มการขับออกจากร่างกายได้มากขึ้น

ขนาดของกระเทียมและสารสกัดกระเทียมที่แนะนำให้รับประทานต่อวัน

ขนาดของกระเทียมที่มีประโยชน์ต่อสุขภาพไม่ได้มีกำหนดชัดเจน แต่จากการศึกษาวิจัยในผู้ใหญ่ ขนาดกระเทียมสดทั่ว ๆ ไปที่สมาคมแพทยเวชศาสตร์ครอบครัวแห่งประเทศไทยหรืออเมริกาแนะนำให้รับประทานกระเทียมดิบ 4 กรัมต่อวัน (1-2 กลีบ) หรือ ผงกระเทียมอัดเม็ด 300 มิลลิกรัมต่อเม็ด (ประกอบด้วยสาร Alliin 1.3% หรือ สาร Allicin 0.6%) 2-3 เม็ดต่อวัน หรือกระเทียมแก่สกัด 7.2 กรัมต่อวัน (Tattelman, 2005) ส่วนองค์การอนามัยโลกแนะนำปริมาณกระเทียมที่แนะนำต่อวัน สำหรับกระเทียมสด 2-5 กรัมต่อวัน ผงกระเทียม 0.4-1.2 กรัมต่อวัน น้ำมันกระเทียม 300-1000 มิลลิกรัม โดยที่มี Alliin 4-12 มิลลิกรัมต่อวัน หรือ Allicin 2-5 กรัมต่อวัน โดยที่ควรรับประทานกับอาหารเพื่อป้องกันจุกเสียดแน่นท้อง (World Health Organization [WHO], 1999)

ผลข้างเคียงที่เกิดจากการรับประทานกระเทียม

ผลข้างเคียงจากการรับประทานกระเทียมที่อาจพบได้ ได้แก่ อาการผื่นแพ้ อาการไม่สบายท้อง หรือจุกเสียด แผลในปาก ลมหายใจเหม็น โดยมีรายละเอียดดังนี้ (Borrelli, Capasso, & Izzo, 2007; Kianoush et al., 2012)

1. กลิ่นปากหรือกลิ่นตัวไม่พึงประสงค์ การรับประทานกระเทียมสกัด อาจทำให้กลิ่นไม่พึงประสงค์กระจายออกตามลมหายใจหรือผิวหนังได้ โดยการจากการศึกษาในมนุษย์ รับประทานกระเทียมสกัด 300-1200 มิลลิกรัมต่อวัน นาน 8-12 สัปดาห์ ผลข้างเคียงที่ส่งผลกระทบต่อผู้เข้าร่วมวิจัยมากที่สุด ได้แก่ กลิ่นปากและกลิ่นตัวไม่พึงประสงค์ ประมาณ 24-45% ของผู้เข้าร่วมวิจัยทั้งหมด

2. อาการแพ้ เกิดขึ้นได้จากการรับประทานกระเทียมเกิดขึ้นได้ประมาณ 1.1% โดยมีปฏิกิริยาการแพ้ประกอบด้วยลมพิษ (Urticaria) ผื่นแพ้สัมผัส (Contact dermatitis) หรืออาการบวม (Angioedema) และนอกจากนี้ยังมีรายงาน (Case report) การเกิดตุ่มน้ำ (Pemphigus) หรือปฏิกิริยาแพ้อย่างรุนแรง (Anaphylaxis) ซึ่งส่วนมากเกิดจากการแพ้สาร Diallyl disulfide ซึ่งเป็นสารประกอบที่สำคัญในกระเทียมดิบ หรือกระเทียมที่ผ่านการปรุง

3. ด้านการทำงานของเกล็ดเลือด มีรายงานพบว่า ในกรณีผ่าตัดอาจเสี่ยงต่อการเลือดออกง่ายหยุดยาก

4. อาการแสดงจากการรบกวนทางเดินอาหาร พบว่า การรับประทานกระเทียมตั้งแต่ 900 มิลลิกรัมต่อวัน อาจทำให้เกิดอาการคลื่นไส้หรือ ปวดจุกท้องได้ และยังมีการศึกษาในสัตว์ทดลองพบว่า การให้กระเทียมในระดับสูงสามารถทำให้ตับอักเสบได้ แต่ในกรณีที่ให้กระเทียมน้อยกว่า 0.25 กรัมต่อน้ำหนักตัว (กิโลกรัม) เป็นขนาดที่ปลอดภัยสามารถให้ได้ แต่อย่างไรก็ตามไม่พบการข้อมูลในมนุษย์

กล่าวโดยสรุปผลข้างเคียงจากกระเทียมที่ส่งผลกระทบต่อผู้รับประทานมากที่สุดได้แก่ กลิ่นไม่พึงประสงค์

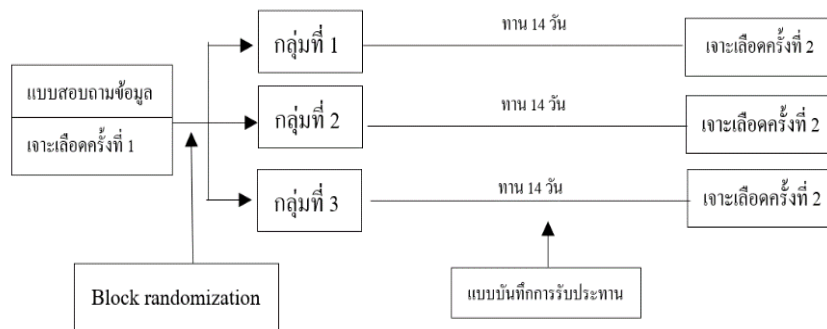
บทที่ 3

วิธีดำเนินการวิจัย

งานวิจัยเรื่อง ประสิทธิภาพของสารสกัดกระเทียมต่อระดับตะกั่วในเลือดของพนักงานโรงงานผลิตแบตเตอรี่แห่งหนึ่งในจังหวัดสมุทรปราการ มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาประสิทธิภาพของสารสกัดกระเทียมที่มีความเข้มข้นแตกต่างกันต่อระดับตะกั่วในเลือด ซึ่งในบทนี้จะกล่าวถึงรูปแบบงานวิจัย ประชากรและกลุ่มตัวอย่าง เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย การเก็บรวบรวมข้อมูล การวิเคราะห์ข้อมูลและสถิติที่ใช้ในการวิจัยตามลำดับดังนี้

รูปแบบของงานวิจัย

งานวิจัยนี้เป็นการวิจัยรูปแบบเชิงทดลองแบบสุ่มชนิดมีกลุ่มควบคุม (Randomize control trials) ในการศึกษาครั้งนี้มีการปิดบังกลุ่มตัวอย่างในการรับประทานยาที่แตกต่างกัน และปิดบังผู้ที่ทำการตรวจวัดระดับตะกั่วในเลือด แต่ผู้แจกยาทดลองแก่กลุ่มตัวอย่างเป็นตัวผู้วิจัยเองไม่ถูกปิดบังกลุ่มตัวอย่างที่เป็นพนักงานฝ่ายผลิตได้รับการเจาะเลือดตรวจวัดระดับตะกั่วในเลือดก่อนเริ่มการรับประทานสารสกัดกระเทียม แล้วสุ่มแบ่งกลุ่มเป็นทั้งหมด 3 กลุ่ม โดยแต่ละได้รับประทานสารสกัดกระเทียมที่มีความเข้มข้นแตกต่างกัน ในระหว่างนี้ผู้เข้าร่วมวิจัยต้องบันทึกข้อมูลลงในแบบบันทึกที่กำหนดให้ซึ่งประกอบด้วย แบบบันทึกการรับประทานสารสกัดกระเทียม แบบบันทึกผลข้างเคียงจากการรับประทานสารสกัดกระเทียม และแบบบันทึกการรับประทานสมุนไพรอื่นที่อาจมีผลต่อการวิเคราะห์การวิจัย หลังจากรับประทานครบกำหนด 14 วัน จะทำการตรวจวัดระดับตะกั่วในเลือดอีกครั้ง แล้วเปรียบเทียบระดับตะกั่วในเลือดก่อนและหลังการรับประทานสารสกัดกระเทียมโดยมีรายละเอียดของการดำเนินการวิจัยดังนี้



ภาพที่ 14 แผนภาพขั้นตอนการดำเนินการวิจัยและปฏิบัติ

ประชากรและกลุ่มตัวอย่าง

ประชากรเป้าหมาย

ประชากรที่ทำการศึกษารั้งนี้ เป็นพนักงานฝ่ายผลิตในโรงงานแบตเตอรี่แห่งหนึ่งในจังหวัดสมุทรปราการ โดยมีจำนวนพนักงานที่ปฏิบัติงานอยู่ฝ่ายผลิตที่มีโอกาสสัมผัสตะกั่ว 120 ราย เป็นเพศชายทั้งหมด อยู่ในแผนก Casting, Lead powder, Pasting, Cast on strap, Lead sheet, Expansion, Formation A และ Formation B ซึ่งลักษณะการทำงานในแต่ละแผนกก็มีโอกาสสัมผัสตะกั่วที่ในปริมาณที่เท่า ๆ กัน โดยระดับตะกั่วในบรรยากาศตลอดระยะเวลาทำงานเฉลี่ยดังนี้

แผนก Casting เท่ากับ 0.029 mg/m ³	แผนก Lead powder เท่ากับ 0.018 mg/m ³
แผนก Pasting เท่ากับ 0.023 mg/m ³	แผนก Cast on strap เท่ากับ 0.024 mg/m ³
แผนก Lead sheet เท่ากับ 0.029 mg/m ³	แผนก Expansion เท่ากับ 0.018 mg/m ³
แผนก Formation A เท่ากับ 0.002 mg/m ³	แผนก Formation B เท่ากับ 0.008 mg/m ³

กลุ่มตัวอย่าง

จากจำนวนประชากรที่ศึกษาดังกล่าว ผู้วิจัยทำการเชิญชวนอาสาสมัครพนักงานโดยการทำโปสเตอร์ จากนั้นคัดพนักงานที่มีคุณสมบัติตรงกับกรคัดเลือกเข้างานวิจัย โดยใช้เกณฑ์ดังนี้

Inclusion criteria

1. พนักงานที่สมัครใจเข้าร่วมงานวิจัย
2. พนักงานที่มีระดับตะกั่วในเลือดน้อยกว่า 60 ไมโครกรัมต่อเดซิลิตร และไม่เป็นโรคพิษตะกั่ว หรืออยู่ในระหว่างการรักษาโรคพิษตะกั่ว
3. พนักงานที่ใช้ยาละลายลิ่มเลือด หรือยาต้านการแข็งตัวของเกล็ดเลือด หรือมีประวัติเลือดออกง่ายหรือหยุดยาก

4. พนักงานที่ได้รับการผ่าตัดใน 2 เดือนที่ผ่านมาหรือกำลังจะเข้ารับการผ่าตัดใน 2 เดือนที่กำลังมาถึง

5. พนักงานที่มีประวัติแพ้กระเทียม

Exclusion criteria

1. พนักงานที่แพ้กระเทียมหลังจากเริ่มการวิจัย
2. พนักงานที่ไม่สามารถทนผลข้างเคียงจากกระเทียมสกัดได้
3. พนักงานที่รับประทานสารสกัดกระเทียมไม่ถึง 50% ของระยะเวลาทั้งหมด
4. พนักงานที่ได้รับสัมผัสตะกั่วในปริมาณมากกว่าปกติในระหว่างการวิจัย เช่น รับประทานผักจากอุบัติเหตุสารเคมีรั่วไหล หรือเกิดอุบัติเหตุรับประทานตะกั่วเข้าไป เป็นต้น

เกณฑ์ยุติโครงการ

1. หากมีพนักงานได้รับอันตรายใด ๆ จนต้องนอนโรงพยาบาล ที่พิสูจน์ได้ว่าจากการรับประทานสารสกัดกระเทียม ตั้งแต่ 5 รายขึ้นไป ผู้วิจัยจะยุติโครงการวิจัยทันที
- การคำนวณจำนวนตัวอย่างได้จากสูตรดังนี้

$$n = \frac{2(Z_{1-\alpha/2} + Z_{1-\beta})^2 (\sigma^2)}{(\mu_1 - \mu_2)^2}$$

โดยกำหนดให้

n = จำนวนกลุ่มตัวอย่าง

σ^2 = ค่าความแปรปรวนของกลุ่มทดลอง

$\mu_1 - \mu_2$ = ความแตกต่างของค่าเฉลี่ยของกลุ่มทดลองและกลุ่มควบคุม

แทนค่าสูตรอ้างอิงจากการวิจัยที่ทำการศึกษาประสิทธิผลของกระเทียมในพนักงานโรงงานเบตเตอร์ (Kianoush et al., 2012) พบว่า ส่วนเบี่ยงเบนหลังการทดลองเท่ากับ 12.1056 และผู้วิจัยได้กำหนดความแตกต่างของค่าเฉลี่ยทั้ง 2 กลุ่มให้ต่างกันเท่ากับ 10

$$n = \frac{2(1.96 + 0.84)^2 (12.11)^2}{(10)^2}$$

$$n = 2299.50/100$$

$$n = 23 \text{ รายต่อกลุ่ม}$$

แต่เนื่องจากกลุ่มตัวอย่างอาจถอนตัว หรือถูกคัดออกจากเกณฑ์คัดออก หรือสูญหายระหว่างการวิจัย ดังนั้นผู้วิจัยจึงป้องกันปัญหาดังกล่าว เพิ่มจำนวนกลุ่มตัวอย่างร้อยละ 25 ได้กลุ่มตัวอย่างเป็นกลุ่มละ 30 ราย รวมทั้งสิ้น 90 ราย

การสุ่มตัวอย่าง

เมื่อผู้วิจัยได้ตัวอย่างที่ผ่านเกณฑ์คัดเข้าแล้ว (Inclusion criteria) จะสุ่มตัวอย่างเพื่อคัดเข้าโครงการ โดยวิธี Simple random sampling ให้ได้พนักงานจำนวน 90 ราย จากนั้นแบ่งตัวอย่างออกเป็น 3 กลุ่ม กลุ่มละ 30 ราย โดยวิธี Block randomization โดยกลุ่มที่ 1 ให้เป็นกลุ่มควบคุม กลุ่มที่ 2 เป็นกลุ่มที่ได้รับสารสกัดกระเทียม 900 มิลลิกรัมต่อวัน และกลุ่มที่ 3 เป็นกลุ่มที่ได้รับสารสกัดกระเทียม 1200 มิลลิกรัมต่อวัน

เครื่องมือที่ใช้ในการทำวิจัย

เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัยการศึกษาประสิทธิผลของกระเทียมต่อระดับตะกั่วในเลือดครั้งนี้ ประกอบด้วย แบบสอบถามและแบบบันทึกข้อมูล เครื่องมือที่ใช้ในการประเมินระดับตะกั่วในเลือด และสารสกัดกระเทียม ซึ่งมีรายละเอียดดังนี้

1. แบบสอบถามและแบบบันทึกข้อมูล

1.1 แบบสอบถามข้อมูลส่วนบุคคล ได้แก่ อายุ (ปี) อายุการทำงาน (ปี) การสูบบุหรี่ งานอดิเรก ระยะเวลาการทำงานต่อวัน (ชั่วโมง) การสวมใส่อุปกรณ์ป้องกันอันตรายส่วนบุคคล

1.2 แบบบันทึกการวิจัย ประกอบด้วย 3 ส่วน ได้แก่

ส่วนที่ 1 แบบบันทึกการรับประทานสารสกัดกระเทียม ประกอบด้วยแบบบันทึกการรับประทานสารสกัดกระเทียมทั้ง 3 มื้อในแต่ละวัน ทั้งหมด 14 วัน

ส่วนที่ 2 แบบบันทึกผลข้างเคียงจากการรับประทานสารสกัดกระเทียม ได้แก่ กลืนปากหรือกลืนตัวไม่พึงประสงค์ อาการแพ้ เช่น ผื่นแดงตามตัว อาการเลือดออกง่ายหยุดยาก เช่น เลือดออกตามไรฟัน และอาการแสดงจากระบบทางเดินอาหาร เช่น คลื่นไส้ อาเจียน ปวดจุกแน่นท้อง เป็นต้น

ส่วนที่ 3 แบบบันทึกการรับประทานสมุนไพรอื่นที่อาจมีผลต่อการวิเคราะห์งานวิจัย ได้แก่ ผักชีจีน ขมิ้นชัน หรือ ใบแปะก๊วย

2. เครื่องมือที่ใช้ในการประเมินระดับตะกั่วในเลือด

เครื่องมือที่ใช้ในการประเมินระดับตะกั่วในเลือดของพนักงาน ประกอบด้วยดังนี้

2.1 อุปกรณ์สำหรับเจาะเลือด (World Health Organization [WHO], 2010)

ประกอบด้วย กระบอกฉีดขนาด 5 มิลลิลิตร เข็มเจาะเลือด สายรัดเจาะเลือด สำลีแอลกอฮอล์ ถังขยะ ถุงมือ หลอดเก็บเลือดที่เคลือบด้วยสารต้านการแข็งตัวของเลือด EDTA ฉลากหมายเลข ตะแกรงใส่หลอดเก็บเลือด

2.2 เครื่อง Atomic Absorption Spectrophotometer (AAS) เป็นเครื่องมือสำหรับตรวจวัดระดับตะกั่วในเลือดโดยเครื่อง AAS ปกติใช้สำหรับการวิเคราะห์โลหะธาตุ ทำการทดสอบด้วยอาศัยหลักการที่ว่า ธาตุแต่ละชนิดมีระดับของพลังงานแตกต่างกัน มีความสามารถในการดูดกลืนพลังงานได้แตกต่างกัน พลังงานที่พอดีกับคุณสมบัติเฉพาะของธาตุจะทำให้อิเล็กตรอนของธาตุนั้น ๆ เปลี่ยนจากสถานะ Ground state เป็นสถานะ Excited state และเครื่อง AAS จะตรวจวัดสเปกตรัมที่ปล่อยออกมา (Parsons & Chisolm, 1997) และตรวจวัดด้วยวิธี NIOSH 8003

3. สารสกัดกระเทียมที่ใช้การวิจัย

ในการศึกษาครั้งนี้มีการใช้สารสกัดกระเทียมที่เป็นผลิตภัณฑ์สมุนไพรที่จำหน่ายตามท้องตลาด โดยมีปริมาณความเข้มข้นของสารสกัดกระเทียมที่แตกต่างกันดังนี้

กลุ่มที่ 1 กลุ่มควบคุม สารสกัดกระเทียมสำหรับกลุ่มนี้เป็นยาหลอกที่ประกอบด้วยแป้งที่ไม่ออกฤทธิ์ต่อร่างกาย (Placebo) โดยให้รับประทาน 3 ครั้งต่อวัน ครั้งละ 1 เม็ด ก่อนอาหารมื้อเช้า เทียง และเย็น

กลุ่มที่ 2 กลุ่มทดลอง รับประทานสารสกัดกระเทียม 900 มิลลิกรัมต่อวัน โดยใช้เม็ดยาที่ระบุในฉลากว่ามีปริมาณผงกระเทียมสกัด 300 มิลลิกรัมต่อเม็ด รับประทาน 3 ครั้งต่อวัน ครั้งละ 1 เม็ด ก่อนอาหารมื้อเช้า เทียง และเย็น ซึ่งปริมาณที่ให้ผู้เข้าร่วมวิจัยกลุ่มนี้รับประทานนี้อ้างอิงจากปริมาณแนะนำต่อวันของสมาคมแพทย์เวชศาสตร์ครอบครัวแห่งประเทศไทย (Tattelman, 2005)

กลุ่มที่ 3 กลุ่มทดลอง รับประทานสารสกัดกระเทียม 1200 มิลลิกรัมต่อวัน โดยใช้เม็ดยาที่มีปริมาณความเข้มข้นของสารสกัดกระเทียม 400 มิลลิกรัมต่อเม็ด รับประทาน 3 ครั้งต่อวัน ครั้งละ 1 เม็ดก่อนมื้ออาหารเช้า เทียง และเย็น ซึ่งปริมาณที่ให้ผู้เข้าร่วมวิจัยกลุ่มนี้รับประทานนี้อ้างอิงความเข้มข้นจากงานวิจัยที่เคยศึกษาในมนุษย์ที่ผ่านมา (Kianoush et al., 2012) เทียบเท่าความเข้มข้นที่องค์การอนามัยโลกแนะนำ (WHO, 1999)

ขั้นตอนและวิธีการรวบรวมข้อมูล

ขั้นตอนและวิธีการเก็บรวบรวมข้อมูลในการศึกษาครั้งนี้ สามารถแบ่งเป็น 2 ช่วง คือ ช่วงเตรียมงานวิจัย และช่วงดำเนินการวิจัยและปฏิบัติ มีรายละเอียดดังนี้

ช่วงที่ 1 การเตรียมการวิจัย

1. เตรียมความพร้อม โดยติดต่อประสานงานกับผู้บริหารขอความอนุเคราะห์ในการเข้าทำวิจัย พร้อมชี้แจงวัตถุประสงค์และรายละเอียดของการศึกษาครั้งนี้ สอบถามข้อมูลทั่วไปเกี่ยวกับ

อาชีพอนามัยในโรงงาน ผลตรวจวัดความเข้มข้นของตะกั่วในบรรยากาศการทำงาน และระดับตะกั่วในเลือดที่ผ่านมาเพื่อนำมาประกอบการวิเคราะห์งานวิจัย

2. เตรียมผู้เข้าร่วมวิจัย เริ่มต้นผู้วิจัยจะเชิญชวนพนักงานเข้าร่วม โครงการวิจัยผ่านโปสเตอร์ประชาสัมพันธ์ให้พนักงานทราบถึงโครงการวิจัยคร่าว ๆ ก่อน ต่อมาผู้วิจัยจะเข้าไปชี้แจงวัตถุประสงค์ วิธีการวิจัย แบบบันทึกข้อมูล การเก็บตัวอย่าง การรับประทานสารสกัดกระเทียม รายละเอียดเกี่ยวกับโครงการวิจัย ทั้งหมด 2 รอบ เพื่อให้พนักงานที่สนใจทุนรายหมื่นเงินเข้าฟัง ไม่ให้กระทบต่อการทำงานของโรงงาน ทั้งนี้ผู้วิจัยจะย้ำถึงการเข้าร่วมโครงการวิจัยจะไม่มีผลใด ๆ ต่อการพิจารณางานใด ๆ ของหัวหน้างานทั้งสิ้น หลังจากที่พนักงานได้รับฟังข้อมูลอย่างครบถ้วน และคลายทุกประเด็นสงสัย หากพนักงานท่านใดต้องการเข้าร่วมจะให้ลงชื่อและเซ็นใบยินยอมเข้าร่วมโครงการวิจัย หรือถ้าหากยังไม่แน่ใจ สามารถกลับไปทบทวนและหากสนใจก็สามารถติดต่อมาลงชื่อเข้าร่วมโครงการได้ในรอบถัดมาได้

3. เตรียมสารสกัดกระเทียม ผู้วิจัยทำการเตรียมสารสกัดกระเทียม บรรจุลงในถุงของยากันแสงสีน้ำตาตลับ ซึ่งในแต่ละช่องจะถูกบรรจุด้วยสารสกัดที่มีความเข้มข้นต่างๆ จำนวน 42 เม็ดต่อช่อง และกำกับหมายเลขตามลำดับที่เตรียมไว้

ช่วงที่ 2 ช่วงดำเนินการวิจัยและปฏิบัติ

1. การเก็บข้อมูลส่วนบุคคลของผู้เข้าร่วมวิจัย ได้แก่ อายุ อายุการทำงาน การสูบบุหรี่ งานอดิเรก ระยะเวลาการทำงานต่อวัน (ชั่วโมง) และการสวมใส่อุปกรณ์ป้องกันอันตรายส่วนบุคคล โดยข้อมูลที่ี้จะถูกเก็บบันทึกในแบบสอบถามข้อมูลส่วนบุคคลของผู้เข้าร่วมวิจัยแต่ละราย

2. หลังจากเก็บข้อมูลส่วนบุคคลเรียบร้อยแล้วจะเจาะเลือดครั้งที่ 1 เพื่อตรวจวัดระดับตะกั่วในเลือดของผู้เข้าร่วมวิจัยแต่ละรายก่อนเริ่มการรับประทานสารสกัดกระเทียม มีขั้นตอนการเจาะเลือดดังนี้ (WHO, 2010)

2.1 ตรวจสอบความถูกต้องของชื่อ-นามสกุล ระหว่างผู้เข้าร่วมวิจัยและหลอดเก็บเลือดให้ตรงกัน

2.2 ใช้สายรัด รัศบริเวณต้นแขนเพื่อเจาะเส้นเลือดบริเวณข้อพับของแขน เลือกตำแหน่งเส้นเลือด ให้ผู้ป่วยกำมือโดยไม่เกร็งกล้ามเนื้อ เข็ดแอลกอฮอล์

2.3 จากจุดศูนย์กลาง หมุนวนเป็นวงกลมออกสู่ด้านนอก รอจนกว่าแอลกอฮอล์จะแห้ง ห้ามสัมผัสเส้นเลือดอีก

2.4 ทำการเจาะเลือดโดยแทงเข็ม 15 องศา กับแขน เมื่อเลือดดำเข้าสู่กระบอกฉีดยา ถอดสายรัดแล้วดึงกระบอกสุบอย่างช้า ๆ จนได้ปริมาณเลือดประมาณ 5 มิลลิลิตร จากนั้นเก็บเลือดที่ได้ลงในหลอดเก็บเลือดชนิดเคลือบด้วย EDTA

2.5 ทิ้งเข็มลงในภาชนะสำหรับบรรจุของมีคม เอียงหลอดเลือดไปมาซ้ำ ๆ 6-8 ครั้ง เพื่อผสมสารกันแข็งตัวกับเลือดเข้าด้วยกัน เพื่อป้องกันเลือดแตกตัว

2.6 ลงข้อมูลกำกับฉลากติดกับสิ่งส่งตรวจ

เมื่อปฏิบัติขั้นตอนการเจาะเลือดเสร็จเรียบร้อยแล้ว จึงนำสิ่งส่งตรวจบรรจุลงในถึงความเย็นที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส (Parsons & Chisolm, 1997) และส่งวิเคราะห์ระดับตะกั่วในเลือดที่โรงพยาบาลรามาริบัติ จังหวัดกรุงเทพมหานคร

3. รับประทานยาหลอกและสารสกัดกระเทียม หลังจากเจาะเลือดส่งตรวจวัดระดับตะกั่วในเลือดก่อนเริ่มทดลองเรียบร้อยแล้ว ผู้วิจัยจะทำการสุ่มตัวอย่างผู้เข้าร่วมวิจัยออกเป็นทั้งหมด 3 กลุ่ม กลุ่มละ 30 ราย โดยใช้วิธี Block randomization จากนั้นผู้วิจัยจะแจกซองยาที่บรรจุสารสกัดกระเทียมให้แก่กลุ่มตัวอย่างตามที่เตรียมไว้ และให้ผู้เข้าร่วมวิจัยรับประทานสารสกัดกระเทียมที่ความเข้มข้นแตกต่างกันในแต่ละกลุ่ม พร้อมน้ำเปล่า 1 แก้ว (Lawson & Hunsaker, 2018) ครั้งละ 1 เม็ด ก่อนอาหารมื้อเช้า เทียง และเย็นอย่างน้อย 30 นาที ต่อเนื่อง 14 วัน จากนั้นตรวจวัดระดับตะกั่วในเลือดของผู้เข้าร่วมโครงการทั้ง 3 กลุ่มซ้ำอีกครั้ง

4. บันทึกข้อมูลการรับประทานสารสกัดกระเทียม ผลข้างเคียงจากการรับประทานสารสกัดกระเทียม และการบันทึกการรับประทานสมุนไพรอื่นที่อาจมีผลต่องานวิจัยนี้ ผู้วิจัยขอความร่วมมือให้ผู้เข้าร่วมวิจัยบันทึกข้อมูลต่างๆ ลงในแบบบันทึก ตามคำชี้แจงที่ผู้วิจัยจะแจ้งให้ผู้เข้าร่วมวิจัยทราบ และหากผู้เข้าร่วมงานวิจัยมีผลข้างเคียงที่รุนแรงเช่น อาการผื่นขึ้น ผลข้างเคียงอื่นที่ผู้เข้าร่วมงานวิจัยไม่สามารถทนผลข้างเคียงได้ หรือมีการรับสัมผัสตะกั่วมากผิดปกติ ให้แจ้งแก่ผู้วิจัย เพื่อยุติการเข้าร่วมงานวิจัยและทำการรักษาทันที

5. หลังจากรับประทานสารสกัดกระเทียมครบ 14 วันแล้ว ผู้วิจัยจะตรวจสอบข้อมูลความสม่ำเสมอของการรับประทานสารสกัดกระเทียม หากพบว่าผู้เข้าร่วมวิจัยรับประทานสารสกัดกระเทียมน้อยกว่า 50% ของระยะเวลาที่กำหนด จะไม่ถูกนำมาวิเคราะห์ในการวิจัยครั้งนี้

6. ตรวจวัดระดับตะกั่วในเลือดซ้ำอีกครั้ง หลังรับประทานครบ 14 วัน (Kianoush et al., 2012)

7. วิเคราะห์ข้อมูลเปรียบเทียบระดับตะกั่วในเลือดก่อนและหลังการรับประทานผงกระเทียมสกัดที่ความเข้มข้นที่แตกต่างกัน

การวิเคราะห์ข้อมูล

ข้อมูลที่ได้จะบันทึกข้อมูลลง Microsoft excel worksheet จากนั้นนำไปวิเคราะห์ผลด้วยโปรแกรม Minitab โดยมีรายละเอียดดังนี้

1. การวิเคราะห์ข้อมูลส่วนบุคคล สำหรับข้อมูลเชิงคุณภาพ ได้แก่ การสูบบุหรี่ งานอดิเรก การสวมใส่อุปกรณ์ป้องกันอันตรายส่วนบุคคล วิเคราะห์ด้วยความถี่ร้อยละ สำหรับข้อมูลเชิงปริมาณ ได้แก่ อายุ อายุการทำงาน ระยะเวลาทำงานต่อวัน ระดับตะกั่วในเลือดก่อนรับประทาน สารสกัดกระเทียมและระดับตะกั่วในเลือดหลังการรับประทานสารสกัดกระเทียม วิเคราะห์ด้วยค่าเฉลี่ยและส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน

2. เปรียบเทียบความคล้ายคลึงกันของกลุ่มตัวอย่างทั้ง 3 กลุ่ม สำหรับข้อมูลเชิงคุณภาพ ได้แก่ การสูบบุหรี่ งานอดิเรก และการสวมใส่อุปกรณ์ป้องกันอันตรายส่วนบุคคล วิเคราะห์ด้วยวิธี Fisher exact test และสำหรับตัวแปรเชิงปริมาณ ได้แก่ อายุ อายุการทำงาน ระยะเวลาทำงานต่อวัน ระยะเวลาการทำงานต่อวัน และระดับตะกั่วในเลือดก่อนรับประทานสารสกัดกระเทียม ด้วยวิธี One-way ANOVA

3. วิเคราะห์การเปลี่ยนแปลงของระดับตะกั่วในเลือดหลังการรับประทานสารสกัดกระเทียมของกลุ่มตัวอย่างในแต่ละกลุ่ม กรณีข้อมูลแจกแจงแบบปกติ วิเคราะห์ด้วยสถิติ Paired t-test แต่ถ้าข้อมูลไม่มีการแจกแจงแบบปกติ วิเคราะห์ด้วยสถิติ Wilcoxon signed-rank test

4. เปรียบเทียบความแตกต่างของการเปลี่ยนแปลงระดับตะกั่วในเลือดระหว่าง 2 กลุ่ม วิเคราะห์ด้วย Unpaired t test โดยในกรณีที่มีการแจกแจงข้อมูลแบบปกติจะวิเคราะห์ด้วยสถิติ One-way ANOVA แต่ในกรณีที่ไม่มีแจกแจงแบบปกติจะวิเคราะห์ด้วยสถิติ Kruskal Wallis test

การพิทักษ์สิทธิกลุ่มตัวอย่าง

ในการศึกษาวิจัยครั้งนี้ได้รับการรับรองจริยธรรมการวิจัยจากคณะกรรมการพิจารณาจริยธรรมการวิจัยในมนุษย์ มหาวิทยาลัยบูรพา รหัสโครงการวิจัย G-HS 032/2563 ก่อนดำเนินการวิจัย ทั้งนี้ผู้วิจัยชี้แจงวัตถุประสงค์ของการวิจัย ขั้นตอนการเก็บข้อมูล ระยะเวลาในการเก็บรวบรวมข้อมูล และแจ้งให้กลุ่มตัวอย่างเข้าใจถึงการพิทักษ์สิทธิกลุ่มตัวอย่างก่อนลงลายมือชื่อเพื่อยินยอมเข้าร่วมวิจัย

การวิจัยครั้งนี้ยึดหลักเคารพสิทธิการตัดสินใจในการเข้าร่วมวิจัยหรือถอนตัวระหว่างการวิจัย ซึ่งจะไม่เกิดผลเสียใดๆ ต่อกลุ่มตัวอย่าง อีกทั้งข้อมูลที่ได้จากการวิจัยครั้งนี้จะปกปิดเป็นความลับ การนำเสนอข้อมูลของกลุ่มตัวอย่างจะนำเสนอในภาพรวม ไม่มีการระบุถึงหน่วยงานและชื่อ-สกุลของกลุ่มตัวอย่าง

สำหรับกลุ่มที่รับประทานยาหลอก อาจได้ประโยชน์จากการเข้าร่วมโครงการในแง่ของการได้ทราบถึงระดับตะกั่วในเลือดของตนเอง ซึ่งหลังจากทราบผลแล้ว อาจเพิ่มความตระหนักต่อสุขภาพของผู้เข้าร่วมโครงการวิจัยได้มากยิ่งขึ้น

หากเกิดผลข้างเคียงหรืออันตรายใดๆ จากการวิจัยนี้ ให้ผู้เข้าร่วมวิจัยติดต่อผู้วิจัยได้โดยตรง หมายเลขโทรศัพท์ 083-3877766 ผู้วิจัยจะดำเนินการให้ผู้เข้าร่วม โครงการวิจัยที่ได้รับผลข้างเคียงจากการรับประทานสารสกัดกระเทียมเข้ารับการรักษาที่รพ.สมุทรปราการ ซึ่งเป็นโรงพยาบาลที่ใกล้ที่สุด ผู้วิจัยจะรับผิดชอบค่าใช้จ่ายที่เกิดขึ้นจากการรักษาพยาบาลดังกล่าวทั้งหมด และให้ผู้เข้าร่วมวิจัยรายนั้น ยุติการเข้าร่วมวิจัย หากผู้เข้าร่วมวิจัยบาดเจ็บหรือเจ็บป่วยจากการเข้าร่วมวิจัยต้องขาดงานจนทำให้เกิดการสูญเสียรายได้ ผู้วิจัยจะชดเชยเป็นจำนวนเงินที่ต้องสูญเสียรายได้ไปทั้งหมด



บทที่ 4

ผลการศึกษา

งานวิจัยนี้เป็นการวิจัยรูปแบบเชิงทดลองแบบสุ่มชนิดมีกลุ่มควบคุม (Randomize control trials) ในการศึกษาครั้งนี้มีการปิดบังกลุ่มตัวอย่างในการรับประทานยาที่แตกต่างกัน และปิดบังผู้ที่ทำการตรวจวัดระดับตะกั่วในเลือด แต่ผู้แจกยาทดลองแก่กลุ่มตัวอย่างซึ่งเป็นตัวผู้วิจัยเองไม่ถูกปิดบัง งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาประสิทธิผลของสารสกัดกระเทียมต่อระดับตะกั่วในเลือดของผู้ประกอบอาชีพที่รับสัมผัสตะกั่ว ซึ่งผลที่ได้จากการศึกษามีรายละเอียดดังนี้

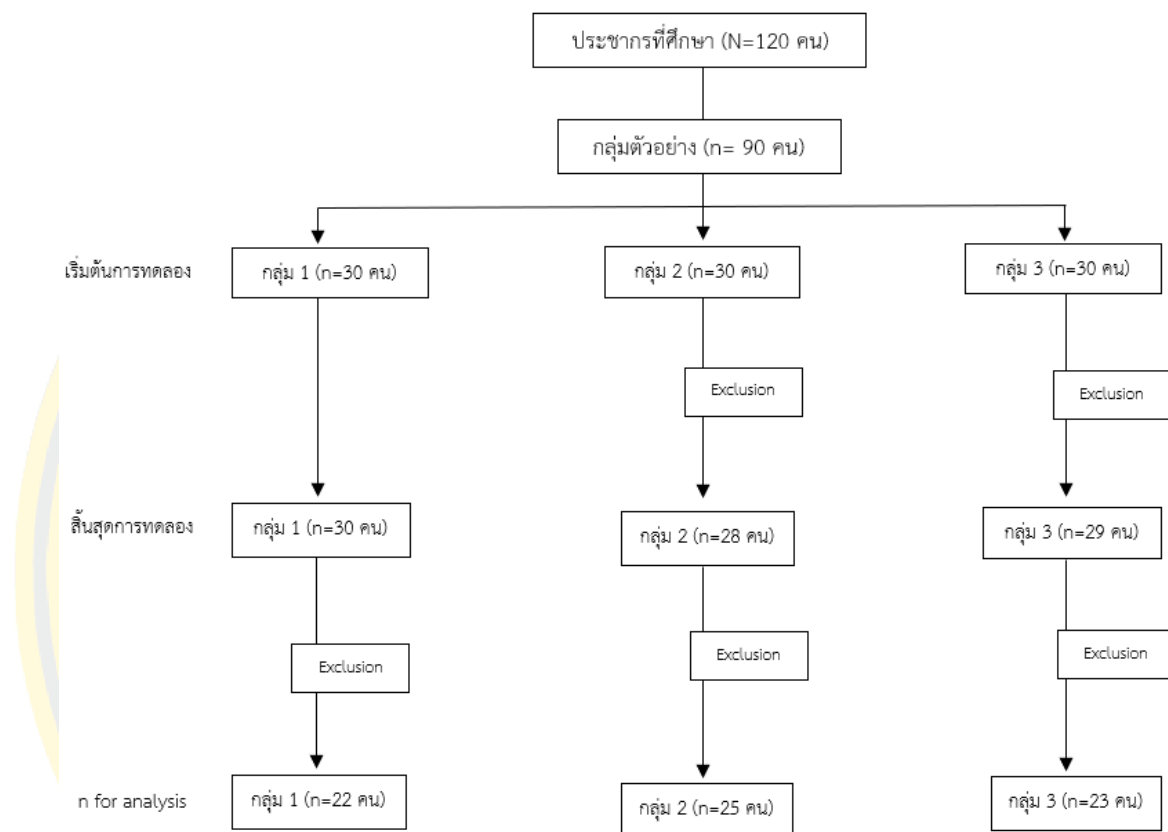
อัตราการเข้าร่วมวิจัย

ผู้วิจัยเชิญชวนพนักงานเข้าร่วมวิจัยกลุ่มละ 30 ราย หลังจากเริ่มโครงการวิจัยแล้ว มีผู้เข้าร่วมวิจัยได้รับผลข้างเคียงจากสารสกัดกระเทียมจนไม่สามารถรับประทานต่อเนื่องได้จำนวน 3 ราย โดยเป็นผู้เข้าร่วมวิจัยจากกลุ่มที่ 2 จำนวน 2 ราย ผลข้างเคียง คือ ถ่ายเหลว ปัสสาวะบ่อย และคลื่นไส้อาเจียน ส่วนอีก 1 ราย เป็นผู้เข้าร่วมวิจัยจากกลุ่มที่ 3 ผลข้างเคียง คือ ถ่ายเหลว นอกจากนี้มีผู้เข้าร่วมวิจัยที่รับประทานสารสกัดน้อยกว่า 50% ของระยะเวลาการวิจัยทั้งหมด ย้ายแผนก ลาออกระหว่างเข้าร่วมโครงการวิจัย จำนวน 17 ราย ดังนั้นเหลือข้อมูลของผู้เข้าร่วมวิจัยที่สามารถนำมาวิเคราะห์ผลได้ 70 ราย ซึ่งกลุ่มตัวอย่างที่ออกจากงานวิจัยก่อนกำหนด หรือผู้ที่ไม่ถูกนำมาวิเคราะห์ผล เนื่องจากตรงกับเกณฑ์คัดออก (Drop out) คิดเป็นร้อยละ 22.2 ของจำนวนผู้เข้าร่วมวิจัยทั้งหมด ดังภาพที่ 15

ข้อมูลส่วนบุคคลของอาสาสมัคร

จากกลุ่มตัวอย่างที่นำวิเคราะห์ทั้งหมด 70 ราย เป็นผู้ชายทั้งหมด พบผู้ที่สูบบุหรี่คิดเป็น 45.7% ของกลุ่มตัวอย่างทั้งหมด โดยกลุ่มที่ 1 กลุ่มที่ 2 และกลุ่มที่ 3 สูบบุหรี่คิดเป็น 40.9% 40.0% และ 56.6% ตามลำดับ ข้อมูลด้านงานอดิเรก พบว่ามี ผู้เข้าร่วมโครงการวิจัยเพียง 1 รายจากกลุ่มที่ 3 ที่มีงานอดิเรกเป็นทั้งการยิงปืนและงานซ่อมรถ คิดเป็น 4.35% และการสวมใส่อุปกรณ์ป้องกันส่วนบุคคล พบว่า ผู้เข้าร่วมโครงการวิจัยส่วนใหญ่สวมหมวกและถุงมือด้วยกัน คิดเป็น 86.36% 92% และ 78.26% ของกลุ่ม 1 2 และ 3 ตามลำดับ นอกจากนี้ทำการทดสอบความคล้ายคลึงกันของกลุ่มตัวอย่างทั้ง 3 กลุ่ม โดยข้อมูลด้านเพศ การสูบบุหรี่ งานอดิเรก และการสวมใส่อุปกรณ์ป้องกันส่วน

บุคคล ทดสอบความคล้ายคลึงระหว่างกลุ่มทดลองด้วยวิธี Fisher exact test พบว่า กลุ่มตัวอย่างทั้ง 3 กลุ่ม มีความคล้ายคลึงกัน ดังตารางที่ 3



ภาพที่ 15 แผนภาพจำนวนอาสาสมัครเข้าร่วมโครงการวิจัย

ตารางที่ 3 ข้อมูลส่วนบุคคลของกลุ่มตัวอย่างของแต่ละกลุ่ม

ข้อมูลส่วนบุคคล	กลุ่มที่ 1 (n=22)	กลุ่มที่ 2 (n=25)	กลุ่มที่ 3 (n=23)	p value ⁺
การสูบบุหรี่				0.498
ไม่สูบบุหรี่	13 (59.1%)	15 (60.0%)	10 (43.5%)	
สูบบุหรี่	9 (40.9%)	10 (40.0%)	13 (56.5%)	

ตารางที่ 3 (ต่อ)

ข้อมูลส่วนบุคคล	กลุ่มที่ 1 (n=22)	กลุ่มที่ 2 (n=25)	กลุ่มที่ 3 (n=23)	p value ⁺
งานอดิเรก				0.314
ยิงปืนหรือซ่อมรถ	0	0	1 (4.35%)	
ไม่มีงานอดิเรก	22 (100%)	25 (100%)	22 (95.65%)	
การสวม PPE				0.536
สวมหน้ากากอย่างเดียว	2 (9.09%)	2 (8%)	2 (8.70%)	
สวมถุงมืออย่างเดียว	1 (4.55%)	0	3 (13.04%)	
สวมหน้ากากและถุงมือ	19 (86.36%)	23 (92%)	18 (78.26%)	

กลุ่มที่ 1 รับประทานยาหลอก, กลุ่มที่ 2 รับประทานสารสกัดกระเทียม 900 มิลลิกรัม/วัน และกลุ่มที่ 3 รับประทานสารสกัดกระเทียม 1200 มิลลิกรัม/วัน

⁺ fisher exact test

อายุของกลุ่มตัวอย่าง พบว่า กลุ่มที่ 1 กลุ่มที่ 2 และกลุ่มที่ 3 มีอายุเฉลี่ยเท่ากับ 40.91 ± 7.71 ปี 40.28 ± 9.00 ปี และ 41.70 ± 6.92 ปี ตามลำดับ ชั่วโมงการทำงานของกลุ่มตัวอย่างที่ 1 กลุ่มที่ 2 และกลุ่มที่ 3 เท่ากับ 9.27 ± 2.73 ชั่วโมง 9.08 ± 1.58 ชั่วโมง และ 9.22 ± 1.57 ชั่วโมง ตามลำดับ และอายุการทำงานของกลุ่มตัวอย่างที่ 1 กลุ่มที่ 2 และกลุ่มที่ 3 เท่ากับ 10.96 ± 8.02 ปี 12.72 ± 9.82 ปี และ 12.04 ± 8.28 ปี ตามลำดับ ค่าเฉลี่ยระดับตะกั่วในเลือดก่อนรับประทานสารสกัดกระเทียมของกลุ่มที่ 1 กลุ่มที่ 2 และกลุ่มที่ 3 เท่ากับ 36.40 ± 4.39 ไมโครกรัมต่อเดซิลิตร 34.01 ± 3.74 ไมโครกรัมต่อเดซิลิตร และ 36.59 ± 4.53 ไมโครกรัมต่อเดซิลิตร ตามลำดับ การทดสอบความคล้ายคลึงกันของข้อมูลอายุ ชั่วโมงการทำงาน อายุการทำงาน ระดับตะกั่วในเลือดก่อนรับประทานสารสกัดกระเทียม ซึ่งวิเคราะห์ด้วย One-way ANOVA พบว่าข้อมูลกลุ่มตัวอย่าง 3 กลุ่ม มีความคล้ายคลึงกัน ดังแสดงในตารางที่ 4

ตารางที่ 4 ข้อมูลส่วนบุคคลของกลุ่มตัวอย่าง

ข้อมูลส่วนบุคคล	ค่าเฉลี่ย \pm ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน			p-value ⁺
	กลุ่มที่ 1	กลุ่มที่ 2	กลุ่มที่ 3	
อายุ (ปี)	40.91 \pm 7.71	40.28 \pm 9.00	41.70 \pm 6.92	0.824
การทำงานต่อวัน (ชั่วโมง)	9.27 \pm 2.73	9.08 \pm 1.58	9.22 \pm 1.57	0.798
อายุการทำงาน (ปี)	10.96 \pm 8.02	12.72 \pm 9.82	12.04 \pm 8.28	0.404
ระดับตะกั่วในเลือดก่อนทดลอง (mcg/dl)	36.40 \pm 4.39	34.01 \pm 3.74	36.59 \pm 4.53	0.067

กลุ่มที่ 1 กลุ่มที่รับประทานยาหลอก, กลุ่มที่ 2 กลุ่มที่รับประทานสารสกัดกระเทียม 900 มิลลิกรัม/วัน และกลุ่มที่ 3 กลุ่มที่รับประทานสารสกัดกระเทียม 1200 มิลลิกรัม/วัน

⁺One-way ANOVA

การทดสอบการแจกแจงระดับตะกั่วในเลือดของกลุ่มตัวอย่าง

จากการทดสอบการกระจายของระดับตะกั่วในเลือดแยกตามกลุ่มตัวอย่าง ทำการทดสอบด้วย Shapiro-Wilk Test พบว่า ทั้ง 3 กลุ่มมีการแจกแจงแบบปกติ ($p>0.05$) ดังตารางที่ 5

ตารางที่ 5 การทดสอบการกระจายของระดับตะกั่วในเลือดของแยกตามกลุ่มตัวอย่าง

Shapiro-Wilk test	p-Value		
	กลุ่ม 1	กลุ่ม 2	กลุ่ม 3
ระดับตะกั่วในเลือดก่อนทดลอง	0.973	0.641	0.439
การเปลี่ยนแปลงระดับตะกั่วในเลือดหลังทดลอง	0.251	0.195	0.853

กลุ่มที่ 1 กลุ่มที่รับประทานยาหลอก, กลุ่มที่ 2 กลุ่มที่รับประทานสารสกัดกระเทียม 900 มิลลิกรัม/วัน และกลุ่มที่ 3 กลุ่มที่รับประทานสารสกัดกระเทียม 1200 มิลลิกรัม/วัน

ระดับตะกั่วในเลือดของพนักงานในโรงงานผลิตแบตเตอรี่

ผลการศึกษาระดับตะกั่วในเลือดของพนักงาน โรงงานผลิตแบตเตอรี่ในโรงงานแห่งนี้ มีค่าตั้งแต่ 26.94-45.94 ไมโครกรัมต่อเดซิลิตร ค่าเฉลี่ยเท่ากับ 35.32 \pm 4.50 ไมโครกรัมต่อเดซิลิตร และเมื่อจำแนกเป็นกลุ่ม ผลแสดง ดังตารางที่ 6

ตารางที่ 6 ระดับตะกั่วในเลือดของกลุ่มตัวอย่าง

ระดับตะกั่วในเลือด	ระดับตะกั่วในเลือด (mcg/dl)			
	ค่าต่ำสุด	ค่าสูงสุด	ค่าเฉลี่ย	SD
ผลรวม 3 กลุ่ม ก่อนทดลอง	26.92	45.94	35.32	4.50
กลุ่ม 1				
ก่อนทดลอง	27.21	45.94	36.40	4.39
หลังทดลอง	25.68	44.26	36.35	4.25
กลุ่ม 2				
ก่อนทดลอง	26.92	40.09	34.01	3.74
หลังทดลอง	26.50	42.96	33.01	4.08
กลุ่ม 3				
ก่อนทดลอง	27.77	45.00	36.59	4.53
หลังทดลอง	27.11	45.89	36.50	5.40

กลุ่มที่ 1 กลุ่มที่รับประทานยาหลอก, กลุ่มที่ 2 กลุ่มที่รับประทานสารสกัดกระเทียม 900 มิลลิกรัม/วัน และกลุ่มที่ 3 กลุ่มที่รับประทานสารสกัดกระเทียม 1200 มิลลิกรัม/วัน

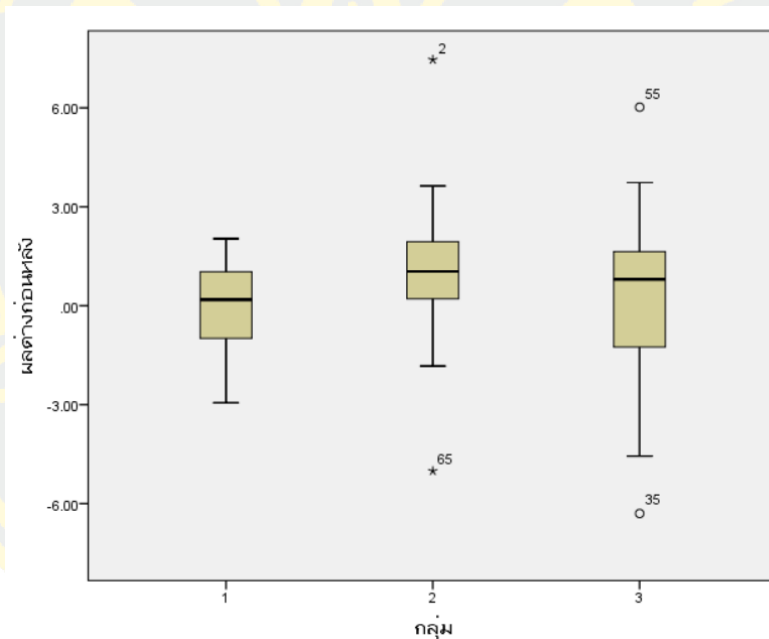
การเปลี่ยนแปลงของระดับตะกั่วในเลือดหลังการรับประทานสารสกัดกระเทียมของแต่ละกลุ่ม พบว่า การเปลี่ยนแปลงหลังทดลองของกลุ่มที่ 1 ค่าต่ำสุดและสูงสุด เท่ากับ -2.94 และ 2.03 ไมโครกรัมต่อเดซิลิตร การเปลี่ยนแปลงหลังทดลองของกลุ่มที่ 2 ค่าต่ำสุดและสูงสุดเท่ากับ -5.01 และ 7.46 ไมโครกรัมต่อเดซิลิตร และการเปลี่ยนแปลงหลังการทดลองของกลุ่มที่ 3 ค่าต่ำสุดและสูงสุดเท่ากับ -6.30 และ 6.02 ไมโครกรัมต่อเดซิลิตร ดังตารางที่ 7

การกระจายการเปลี่ยนแปลงของระดับตะกั่วในเลือดของแต่ละกลุ่ม ดังภาพที่ 16 โดยกลุ่มที่ 2 มีข้อมูลการเปลี่ยนแปลงระดับตะกั่วในเลือดที่เป็นข้อมูล outlier อยู่ 2 มีค่าเท่ากับ 7.46 และ -5.01 ไมโครกรัมต่อเดซิลิตร กลุ่มที่ 3 การเปลี่ยนแปลงของระดับตะกั่วในเลือดที่เป็นข้อมูล Outlier จำนวน 2 ราย มีค่าเท่ากับ -6.30 และ 6.02 ไมโครกรัมต่อเดซิลิตร

ตารางที่ 7 การเปลี่ยนแปลงของระดับตะกั่วในเลือดหลังการรับประทานสารสกัดกระเทียม

ระดับตะกั่วในเลือด	การเปลี่ยนแปลงระดับตะกั่วในเลือด (mcg/dl)			
	ค่าต่ำสุด	ค่าสูงสุด	ค่าเฉลี่ย	SD
กลุ่ม 1	-2.94	2.03	0.053	1.36
กลุ่ม 2	-5.01	7.46	0.998	2.35
กลุ่ม 3	-6.30	6.02	0.092	2.71

กลุ่มที่ 1 กลุ่มที่รับประทานยาหลอก, กลุ่มที่ 2 กลุ่มที่รับประทานสารสกัดกระเทียม 900 มิลลิกรัม/วัน และกลุ่มที่ 3 กลุ่มที่รับประทานสารสกัดกระเทียม 1200 มิลลิกรัม/วัน



ภาพที่ 16 Box plot แสดงค่าการเปลี่ยนแปลงระดับตะกั่วในเลือดแต่ละกลุ่ม

โดยแกนนอนแสดงกลุ่มทดลอง แกนตั้งแสดงระดับตะกั่วในเลือด

การเปรียบเทียบระดับตะกั่วในเลือดก่อนและหลังรับประทานสารสกัดกระเทียม

การเปรียบเทียบระดับตะกั่วในเลือดก่อนและหลังรับประทานสารสกัดกระเทียม ค่าเฉลี่ยของระดับตะกั่วในเลือดก่อนรับประทานสารสกัดกระเทียมของกลุ่มที่ 1 เท่ากับ 36.40 ± 4.39

ไมโครกรัมต่อเดซิลิตร กลุ่มที่ 2 เท่ากับ 34.01 ± 3.74 ไมโครกรัมต่อเดซิลิตร และกลุ่มที่ 3 เท่ากับ 36.59 ± 4.53 ไมโครกรัมต่อเดซิลิตร

เมื่อกลุ่มตัวอย่างแต่ละกลุ่มรับประทานสารสกัดกระเทียมครบตามระยะเวลา 14 วันที่กำหนดแล้ว ผู้วิจัยได้เจาะเลือดเพื่อตรวจระดับตะกั่วในเลือดซ้ำอีกครั้ง พบว่า ค่าเฉลี่ยการเปลี่ยนแปลงของระดับตะกั่วในเลือดของกลุ่มที่ 1 เท่ากับ 0.053 ± 1.36 ไมโครกรัมต่อเดซิลิตร ($p=0.856$) กลุ่มที่ 2 เท่ากับ 0.998 ± 2.35 ไมโครกรัมต่อเดซิลิตร ($p=0.044$) และ กลุ่มที่ 3 เท่ากับ 0.092 ± 2.71 ไมโครกรัมต่อเดซิลิตร ($p=0.872$) แต่อย่างไรก็ตาม ค่าเฉลี่ยของการเปลี่ยนแปลงของระดับตะกั่วในเลือดของทั้ง 3 กลุ่มไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p=0.257$) ดังตารางที่ 8

ตารางที่ 8 การเปลี่ยนแปลงของระดับตะกั่วในเลือดก่อนและหลังรับประทานสารสกัดกระเทียม

กลุ่ม	Mean (SD) $\mu\text{g/dL}$			p value
	ก่อนทดลอง	หลังทดลอง	Mean change	
กลุ่มที่ 1	36.40 (4.39)	36.35 (4.25)	0.053 (1.36)	$p=0.856$
กลุ่มที่ 2	34.01 (3.74)	33.01 (4.08)	0.998 (2.35)	$p=0.044$
กลุ่มที่ 3	36.59 (4.53)	36.50 (5.40)	0.092 (2.71)	$p=0.872$

กลุ่มที่ 1 รับประทานยาหลอก, กลุ่มที่ 2 รับประทานสารสกัดกระเทียม 900 มิลลิกรัม/วัน และกลุ่มที่ 3 รับประทานสารสกัดกระเทียม 1200 มิลลิกรัม/วัน

$\mu\text{g/dL}$ = microgram per deciliter

เมื่อทำการเปรียบเทียบการเปลี่ยนแปลงของระดับตะกั่วในเลือดของกลุ่มที่รับประทานสารสกัดกระเทียม 1200 มิลลิกรัมต่อวัน กับกลุ่มอื่น ๆ พบว่า การเปลี่ยนแปลงของระดับตะกั่วในเลือดลดลงไม่แตกต่างจากกลุ่มที่รับประทานสารสกัดกระเทียม 900 มิลลิกรัมต่อวัน และกลุ่มที่รับประทานยาหลอก ($p>0.05$)

การเปลี่ยนแปลงของระดับตะกั่วในเลือดของกลุ่มที่รับประทานสารสกัดกระเทียม 900 มิลลิกรัมต่อวันไม่แตกต่างจากกลุ่มที่รับประทานยาหลอก ดังตารางที่ 9

ตารางที่ 9 เปรียบเทียบการเปลี่ยนแปลงตะกั่วในเลือดจากการรับประทานสารสกัดกระเทียมระหว่างกลุ่ม

กลุ่ม	ค่าเฉลี่ยความต่าง	p-value ⁺
3	1	0.3899
	2	-0.9062
2	1	0.9455

กลุ่มที่ 1 กลุ่มที่รับประทานยาหลอก, กลุ่มที่ 2 รับประทานสารสกัดกระเทียม 900 มิลลิกรัม/วัน และกลุ่มที่ 3 รับประทานสารสกัดกระเทียม 1200 มิลลิกรัม/วัน

⁺ Unpaired t test

ผลข้างเคียงจากการรับประทานสารสกัดกระเทียม

จากกลุ่มตัวอย่างทั้งหมด 2 กลุ่มที่ได้รับประทานสารสกัดกระเทียม มีตัวอย่าง 3 ราย ที่มีผลข้างเคียงจนไม่สามารถรับประทานสารสกัดกระเทียมต่อได้ต่อเนื่องครบ 14 วัน โดยเป็นตัวอย่างจากกลุ่มที่ 2 จำนวน 2 ราย ผลข้างเคียงดังกล่าวได้แก่ ถ่ายเหลว ปัสสาวะบ่อย คลื่นไส้อาเจียน และเป็นตัวอย่างที่จากกลุ่มที่ 3 จำนวน 1 ราย ผลข้างเคียงได้แก่ ถ่ายเหลว ในระหว่างนี้เนื่องจากสถานการณ์โรคระบาดโควิด 19 มีพนักงาน 5 ราย ย้ายออกจากฝ่ายผลิตเบตเตอร์ไปยังแผนกอื่นที่ไม่ได้สัมผัสตะกั่วและบางรายออกจากการงาน ทำให้กลุ่มตัวอย่าง 5 รายนั้นถูกตัดออกจากโครงการวิจัย และไม่ได้รับการเจาะเลือดครั้งที่ 2 เหลือกลุ่มตัวอย่างที่ได้รับประทานสารสกัดกระเทียมทั้งหมด 55 ราย และพบว่า มีกลุ่มตัวอย่างจำนวน 18 ราย คิดเป็น 32.73% ที่ได้รับผลข้างเคียงจากการรับประทานสารสกัดกระเทียม ดังตารางตารางที่ 10

ตารางที่ 10 ผลข้างเคียงจากการรับประทานสารสกัดกระเทียม

ผลข้างเคียง	จำนวน (N=18)	ร้อยละ
คลื่นไม่พึงประสงค์	8	44.44
อาการทางเดินอาหาร		
ถ่ายเหลว	5	27.78
คลื่นไส้อาเจียน	1	5.56
ปวดจุกแน่นท้อง	2	11.11
ร้อนใน	1	5.56
อื่น ๆ	2	11.11

ตารางที่ 10 (ต่อ)

ผลข้างเคียง	จำนวน (N=18)	ร้อยละ
อาการแพ้	0	0
อาการข้างเคียงอื่น ๆ		
ปัสสาวะบ่อย	3	16.67

พนักงานเกิดผลข้างเคียงจากการรับประทานสารสกัดกระเทียมคิดเป็น 32.73% ซึ่งผลข้างเคียงที่พบมากที่สุดได้แก่ อาการคลื่นไส้เพียงประสงค์ ถ่ายเหลว ปัสสาวะบ่อย คิดเป็น 44.44%, 27.78% และ 16.67% ตามลำดับ

บทที่ 5

สรุปผล อภิปรายผล และข้อเสนอแนะ

การศึกษาครั้งนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาประสิทธิผลของสารสกัดกระเทียมต่อระดับตะกั่วในเลือดของพนักงานฝ่ายผลิตในโรงงานผลิตแบตเตอรี่แห่งหนึ่งในจังหวัดสมุทรปราการ โดยงานวิจัยครั้งนี้เปรียบเทียบความเปลี่ยนแปลงระดับตะกั่วในเลือดของพนักงานก่อนและหลังจากการรับประทานสารสกัดกระเทียมที่ความเข้มข้นแตกต่างกัน โดยแบ่งกลุ่มตัวอย่างออกเป็นทั้งหมด 3 กลุ่ม กลุ่มละ 30 ราย เมื่อกลุ่มตัวอย่างเข้าร่วมโครงการวิจัยจะได้รับการสอบถามข้อมูลส่วนบุคคล ได้แก่ อายุ (ปี) อายุการทำงาน (ปี) การสูบบุหรี่ งานอดิเรก ระยะเวลาการทำงานต่อวัน (ชั่วโมง) การสวมใส่อุปกรณ์ป้องกันส่วนบุคคล และได้รับการเจาะเลือดเพื่อตรวจวัดระดับตะกั่วในเลือดของกลุ่มตัวอย่างก่อนรับประทานสารสกัดกระเทียม หลังจากนั้นแต่ละกลุ่มได้รับสารสกัดกระเทียมที่มีความเข้มข้นแตกต่างกัน โดยกลุ่มที่ 1 รับประทานยาหลอก (Placebo) กลุ่มที่ 2 รับประทานสารสกัดกระเทียมที่มีความเข้มข้น 900 มิลลิกรัมต่อวัน และกลุ่มที่ 3 รับประทานสารสกัดกระเทียมที่มีความเข้มข้น 1200 มิลลิกรัมต่อวัน เป็นระยะเวลาทั้งสิ้น 14 วัน จากนั้นเจาะเลือดเพื่อตรวจวัดระดับตะกั่วในเลือดอีกครั้ง ซึ่งได้ข้อสรุปดังนี้

สรุปผลการวิจัย

จากการศึกษาครั้งนี้กลุ่มตัวอย่างที่ยินยอมและตรงเกณฑ์คัดเข้า (Inclusion criteria) มีทั้งหมด 90 ราย แบ่งเป็น 3 กลุ่ม กลุ่มละ 30 ราย

1. กลุ่มที่ 1 รับประทานยาหลอก (Placebo) เมื่อสิ้นสุดโครงการคงเหลือตัวอย่าง 22 ราย คิดเป็น 73.3% ผู้ที่ถูกคัดออกจากการวิจัย คือผู้ที่เข้าเกณฑ์คัดออกจำนวน 8 ราย
2. กลุ่มที่ 2 รับประทานสารสกัดกระเทียม 900 มิลลิกรัมต่อวัน เมื่อสิ้นสุดโครงการคงเหลือตัวอย่าง 25 ราย คิดเป็น 83.3% ผู้ที่ถูกคัดออกจากการวิจัย เป็นผู้ที่ได้รับผลข้างเคียงจนไม่สามารถรับประทานสารสกัดกระเทียมต่อได้ จำนวน 2 ราย ผลข้างเคียงดังกล่าวได้แก่ ถ่ายเหลว ปัสสาวะบ่อย และคลื่นไส้อาเจียน คิดเป็น 6.7% และมีผู้ที่ตรงเกณฑ์คัดออกอีก จำนวน 3 ราย
3. กลุ่มที่ 3 รับประทานสารสกัดกระเทียม 1200 มิลลิกรัมต่อวัน เมื่อสิ้นสุดโครงการคงเหลือตัวอย่างจำนวน 23 ราย คิดเป็น 76.7% โดยเป็นผู้ที่ได้รับผลข้างเคียงจนไม่สามารถรับประทานสารสกัดกระเทียมต่อได้จำนวน 1 ราย ผลข้างเคียงได้แก่ ถ่ายเหลว คิดเป็น 3.3% และมีผู้ที่ตรงเกณฑ์คัดออกอีก จำนวน 6 ราย

จากการทดสอบความคล้ายคลึงของข้อมูลส่วนบุคคล พบว่า ข้อมูลส่วนบุคคลของทั้ง 3 กลุ่มไม่แตกต่างกัน โดยพบค่าเฉลี่ยของระดับตะกั่วในเลือดก่อนรับประทานสารสกัดกระเทียมของกลุ่มที่ 1 2 และ 3 เท่ากับ 36.40 ± 4.39 , 34.01 ± 3.74 และ 36.59 ± 4.53 ไมโครกรัมต่อเดซิลิตร ตามลำดับ ค่าเฉลี่ยของระดับตะกั่วในเลือดหลังรับประทานสารสกัดกระเทียมของกลุ่มที่ 1 2 และ 3 เท่ากับ 36.35 ± 4.25 , 33.01 ± 4.08 และ 36.50 ± 5.40 ไมโครกรัมต่อเดซิลิตร ตามลำดับ ค่าเฉลี่ยการเปลี่ยนแปลงของระดับตะกั่วในเลือดก่อนและหลังรับประทานสารสกัดกระเทียมของกลุ่มที่ 1 2 และ 3 เท่ากับ 0.053 ± 1.36 , 0.998 ± 2.35 และ 0.092 ± 2.71 ไมโครกรัมต่อเดซิลิตร ตามลำดับ การเปลี่ยนแปลงของระดับตะกั่วในเลือดก่อนและหลังการรับประทานสารสกัดกระเทียมกลุ่มที่ 2 มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p=0.044$) ส่วนการเปลี่ยนแปลงของระดับตะกั่วในเลือดก่อนและหลังรับประทานสารสกัดกระเทียมของกลุ่ม 1 และกลุ่มที่ 3 ไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p=0.856$ และ $p=0.872$ ตามลำดับ) แต่อย่างไรก็ตาม ค่าเฉลี่ยของการเปลี่ยนแปลงของระดับตะกั่วในเลือดของทั้ง 3 กลุ่มไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p=0.257$)

กล่าวโดยสรุป ผลการวิจัยครั้งนี้พบว่า ระดับตะกั่วในเลือดภายหลังการรับประทานสารสกัดกระเทียม 900 มิลลิกรัมต่อวัน ลดลงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p=0.044$) ในขณะที่ระดับตะกั่วในเลือดก่อนและหลังการรับประทานสารสกัดกระเทียม 1200 มิลลิกรัมต่อวันและกลุ่มควบคุมไม่แตกต่างกัน

การเปรียบเทียบการเปลี่ยนแปลงของระดับตะกั่วในเลือดจากการรับประทานสารสกัดกระเทียมระหว่างกลุ่มที่รับประทานสารสกัดกระเทียมที่มีความเข้มข้น 1200 มิลลิกรัมต่อวัน กลุ่มที่รับประทานยาหลอก พบว่า การเปลี่ยนแปลงของระดับตะกั่วในเลือดไม่แตกต่างกัน ($p=0.952$) และเมื่อเปรียบเทียบระหว่างกลุ่มที่รับประทานสารสกัดกระเทียมที่มีความเข้มข้น 1200 มิลลิกรัมต่อวัน กับกลุ่มที่รับประทานสารสกัดกระเทียมที่มีความเข้มข้น 900 มิลลิกรัมต่อวัน พบว่า การเปลี่ยนแปลงของระดับตะกั่วในเลือดไม่แตกต่างกัน ($p=0.221$)

การเปรียบเทียบการเปลี่ยนแปลงของระดับตะกั่วในเลือดจากการรับประทานสารสกัดกระเทียมระหว่างกลุ่มที่รับประทานสารสกัดกระเทียมที่มีความเข้มข้น 900 มิลลิกรัมต่อวัน กับกลุ่มที่รับประทานยาหลอก พบว่า การเปลี่ยนแปลงของระดับตะกั่วในเลือดทั้งสองกลุ่มไม่แตกต่างกัน ($p=0.104$)

การอภิปรายผล

เนื่องจากการวิจัยครั้งนี้ หลังการทดลอง พบจำนวนกลุ่มตัวอย่างลดลงไปจากที่ได้คำนวณไว้ รวมถึงส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของงานวิจัยนี้แคบกว่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของงานวิจัยที่ผ่านมาที่ใช้ในการคำนวณตัวอย่าง ดังนั้นผู้วิจัยจึงได้ทำการคำนวณอำนาจการทดสอบ (Power of the test) อีกครั้ง โดยค่าเฉลี่ยตะกั่วระดับตะกั่วในเลือดและส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของแต่ละกลุ่มหลังการทดลอง ประกอบด้วย กลุ่มที่ 1) กลุ่มตัวอย่างจำนวน 22 ราย มีค่าเฉลี่ยตะกั่วในเลือด เท่ากับ 36.35 ± 4.25 กลุ่มที่ 2) จำนวน 25 ราย มีค่าเฉลี่ยตะกั่วในเลือด เท่ากับ 33.01 ± 4.08 และกลุ่มที่ 3) ค่าเฉลี่ยตะกั่วในเลือด เท่ากับ 36.50 ± 5.40 และเมื่อนำมาคำนวณค่าอำนาจการทดสอบ (Power of the test) ของทั้ง 3 กลุ่มเท่ากับ 1 ทุกกลุ่ม

การวิจัยครั้งนี้ได้ทำการศึกษาตรวจวัดระดับตะกั่วในเลือดในพนักงานที่ปฏิบัติงานในโรงงานผลิตแบตเตอรี่ พบว่าระดับตะกั่วในเลือดของพนักงานฝ่ายผลิตแห่งนี้ พบได้ตั้ง 26.92-45.94 ไมโครกรัมต่อเดซิลิตร แต่ทั้งนี้ตามประกาศกรมควบคุมโรค กระทรวงสาธารณสุข และประกาศกระทรวงอุตสาหกรรม (ประกาศกระทรวงอุตสาหกรรม 2555; กรมควบคุมโรค, 2557) แนะนำระดับตะกั่วในเลือดสำหรับการเฝ้าระวังสุขภาพในผู้ประกอบอาชีพสัมผัสตะกั่ว ไม่ควรเกิน 30 ไมโครกรัมต่อเดซิลิตร

ระดับตะกั่วของพนักงานฝ่ายผลิตของโรงงานแห่งนี้มีทั้งบุคคลที่เกินมาตรฐาน ตามกฎหมายกรมควบคุมโรคและประกาศกระทรวงอุตสาหกรรมแนะนำ (ประกาศกระทรวงอุตสาหกรรม 2555; กรมควบคุมโรค, 2557) คิดเป็นร้อยละ 90 และคนที่ไม่เกินมาตรฐานคิดเป็นร้อยละ 10 ทั้งนี้ปัจจัยส่วนบุคคลที่อาจมีผลต่อระดับตะกั่วในเลือดของผู้ประกอบอาชีพสัมผัสตะกั่ว ได้แก่ การสวมใส่อุปกรณ์ป้องกันส่วนบุคคล ชั่วโมงการทำงานต่อวันหรือสัปดาห์ และสูขอนามัยส่วนบุคคล เป็นต้น (โสมสิริ เชนาร์ตัน, 2559) แต่ในงานวิจัยครั้งนี้ ผู้วิจัยไม่ได้เก็บข้อมูลด้านปัจจัยด้านสูขอนามัยส่วนบุคคล ทำให้ไม่สามารถทราบถึงสภาวะสูขอนามัยส่วนบุคคลของกลุ่มตัวอย่างแต่ละกลุ่มว่าแตกต่างกันหรือคล้ายคลึงกันหรือไม่ ทั้งนี้ทำให้ปัจจัยนี้อาจเป็นตัวกวนสำหรับการวิจัยครั้งนี้ได้

ผลจากการศึกษาครั้งนี้ พบว่าค่าเฉลี่ยของระดับตะกั่วในเลือดของพนักงานฝ่ายผลิตในโรงงานแห่งนี้เท่ากับ 35.32 ± 4.50 ไมโครกรัมต่อเดซิลิตร ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัย ของ Wananukul (Wananukul, 2006) ที่ศึกษาระดับตะกั่วในเลือดของพนักงานในโรงงานแบตเตอรี่ตะกั่วในประเทศไทย พบว่า ค่าเฉลี่ยของระดับตะกั่วในเลือดเท่ากับ 35.5 ไมโครกรัมต่อเดซิลิตร จะเห็นได้ว่า ระดับตะกั่วในเลือดของพนักงานโรงงานผลิตแบตเตอรี่แห่งนี้ไม่แตกต่างจากกับระดับตะกั่วในเลือดของพนักงานโรงงานผลิตแบตเตอรี่อื่นในประเทศไทย

หลังให้รับประทานสารสกัดกระเทียมเป็นระยะเวลา 14 วัน ตรวจเลือดซ้ำอีกครั้ง พบว่า ค่าเฉลี่ยความแตกต่างของระดับตะกั่วเลือดก่อนและหลังรับประทานสารสกัดกระเทียมของกลุ่มที่ 1 2 และ 3 เท่ากับ 0.053 ± 1.36 , 0.998 ± 2.35 และ 0.092 ± 2.71 ไมโครกรัมต่อเดซิลิตร ตามลำดับ ซึ่งจะเห็นได้ว่า กลุ่มที่ 2) ที่มีการรับประทานสารสกัดกระเทียมความเข้มข้น 900 มิลลิกรัมต่อวัน มีระดับตะกั่วในเลือดหลังการรับประทานสารสกัดกระเทียมลดลงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p=0.044$) ในขณะที่กลุ่มที่มีการรับประทานสารสกัดกระเทียมที่มีความเข้มข้น 1200 มิลลิกรัมต่อวัน ค่าระดับตะกั่วในเลือดก่อนและหลังการรับประทานสารสกัดกระเทียมไม่แตกต่างกัน ($p=0.872$)

จากผลการศึกษาดังกล่าวไม่ตรงกับสมมติฐานที่คาดการณ์ไว้ ทั้งนี้อาจเกิดจากการใช้ผลิตภัณฑ์สารสกัดกระเทียมจากยี่ห้อการค้าที่แตกต่างกัน จากงานวิจัยฉบับหนึ่ง โดย (Lawson & Hunsaker, 2018) ที่มีการศึกษาผลิตภัณฑ์เสริมอาหารสารสกัดกระเทียมแคปซูลที่มาจากโรงงานผลิตที่แตกต่างกัน แม้ว่าจะความเข้มข้นของกระเทียมจะเท่ากัน แต่สารสกัดกระเทียมแต่ละยี่ห้อ มีอัตราการปล่อยสารออกฤทธิ์ทางชีวภาพหลักที่แตกต่างกัน ตั้งแต่ร้อยละ 26-109 บางยี่ห้อ มีอัตราการปล่อยสารออกฤทธิ์ทางชีวภาพมากกว่าที่กล่าวอ้าง ซึ่งอาจเป็นไปได้ว่า สารสกัดกระเทียมที่ใช้ในการวิจัยครั้งนี้ จากทั้ง 2 ยี่ห้อ ซึ่งอาจมีผลต่อการศึกษาในครั้งนี้ก็เป็นได้และทั้งนี้ประสิทธิผลของความเข้มข้นของสารสกัดกระเทียม ขึ้นอยู่กับน้ำหนักตัวของผู้ที่รับประทานด้วย (Senapati, Dey, Dwivedi, & Swarup, 2001) อย่างไรก็ตามการศึกษานี้ไม่ได้ให้น้ำหนักตัวกลุ่มตัวอย่างมาพิจารณาขนาดกระเทียมในการให้รับประทานด้วย

ผลการวิจัยครั้งนี้ไม่พบความแตกต่างจากของความเปลี่ยนแปลงระดับตะกั่วในเลือดจากการรับประทานสารสกัดกระเทียม ($p=0.257$) ซึ่งไม่สอดคล้องกับงานวิจัยที่เคยศึกษาไว้ อาจเนื่องมาจากระยะเวลาในการรับประทานสารสกัดกระเทียมน้อยเกินไป ซึ่งจากงานวิจัยก่อนหน้านี้ (Kianoush et al., 2012) ที่เคยศึกษาถึงประสิทธิผลสารสกัดกระเทียมต่อระดับตะกั่วในเลือด พบว่าระดับตะกั่วในเลือดลดลงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติหลังจากการรับประทานสารสกัดกระเทียมเป็นระยะเวลา 1 เดือน รวมถึงมีการโทรศัพท์สอบถามการรับประทานสารสกัดกระเทียมเป็นระยะ ๆ เพื่อเฝ้าติดตามผลข้างเคียง เพื่อกระตุ้นให้กลุ่มตัวอย่างรับประทานสารสกัดกระเทียมต่อเนื่อง ในขณะที่งานวิจัยนี้ กลุ่มตัวอย่างส่วนใหญ่รับประทานสารสกัดกระเทียมไม่ครบ 14 วัน มีเพียง 13 จากทั้งหมด 90 รายเท่านั้นที่รับประทานสารสกัดกระเทียมจนครบ 14 วัน รวม 42 มื้อ ตามที่ผู้วิจัยกำหนด ผลจากการควบคุมการรับประทานกระเทียมไม่ครบถ้วนดังกล่าว อาจส่งผลต่อผลของการวิจัยครั้งนี้

เช่นเดียวกับงานวิจัยฉบับหนึ่ง (Senapati, Dey, Dwivedi, & Swarup, 2001) ทำการศึกษาประสิทธิผลของกระเทียมสกัดต่อระดับตะกั่วในเลือดของหนูทดลอง โดยให้สารสกัดกระเทียม

ทางปากที่ความเข้มข้น 100 200 และ 400 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม พร้อมกับตะกั่วอะซิเตต เป็นระยะเวลา 6 สัปดาห์ หลังจากนั้นทำการตรวจวัดระดับตะกั่วในเลือดเทียบกับหนูทดลองที่ได้รับสารประกอบตะกั่วอย่างเดียว โดยไม่ได้รับประทานสารสกัดกระเทียม เมื่อจบการทดลองพบว่า กลุ่มหนูทดลองที่ได้รับตะกั่วอย่างเดียว ไม่ได้รับสารสกัดกระเทียมมีระดับตะกั่วในเลือดตั้งแต่ 0.13-0.96 ไมโครกรัมต่อมิลลิลิตร ในขณะที่กลุ่มที่ได้รับตะกั่วและสารสกัดกระเทียม 100 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม มีระดับตะกั่วในเลือดตั้งแต่ 0.16-0.80 ไมโครกรัมต่อมิลลิลิตร กลุ่มที่ได้รับตะกั่วและสารสกัดกระเทียม 200 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม มีระดับตะกั่วในเลือดตั้งแต่ 0.13-0.71 ไมโครกรัมต่อมิลลิลิตร และกลุ่มที่ได้รับตะกั่วและสารสกัดกระเทียม 400 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม มีระดับตะกั่วในเลือดตั้งแต่ 0.14-0.60 ไมโครกรัมต่อมิลลิลิตร ความเข้มข้นของสารสกัดกระเทียมที่มากขึ้นทำให้ระดับตะกั่วในเลือดลดลงได้มากขึ้น

อย่างไรก็ตามที่ผลการศึกษางานฉบับนี้ไม่สอดคล้องกับงานวิจัยดังกล่าว (Senapati et al., 2001) อาจเนื่องด้วยระยะเวลาในการรับประทานสารสกัดกระเทียม และวิธีการรับประทานสารสกัดกระเทียม โดยงานวิจัยนี้ได้นำหนูทดลองที่ไม่เคยสัมผัสตะกั่วมาก่อน ไม่มีการสะสมของตะกั่วในอวัยวะต่าง ๆ โดยเฉพาะอย่างยิ่งกระดูก เมื่อรับประทานสารสกัดกระเทียมควบคู่กับการรับประทานตะกั่ว ทำให้ระดับตะกั่วในเลือดลดลงและถูกขับออกอย่างรวดเร็ว และไม่มีตะกั่วที่สะสมอยู่ในกระดูกปล่อยออกมา ในขณะที่งานวิจัยฉบับนี้ ศึกษาในผู้ประกอบอาชีพสัมผัสตะกั่วที่มีอายุการทำงานสัมผัสตะกั่วเฉลี่ยมากกว่า 10 ปี เมื่อได้รับการรับประทานสารสกัดกระเทียม อาจทำให้ตะกั่วในเลือดลดลงได้จริง แต่ก็มีตะกั่วที่สะสมอยู่ในกระดูกปล่อยออกมาทดแทนระดับตะกั่วในเลือดที่ลดลง เพื่อสร้างความสมดุลของตะกั่วในร่างกาย

การวิจัยครั้งนี้มีจุดแข็งคือ กลุ่มตัวอย่างดำเนินชีวิตตามปกติ ไม่มีการรบกวนการทำงานของกลุ่มตัวอย่าง เมื่อทดลองได้ให้พนักงานรับประทานสารสกัดกระเทียมในขณะที่ยังดำเนินชีวิตปกติ เพื่อให้ทราบถึงประสิทธิผลของกระเทียมอย่างแท้จริง การวิจัยฉบับนี้สามารถพัฒนาให้ดียิ่งขึ้น โดยเพิ่มระยะเวลาในการรับประทานสารสกัดกระเทียมให้นานกว่า 14 วัน อย่างไรก็ตามการวิจัยครั้งนี้ยังมีข้อจำกัดในการวิจัย คือ ไม่ได้มีการตรวจวัดระดับตะกั่วในปัสสาวะ เพื่อเปรียบเทียบระดับตะกั่วที่ถูกขับออกจากร่างกาย

กล่าวโดยสรุป ผลการวิจัยพบว่า ระดับตะกั่วในเลือดภายหลังการรับประทานสารสกัดกระเทียม 900 มิลลิกรัมต่อวัน ลดลงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p=0.044$) ในขณะที่ระดับตะกั่วในเลือดก่อนและหลังการรับประทานสารสกัดกระเทียม 1200 มิลลิกรัมต่อวันไม่แตกต่างกัน และค่าเฉลี่ยความแตกต่างของระดับตะกั่วในเลือดของกลุ่มที่รับประทานสารสกัดกระเทียมและกลุ่มควบคุมไม่แตกต่างกัน

ข้อเสนอแนะ

ข้อเสนอแนะในการทำวิจัยในครั้งต่อไปเสนอแนะว่า ควรเพิ่มระยะเวลาในการ
รับประทานสารสกัดกระเทียมให้นานมากกว่านี้ อาจตรวจวัดระดับตะกั่วในปัสสาวะเพื่อ
เปรียบเทียบระดับตะกั่วที่ถูกขับออกจากร่างกาย และควรมีการเฝ้าติดตามกลุ่มตัวอย่างให้
รับประทานสารสกัดกระเทียมให้ได้ตามระยะเวลาที่กำหนด



บรรณานุกรม

- กฎกระทรวงแรงงาน กำหนดหลักเกณฑ์และวิธีการตรวจสุขภาพของลูกจ้างและส่งผลการตรวจแก่พนักงานตรวจแรงงาน พ.ศ. 2547 (2548, 13 มกราคม). ราชกิจจานุเบกษา. เล่ม 122 กรมการค้าภายใน. (2556). *อุตสาหกรรมแบตเตอรี่*. เข้าถึงได้จาก <http://dit-km.myreadyweb.com/article/topic-41912.html>
- กรมควบคุมโรค. (2557). *ข้อเสนอแนะการเฝ้าระวังสุขภาพจากพิษสารเคมีกรณีดัชนีชี้วัดการได้รับสัมผัสทางชีวภาพสำหรับผู้ประกอบอาชีพที่สัมผัสสารเคมีสำหรับประเทศไทย*. เข้าถึงได้จาก <http://envocc.ddc.moph.go.th/uploads/hotissue/Thai%20BEIs/Thai%20BEIs.pdf> (2552).
- กองโรคจากการประกอบอาชีพและสิ่งแวดล้อม. (2562). *รายงานสถานการณ์โรคและภัยสุขภาพจากการประกอบอาชีพและสิ่งแวดล้อม ปี 2561*. เข้าถึงได้จาก http://envocc.ddc.moph.go.th/uploads/situation2/2561/2561_01_envocc_situation.pdf
- กองโรคจากการประกอบอาชีพและสิ่งแวดล้อม. (2563). *แนวทางการเฝ้าระวัง ป้องกัน ควบคุมโรคพิษตะกั่วในวัยแรงงาน*. เข้าถึงได้จาก <https://ddc.moph.go.th/uploads/publish/1053920200930040517.pdf>
- กองอนามัยสิ่งแวดล้อม. (2552). *ตะกั่ว (Lead)*. เข้าถึงได้จาก <https://web.ku.ac.th/schoolnet/snet6/envi3/monpit-a/lead.htm>
- งามพิศ เข้มนิยม. (2543). *ทรัพยากรแร่ในประเทศไทย*. เข้าถึงได้จาก <http://www.rmutphysics.com/charud/oldnews/236/stone/lead1.htm>
- จารุวรรณ ศรีอากา. (2555). *ยาต้านพิษ ๑*. บริษัท ศรีเมืองการพิมพ์ จำกัด: สมาคมพิษวิทยาคลินิก.
- จารุวรรณ ศรีอากา. (2555). *ยาต้านพิษ ๒*. บริษัท ศรีเมืองการพิมพ์ จำกัด: สมาคมพิษวิทยาคลินิก.
- ชาคริต สุขเจริญ. (2547). *อุตสาหกรรมการผลิตโลหะตะกั่วจากเศษแบตเตอรี่และการกำจัดดูแล*. สำนักอุตสาหกรรมพื้นฐาน กรมอุตสาหกรรมพื้นฐานและการเหมืองแร่. เข้าถึงได้จาก http://library.dmr.go.th/Document/DMR_Technical_Reports/2547/5288.pdf
- นพรุจ ฤทธานนท์. (2554). *การศึกษาแบบจำลองพลวัตของแบตเตอรี่ตะกั่วกรดสำหรับการประยุกต์ใช้กับกังหันลมผลิตไฟฟ้าขนาดเล็ก*. เข้าถึงได้จาก <http://www.repository.rmutt.ac.th/xmlui/bitstream/handle/123456789/923/118508-Study%20of%20dynamic%20model%20of%20lead-acid%20battery%20in%20small%20.pdf?sequence=1>

นรมน อินทรานนท์. (2560). การเดินทางของตะกั่วในแบตเตอรี่ตะกั่วกรด. ศูนย์เทคโนโลยีโลหะและวัสดุแห่งชาติ.

ประกาศกรมสวัสดิการและคุ้มครองแรงงาน เรื่อง ชี้แจงแก้ความเข้าใจของสารเคมีอันตราย. (2560, 3 สิงหาคม). ราชกิจจานุเบกษา. เล่ม 134

ประกาศกระทรวงแรงงาน เรื่อง กำหนดสารเคมีอันตรายที่ให้นายจ้างจัดให้มีการตรวจสุขภาพของลูกจ้าง พ.ศ. 2552 (2552, 3 เมษายน). ราชกิจจานุเบกษา. เล่ม 126

ประกาศกระทรวงอุตสาหกรรม เรื่อง กำหนดมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม แนวทางการตรวจสุขภาพตามปัจจัยเสี่ยงด้านสารเคมีและกายภาพจากการประกอบอาชีพในสถานประกอบการ. (2555, 4 กรกฎาคม). ราชกิจจานุเบกษา. เล่ม 129

พระราชบัญญัติความปลอดภัย อาชีวอนามัยและสภาพแวดล้อมในการทำงาน พ.ศ. 2554. (2554, 17 มกราคม).

พิมพ์ ลิ้มทองกุล. (2558). รู้จักแบตเตอรี่ ตอนที่ 2. วารสารเทคโนโลยีวัสดุ, 76.

โยธิน เบญจวงษ์ และวิลาวัณย์ จึงประเสริฐ. (2550). มาตรฐานการวินิจฉัยโรคจากการทำงานฉบับเฉลิมพระเกียรติเนื่องในโอกาสมหามงคลเฉลิมพระชนมพรรษา 80 พรรษา. เข้าถึงได้จาก https://www.sso.go.th/wpr/assets/upload/files_storage/sso_th/fed9ac2c9e46ad81b203e64b8a6a940c.pdf

วรรณษา ขงพิศาลภพ. (2562). แนวโน้มธุรกิจ/อุตสาหกรรม ปี 2562-2564 อุตสาหกรรมชิ้นส่วนยานยนต์. Krungsri Research. เข้าถึงได้จาก https://www.krungsri.com/bank/getmedia/352ec633-d54a-45ef-ae6d-d3b8c3602417/IO_Auto_Parts_190816_TH_EX.aspx

ศูนย์เทคโนโลยีสารสนเทศและการสื่อสาร สำนักงานปลัดกระทรวงพาณิชย์. (2562). สินค้าส่งออก 15 อันดับแรกของไทยรายประเทศ. เข้าถึงได้จาก <http://traderreport.moc.go.th/Report/Default.aspx?Report=MenucomTopNCountry&Option=1&Lang=Th&ImExType=1>

สำนักงานข้อมูลสมุนไพร คณะเภสัชศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหิดล. (2562). กระเทียม. วันที่ค้นข้อมูล 10 พฤศจิกายน 2562. เข้าถึงได้จาก <http://www.medplant.mahidol.ac.th/pubhealth/index.asp>

สำนักงานคณะกรรมการอาหารและยา. (2017). Antidote. วันที่ค้นข้อมูล 27 ธันวาคม 2562.

เข้าถึงได้จาก http://ndi.fda.moph.go.th/uploads/evidence_file/20170503183746.pdf

สำนักงานวิจัยการเกษตร. (2561). กระเทียม. วันที่ค้นข้อมูล 10 พฤศจิกายน 2562. เข้าถึงได้จาก <http://www.arda.or.th/kasetinfo/north/plant/garlic.html>

สำนักงานเศรษฐกิจอุตสาหกรรม. (2562). ภาพรวมเศรษฐกิจและอุตสาหกรรมไทย ปี 2562 และแนวโน้ม ปี 2563. เข้าถึงได้จาก <http://www.oie.go.th/assets/portals/1/fileups/2/files/>

Industry%20conditions/annual2019trends2020.pdf

- สุณีพร สุวรรณมณีพงศ์ และสิรินทร ไชยศักดิ์. (2554). สํารวจความพร้อมอุตสาหกรรมแบตเตอรี่ไทย
กับโอกาสในตลาดโลก. *Technology Promotion and InnoMag Magazine*, 38, 64-67.
- โตมศิริ เดชรัตน์ . (2559). การรับสัมผัสตะกั่วและสุขภาพของพนักงานโรงพิมพ์ในภาคใต้ของ
ประเทศไทย. *วารสารพิษวิทยาไทย* ; 31(2) : 9-24
- Aaseth, J., Skaug, M. A., Cao, Y., & Andersen, O. (2015). Chelation in metal intoxication principles
and paradigms. *Journal of Trace Elements in Medicine and Biology: Organ of the Society
for Minerals and Trace Elements (GMS)*, 31, 260-266. doi:10.1016/j.jtemb. 2014.10.001
- Adela, Y., Ambelu, A., & Tessema, D. A. (2012). Occupational lead exposure among automotive
garage workers-a case study for Jimma town, Ethiopia. *Journal of Occupational Medicine
and Toxicology (London, England)*, 7(1), 15-22. doi:10.1186/1745-6673-7-15
- Advisory Committee on Childhood Lead Poisoning Prevention [ACCPP]. (2013). *Guidelines for
Measuring Lead in Blood Using Point of Care Instruments*. Retrieved from
https://www.cdc.gov/nceh/lead/ACCLPP/20131024_POCguidelines_final.pdf
- Ahmad, P., Alvi, S., & Khan, S. (2019). *Functioning of Organosulfur Compounds from Garlic
(Allium sativum Linn) in Targeting Risk Factor-Mediated Atherosclerosis: A Cross Talk
Between Alternative and Modern Medicine*. In (pp. 561-585).
- Al-Ghabban, S. (2018). *Blood Lead Levels among Cigarette Smokers*.
- Al-Saleh, I., Al-Enazi, S., & Shinwari, N. (2009). Assessment of lead in cosmetic products.
Regulatory Toxicology and Pharmacology, 54(2), 105-113.
doi:<https://doi.org/10.1016/j.yrtph.2009.02.005>
- Amagase, H., Petesch, B. L., Matsuura, H., Kasuga, S., & Itakura, Y. (2001). Intake of garlic and its
bioactive components. *The Journal of Nutrition*, 131(3), 955-962.
doi:10.1093/jn/131.3.955S
- Anandasadagopan, S. K., Sundaramoorthy, C., Pandurangan, A. K., Nagarajan, V., Srinivasan, K.,
& Ganapasam, S. (2017). S-Allyl cysteine alleviates inflammation by modulating the
expression of NF-kappa-B during chromium (VI) induced hepatotoxicity in rats. *Human &
Experimental Toxicology*, 36(11), 1186-1200. doi:10.1177/0960327116680275
- Andersen, O., & Aaseth, J. (2016). A review of pitfalls and progress in chelation treatment of metal
poisonings. *Journal of Trace Elements in Medicine and Biology: Organ of the Society for*

- Minerals and Trace Elements (GMS)*, 38, 74-80. doi:10.1016/j.jtemb.2016.03.013
- Arreola, R., Quintero-Fabián, S., Rocio Ivette, L.-R., Flores-Gutiérrez, E., Reyes-Grajeda, J., Carrera-Quintanar, L., & Ortuño, D. (2015). Immunomodulation and anti-inflammatory effects of garlic compounds. *Journal Immunology Research*, 2015, 1-13. doi:10.1155/2015/401630
- Aslani, M. R., Najarnejhad, V., & Mohri, M. (2010). Individual and combined effect of meso-2,3-dimercaptosuccinic acid and allicin on blood and tissue lead content in mice. *Planta Medica*, 76(3), 241-244. doi:10.1055/s-0029-1186
- Avci, A., Atli, T., Ergüder, I. B., Varli, M., Devrim, E., Aras, S., & Durak, I. (2008). Effects of garlic consumption on plasma and erythrocyte antioxidant parameters in elderly subjects. *Gerontology*, 54(3), 173-176. doi:10.1159/000130426
- Ayoka, A. O., Ademoye, A. K., Imafidon, C. E., Ojo, E. O., & Oladele, A. A. (2016). Aqueous extract of *Allium sativum* (Linn.) bulbs ameliorated pituitary-testicular injury and dysfunction in Wistar rats with Pb-Induced reproductive disturbances. *Macedonian Journal of Medical Sciences*, 4(2), 200-212. doi:10.3889/oamjms.2016.039
- Badiei, K., Nikghadam, & Mostaghni, K. (2009). Effect of lead on thyroid function in sheep. *Iranian Journal of Veterinary Research*, 10, 223-227. doi:10.22099/IJVR.2009.1696
- Baranowska-Bosiacka, I., Gutowska, I., Rybicka, M., Nowacki, P., & Chlubek, D. (2012). Neurotoxicity of lead. Hypothetical molecular mechanisms of synaptic function disorders. *Neurologia I Neurochirurgia Polska*, 46(6), 569-578. doi:10.5114/ninp.2012.31607
- Basit, S., Karim, N., & Munshi, A. B. (2015). Occupational lead toxicity in battery workers. *Pakistan Journal of Medical Sciences*, 31(4), 775-780. doi:10.12669/pjms.314.7066
- Bayan, L., Koulivand, P. H., & Gorji, A. (2014). Garlic: a review of potential therapeutic effects. *Avicenna Journal of Phytomedicine*, 4(1), 1-14.
- Belle, L. P., De Bona, K. S., Abdalla, F. H., Pimentel, V. C., Pigatto, A. S., & Moretto, M. B. (2009). Comparative evaluation of adenosine deaminase activity in cerebral cortex and hippocampus of young and adult rats: effect of garlic extract (*Allium sativum* L.) on their susceptibility to heavy metal exposure. *Basic Clinical Pharmacology & Toxicology*, 104(5), 408-413. doi:10.1111/j.1742-7843.2009.00390.x
- Bent, S. (2008). Herbal medicine in the United States: review of efficacy, safety, and regulation:

- grand rounds at University of California, San Francisco Medical Center. *Journal of General Internal Medicine*, 23(6), 854-859. doi:10.1007/s11606-008-0632-y
- Bordia, A., Verma, S. K., & Srivastava, K. C. (1996). Effect of garlic on platelet aggregation in humans: a study in healthy subjects and patients with coronary artery disease. *Prostaglandins & Leukotrienes & Essential Fatty Acids*, 55(3), 201-205. doi:10.1016/s0952-3278(96)90099-x
- Borrelli, F., Capasso, R., & Izzo, A. A. (2007). Garlic (*Allium sativum L.*): Adverse effects and drug interactions in humans. *Molecular Nutrition & Food Research*, 51(11), 1386-1397. doi:10.1002/mnfr.200700072
- Buettner, C., Mukamal, K. J., Gardiner, P., Davis, R. B., Phillips, R. S., & Mittleman, M. A. (2009). Herbal supplement use and blood lead levels of United States adults. *Journal of General Internal Medicine*, 24(11), 1175-1182. doi:10.1007/s11606-009-1050-5
- Cai, S., Liu, J., Shi, X., Hu, S., & Zhao, L. (2019). Allicin alleviated learning and memory deficits caused by lead exposure at developmental stage. *Life Sciences*, 231, 116532. doi:10.1016/j.lfs.2019.06.007
- Cha, C. W. (1987). *A study on the effect of garlic to the heavy metal poisoning of rat.* (1011-8934 (Print)).
- Chan, J., Yuen, A., Chan, R., & Chan, S.-W. (2013). A Review of the cardiovascular benefits and antioxidant properties of allicin. *Phytotherapy Research*, 27. doi:10.1002/ptr.4796
- Chen, L., Qian, X. R., Liu, J. T., Hu, W. J., Zhang, G., & Yang, H. D. (2018). Application of ICMH occupational health risk assessment model in evaluation of occupational risk of a lead-acid battery enterprise. *Chinese Journal of Industrial Hygiene and Occupational Diseases*, 36(4), 298-301. doi:10.3760/cma.j.issn.1001-9391.2018.04.017
- Choudhary, P. R., Jani, R. D., & Sharma, M. S. (2018). Effect of raw crushed garlic (*Allium sativum L.*) on components of metabolic syndrome. *Journal of Dietary Supplements*, 15(4), 499-506. doi:10.1080/19390211.2017.1358233
- Colín-González, A. L., & Santamaría, A. (2017). Chapter 20 - Garlic, Gastrointestinal protection and oxidative stress. In J. Gracia-Sancho & J. Salvadó (Eds.), *Gastrointestinal Tissue* (pp. 275-288): Academic Press.
- Decharat, S., Kongtip, P., Thampoophasiam, P., & Thetkathuek, A. (2012). An examination of

- blood lead levels in Thais nielloware workers. *Safety and Health at Work*, 3(3), 216-223. doi:10.5491/SHAW.2012.3.3.216
- Ebrahimzadeh-Bideskan, A. R., Hami, J., Alipour, F., Haghiri, H., Fazel, A. R., & Sadeghi, A. (2016). Protective effects of ascorbic acid and garlic extract against lead-induced apoptosis in developing rat hippocampus. *Metabolic Brain Disease*, 31(5), 1123-1132. doi:10.1007/s11011-016-9837-7
- Flora, G., Mittal, M., & Flora, S. J. S. (2015). 26 - Medical Countermeasures—Chelation Therapy. In S. J. S. Flora (Ed.), *Handbook of Arsenic Toxicology* (pp. 589-626). Oxford: Academic Press.
- Flora, S. J. S., & Pachauri, V. (2010). Chelation in metal intoxication. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 7(7), 2745-2788. doi:10.3390/ijerph7072745
- Fujisawa, H., Suma, K., Origuchi, K., Seki, T., & Ariga, T. (2008). Thermostability of allicin determined by chemical and biological assays. *Bioscience, Biotechnology, and Biochemistry*, 72, 2877-2883. doi:10.1271/bbb.80381
- Gambelunghe, A., Sallsten, G., Borné, Y., Forsgard, N., Hedblad, B., Nilsson, P., . . . Barregard, L. (2016). Low-level exposure to lead, blood pressure, and hypertension in a population-based cohort. *Environmental Research*, 149, 157-163. doi:https://doi.org/10.1016/j.envres.2016.05.015
- Gidlow, D. A. (2015). Lead toxicity. *Occupational Medicine*, 65(5), 348-356. doi:10.1093/occmed/kqv018
- Hassan, E., Kahilo, K., Kamal, T., El-Neweshy, M., & Hassan, M. (2019). Protective effect of diallyl sulfide against lead-mediated oxidative damage, apoptosis and down-regulation of CYP19 gene expression in rat testes. *Life Sciences*, 226, 193-201. doi:10.1016/j.lfs.2019.04.020
- Hou, L., Liu, Y., & Zhang, Y. (2015). Garlic intake lowers fasting blood glucose: meta-analysis of randomized controlled trials. *Asia Pacific Journal of Clinical Nutrition*, 24(4), 575-582. doi:10.6133/apjcn.2015.24.4.15
- Iciek, M., Kwiecien, I., & Wlodek, L. (2009). Biological properties of garlic and garlic-derived organosulfur compounds. *Environmental and Molecular Mutagenesis*, 50(3), 247-265. doi:10.1002/em.20474

- Jangam, G. B., & Badole, S. L. (2014). Garlic (*Allium sativum*): Role in metabolic disorder. In R. R. Watson, V. R. Preedy, & S. Zibadi (Eds.), *Polyphenols in Human Health and Disease* (pp. 611-614). San Diego: Academic Press.
- Karri, S. K., Saper, R. B., & Kales, S. N. (2008). Lead encephalopathy due to traditional medicines. *Current Drug Safety*, 3(1), 54-59. doi:10.2174/157488608783333907
- Kianoush, S., Balali-Mood, M., Mousavi, S. R., Moradi, V., Sadeghi, M., Dadpour, B., . . . Shakeri, M. T. (2012). Comparison of therapeutic effects of garlic and d-Penicillamine in patients with chronic occupational lead poisoning. *Basic and Clinical Pharmacology and Toxicology*, 110(5), 476-481. doi:10.1111/j.1742-7843.2011.00841.x
- Kilikdar, D., Mukherjee, D., Mitra, E., Ghosh, A. K., Basu, A., Chandra, A. M., & Bandyopadhyay, D. (2011). Protective effect of aqueous garlic extract against lead-induced hepatic injury in rats. *Indian Journal of Experimental Biology*, 49(7), 498-510.
- Kim, H. C., Jang, T. W., Chae, H. J., Choi, W. J., Ha, M. N., Ye, B. J., Hong, Y. S. (2015). Evaluation and management of lead exposure. *Annals of Occupational and Environmental Medicine*, 27, 30-38. doi:10.1186/s40557-015-0085-9
- King, H. M. (2019). Galena, The primary ore of lead that is sometimes mined for its silver content. Retrieved from <https://geology.com/minerals/galena.shtml>
- Labudda, M. (2013). Lead hepatotoxicity: selected aspects of pathobiochemistry. *Medycyna Pracy*, 64(4), 565-568. doi:10.13075/mp.5893.2013.0040
- Laidlaw, M. A. S., Filippelli, G., Mielke, H., Gulson, B., & Ball, A. S. (2017). Lead exposure at firing ranges-a review. *Environmental Health: A Global Access Science Source*, 16(1), 34-49. doi:10.1186/s12940-017-0246-0
- Lawson, L. D., & Hunsaker, S. M. (2018). Allicin bioavailability and bioequivalence from garlic supplements and garlic foods. *Nutrients*, 10(7), 812-861. doi:10.3390/nu10070812
- Li, Z., Le, W., & Cui, Z. (2018). A novel therapeutic anticancer property of raw garlic extract via injection but not ingestion. *Cell Death Discovery*, 4(1), 108-118. doi:10.1038/s41420-018-0122-x
- Lormpong, S., Morioka, I., Miyai, N., Yamamoto, H., Chaikittiporn, C., Thiramanus, T., & Miyashita, K. (2004). Occupational health education and collaboration for reducing the risk of lead poisoning of workers in a battery manufacturing plant in Thailand. *Industrial*

Health, 42, 440-445. doi:10.2486/indhealth.42.440

Lv, Y., So, K. F., Wong, N. K., & Xiao, J. (2019). Anti-cancer activities of S-allylmercaptocysteine from aged garlic. *Chinese Journal of Natural Medicines*, 17(1), 43-49. doi:10.1016/s1875-5364(19)30008-1

Mannino, D. M., Homa, D. M., Matte, T., & Hernandez-Avila, M. (2005). Active and passive smoking and blood lead levels in U.S. adults: data from the Third National Health and Nutrition Examination Survey. *Nicotine & Tobacco Research: Official Journal of the Society for Research on Nicotine and Tobacco*, 7(4), 557-564. doi:10.1080/14622200500185264

Martins, N., Petropoulos, S., & Ferreira, I. C. F. R. (2016). Chemical composition and bioactive compounds of garlic (*Allium sativum L.*) as affected by pre- and post-harvest conditions: A review. *Food Chemistry*, 211, 41-50. doi:https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2016.05.029

Mason, L. H., Harp, J. P., & Han, D. Y. (2014). Pb neurotoxicity: neuropsychological effects of lead toxicity. *BioMed Research International*, 2014, 1-8. doi:10.1155/2014/840547

Morihara, N., & Hino, A. (2017). Aged garlic extract suppresses platelet aggregation by changing the functional property of platelets. *Journal of Natural Medicines*, 71(1), 249-256. doi:10.1007/s11418-016-1055-4

Morris, J., Burke, V., Mori, T. A., Vandongen, R., & Beilin, L. J. (1995). Effects of garlic extract on platelet aggregation: a randomized placebo-controlled double-blind study. *Clinical and Experimental Pharmacology & Physiology*, 22(6-7), 414-417. doi:10.1111/j.1440-1681.1995.tb02032.x

Mosbah, A., Guerbej, H., Boussetta, H., Bouraoui, Z., & Banni, M. (2018). Protective effects of dietary garlic powder against cadmium-induced toxicity in sea bass liver: A chemical, biochemical, and transcriptomic approach. *Biological Trace Element Research*, 183(2), 370-378. doi:10.1007/s12011-017-1146-4

Myneni, A. A., Chang, S. C., Niu, R., Liu, L., Swanson, M. K., Li, J., . . . Mu, L. (2016). Raw garlic consumption and lung cancer in a Chinese population. *Cancer Epidemiology, Biomarkers & Prevention*, 25(4), 624-633. doi:10.1158/1055-9965.Epi-15-0760

Nelson, L. S., Lewin, N. A., Howland, M. A., Hoffman, R. S., Goldfrank, L. R., & Flomenbaum, N. E. (2011). *Goldfrank's Toxicologic Emergencies*. New York: The McGraw-Hill

Companies.

- Omar, S. H., & Al-Wabel, N. A. (2010). Organosulfur compounds and possible mechanism of garlic in cancer. *Saudi Pharmaceutical Journal*, 18(1), 51-58. doi:10.1016/j.jsps.2009.12.007
- Oosthuizen, C. B., Reid, A. M., & Lall, N. (2018). Garlic (*Allium sativum*) and its associated molecules, as medicine. In *Medicinal Plants for Holistic Health and Well-Being*.
- Parsons, P. J., & Chisolm, J. J. (1997). *The Lead Laboratory*. Retrieved from <https://www.cdc.gov/nceh/lead/publications/1997/pdf/c1.pdf>
- Praticò, G., Gao, Q., Manach, C., & Dragsted, L. (2018). Biomarkers of food intake for Allium vegetables. *Genes & Nutrition*, 13, 1-12. doi:10.1186/s12263-018-0624-4
- Puzas, J. E., Campbell, J., O'Keefe, R. J., & Rosier, R. N. (2004). Lead toxicity in the skeleton and its role in osteoporosis. In M. F. Holick & B. Dawson-Hughes (Eds.), *Nutrition and Bone Health* (pp. 363-376). Totowa, NJ: Humana Press.
- Rahimian, A., & Mehrandish, R. (2019). Heavy metals detoxification: A review of herbal compounds for chelation therapy in heavy metals toxicity. *Journal of Herbal Medicine Pharmacology*, 8, 69-77. doi:10.15171/jhp.2019.12
- Rahman, M. (2007). Allicin and other functional active components in garlic: Health benefits and bioavailability. *International Journal of Food Properties*, 10, 245-268. doi:10.1080/10942910601113327
- Rana, M. N., Tangpong, J., & Rahman, M. A. (2019). Xanthones protects lead-induced chronic kidney disease (CKD) via activating Nrf-2 and modulating NF-kB, MAPK pathway. *Biochemistry and Biophysics Reports*, 21, 1-11. doi:10.1016/j.bbrep.2019.100718
- Rana, S. V., Pal, R., Vaiphei, K., Sharma, S. K., & Ola, R. P. (2011). Garlic in health and disease. *Nutrition Research Reviews*, 24(1), 60-71. doi:10.1017/s0954422410000338
- Richter, P. A., Bishop, E. E., Wang, J., & Kaufmann, R. (2013). Trends in tobacco smoke exposure and blood lead levels among youths and adults in the United States: The National Health and Nutrition Examination Survey, 1999-2008. *Preventing Chronic Disease*, 10, 1-18. doi:10.5888/pcd10.130056
- Ried, K. (2016). Garlic lowers blood pressure in hypertensive individuals, regulates serum cholesterol, and stimulates immunity: An updated meta-analysis and review. *The Journal of Nutrition*, 146(2), 389-396. doi:10.3945/jn.114.202192

- Ried, K., Toben, C., & Fakler, P. (2013). Effect of garlic on serum lipids: an updated meta-analysis. *Nutrition Reviews*, 71(5), 282-299. doi:10.1111/nure.12012
- Saleh, H. A., Abdel El-Aziz, G. S., Mustafa, H. N., Saleh, A. H. A., Mal, A. O., Deifalla, A. H. S., & Aburas, M. (2018). Protective effect of garlic extract against maternal and fetal cerebellar damage induced by lead administration during pregnancy in rats. *Folia Morphologica*, 77(1), 1-15. doi:10.5603/FM.a2017.0063
- Saliu, A., Adebayo, O., Kofoworola, O., Babatunde, O., & Ismail, A. (2015). Comparative assessment of blood lead levels of automobile technicians in organised and roadside garages in Lagos, Nigeria. *Journal of Environmental and Public Health*, 2015, 1-21. doi:10.1155/2015/976563
- Santhosha, S. G., Jamuna, P., & Prabhavathi, S. N. (2013). Bioactive components of garlic and their physiological role in health maintenance: A review. *Food Bioscience*, 3, 59-74. doi: <https://doi.org/10.1016/j.fbio.2013.07.001>
- Sarkar, A., Sengupta, D., Mandal, S., Sen, G., Dutta Chowdhury, K., & Chandra Sadhukhan, G. (2015). Treatment with garlic restores membrane thiol content and ameliorates lead induced early death of erythrocytes in mice. *Environmental Toxicology*, 30(4), 396-410. doi:10.1002/tox.21901
- Scharbert, G., Kalb, M. L., Duris, M., Marschalek, C., & Kozek-Langenecker, S. A. (2007). Garlic at dietary doses does not impair platelet function. *Anesthesia and Analgesia*, 105(5), 1214-1218. doi:10.1213/01.ane.0000287253.92211.06
- Sears, M. E. (2013). Chelation: harnessing and enhancing heavy metal detoxification--a review. *The Scientific World Journal*, 2013, 1-13. doi:10.1155/2013/219840
- Senapati, S. K., Dey, S., Dwivedi, S. K., & Swarup, D. (2001). Effect of garlic (*Allium sativum L.*) extract on tissue lead level in rats. *Journal of Ethnopharmacology*, 76(3), 229-232. doi:10.1016/S0378-8741(01)00237-9
- Shahsavani, D., Baghshani, H., & Alishahi, E. (2011). Efficacy of allicin in decreasing lead (Pb) accumulation in selected tissues of lead-exposed common carp (*Cyprinus carpio*). *Biological Trace Element Research*, 142(3), 572-580. doi:10.1007/s12011-010-8801-3
- Sharma, A., Sharma, V., & Kansal, L. (2010). Amelioration of lead-induced hepatotoxicity by *Allium sativum* extracts in Swiss albino mice. *Libyan Journal of Medicine*, 5, 1-21.

doi:10.4176/091107

- Suleria, H. A. R., Butt, M. S., Khalid, N., Sultan, S., Raza, A., Aleem, M., & Abbas, M. (2015). Garlic (*Allium sativum*): Diet based therapy of 21st century—a review. *Asian Pacific Journal of Tropical Disease*, 5(4), 271-278. doi:[https://doi.org/10.1016/S2222-1808\(14\)60782-9](https://doi.org/10.1016/S2222-1808(14)60782-9)
- Sun, Y.-E., Wang, W., & Qin, J. (2018). Anti-hyperlipidemia of garlic by reducing the level of total cholesterol and low-density lipoprotein: A meta-analysis. *Medicine*, 97(18), 1-8. doi:10.1097/MD.00000000000010255
- Tattelman E. (2005). Health effects of garlic. *American family physician*, 72(1), 103-106.
- The Agency for Toxic Substances and Disease Registry [ATSDR]. (2017). *Lead Toxicity*. https://www.atsdr.cdc.gov/csem/lead/docs/CSEM-Lead_toxicity_508.pdf
- The Centers for Disease Control and Prevention [CDC]. (2017). *Biomonitoring summary; Lead*. Retrieved January 2, 2020 https://www.cdc.gov/biomonitoring/Lead_BiomonitoringSummary.html
- The National Institute for Occupational Safety and Health [NIOSH]. (2018). *Jobs That May Have Lead Exposure*. Retrieved January 2, 2020, from Centers for Disease Control and Prevention <https://www.cdc.gov/niosh/topics/lead/jobs.html>
- Thuppil, V., & Tannir, S. (2013). Treating lead toxicity: Possibilities beyond synthetic chelation. *Journal of Krishna Institute of Medical Sciences University*, 2, 4-31.
- Torres-Palazzolo, C., Ramirez, D., Locatelli, D., Manucha, W., Castro, C., & Camargo, A. (2018). Bioaccessibility and permeability of bioactive compounds in raw and cooked garlic. *Journal of Food Composition and Analysis*, 70, 49-53. doi:<https://doi.org/10.1016/j.jfca.2018.03.008>
- Van der kuijp, T. J., Huang, L., & Cherry, C. R. (2013). Health hazards of China's lead-acid battery industry: a review of its market drivers, production processes, and health impacts. *Environmental Health: A Global Access Science Source*, 12, 1-21. doi:10.1186/1476-069X-12-61
- Wananukul, W., Sura, T., & Salaitanawatwong, P. (2006). Polymorphism of delta-aminolevulinic acid dehydratase and its effect on blood lead levels in Thai workers. *Archives of Environmental & Occupational Health*, 61(2), 67-72. doi:10.3200/aeoh.61.2.67-72
- Wang, H., Li, X., Liu, X., Shen, D., Qiu, Y., Zhang, X., & Song, J. (2015). Influence of pH,

concentration and light on stability of allicin in garlic (*Allium sativum L.*) aqueous extract as measured by UPLC. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 95(9), 1838–1844.

doi:10.1002/jsfa.6884

Wang, X. (2013). Drug metabolism and pharmacokinetics of organosulfur compounds from garlic.

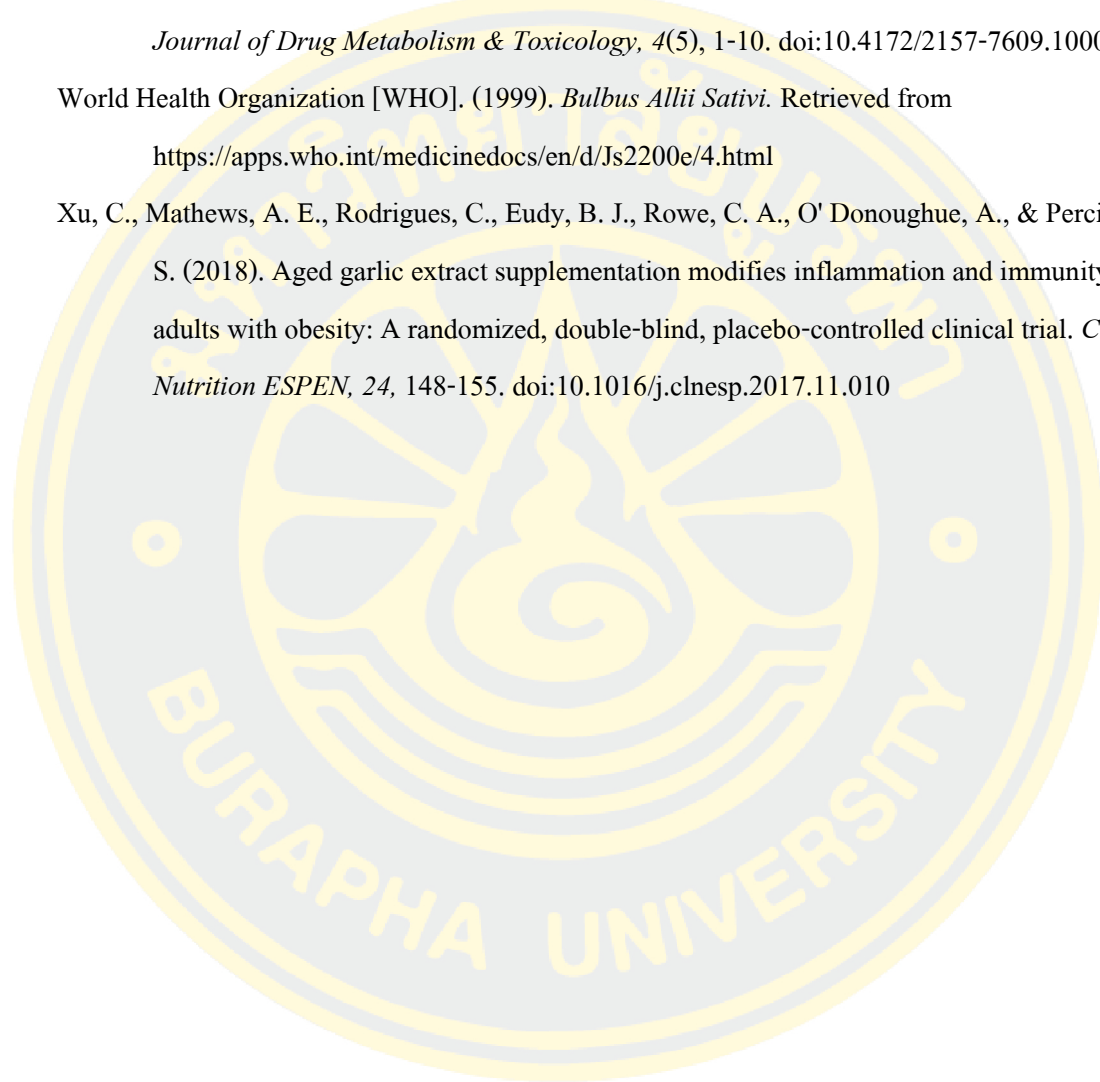
Journal of Drug Metabolism & Toxicology, 4(5), 1-10. doi:10.4172/2157-7609.1000159

World Health Organization [WHO]. (1999). *Bulbus Allii Sativi*. Retrieved from

<https://apps.who.int/medicinedocs/en/d/Js2200e/4.html>

Xu, C., Mathews, A. E., Rodrigues, C., Eudy, B. J., Rowe, C. A., O' Donoghue, A., & Percival, S.

S. (2018). Aged garlic extract supplementation modifies inflammation and immunity of adults with obesity: A randomized, double-blind, placebo-controlled clinical trial. *Clinical Nutrition ESPEN*, 24, 148-155. doi:10.1016/j.clnesp.2017.11.010





ภาคผนวก



ภาคผนวก ก
แบบบันทึกข้อมูลเพื่อการวิจัย

หมายเลข

แบบบันทึกข้อมูลเพื่อการวิจัย

เรื่อง ประสิทธิภาพของสารสกัดกระเทียมต่อระดับตะกั่วในเลือดของพนักงานฝ่ายผลิต
โรงงานผลิตแบตเตอรี่แห่งหนึ่งในจังหวัดสมุทรปราการ

วัตถุประสงค์

แบบบันทึกข้อมูลการวิจัยนี้เป็นส่วนหนึ่งของการวิจัยตามหลักสูตรวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาอาชีวอนามัยและความปลอดภัย คณะสาธารณสุขศาสตร์ มหาวิทยาลัยบูรพา จัดทำขึ้นเพื่อบันทึกข้อมูลการรับประทานสารสกัดกระเทียม ข้อมูลผลข้างเคียงจากการรับประทานสารสกัดกระเทียม และข้อมูลการรับประทานสมุนไพรที่อาจมีผลต่อการวิเคราะห์ผลการวิจัย โดยการเข้าร่วมการวิจัยครั้งนี้จะเป็นไปโดยสมัครใจ ผู้เข้าร่วมโครงการวิจัยสามารถปฏิเสธที่จะเข้าร่วมหรือถอนตัวจากการวิจัยครั้งนี้ได้ตลอดเวลา กรณีที่ผู้เข้าร่วมโครงการวิจัยไม่สามารถทนผลข้างเคียงจากการรับประทานสารสกัดหรือพบความผิดปกติใด ๆ ในระหว่างการวิจัย ให้ท่านติดต่อ น.ส. เอี่ยมพร พูนกล้า (ผู้วิจัย) ได้ที่โทรศัพท์หมายเลข 083-3877766 เพื่อที่ผู้วิจัยจะติดต่อให้ท่านได้รับการรักษาความผิดปกติทันที ข้อมูลของผู้เข้าร่วมโครงการวิจัยจะถูกเก็บไว้เป็นความลับ ไม่มีการเปิดเผยข้อมูลรายบุคคล และผลการวิจัยจะถูกเสนอในภาพรวม ทั้งนี้ผู้วิจัยขอขอบพระคุณทุกท่านเป็นอย่างยิ่งที่กรุณาสละเวลาให้ความร่วมมือในการบันทึกข้อมูลมา ณ โอกาสนี้

คำชี้แจงแบบบันทึกข้อมูล

แบบบันทึกข้อมูลประกอบด้วย 3 ส่วน

ส่วนที่ 1 แบบบันทึกการรับประทานสารสกัดกระเทียม สำหรับบันทึกการรับประทานสารสกัดกระเทียมในแต่ละมื้อ

ส่วนที่ 2 แบบบันทึกผลข้างเคียงจากการรับประทาน สำหรับการบันทึกผลข้างเคียงที่อาจเกิดจากการรับประทานสารสกัดกระเทียม

ส่วนที่ 3 แบบบันทึกการรับประทานสมุนไพรอื่นที่อาจมีผลต่อการวิเคราะห์ผลการวิจัย สำหรับบันทึกการรับประทานสมุนไพรที่อาจมีผลต่อการวิเคราะห์การวิจัย ได้แก่ ผักชีจีน ขมิ้น และใบแปะก๊วย

ในการบันทึกผลการวิจัยครั้งนี้ให้ผู้เข้าร่วมโครงการวิจัยเริ่มบันทึกข้อมูลเมื่อท่านรับประทานสารสกัดกระเทียมเม็ดแรกจนครบเม็ดสุดท้ายต่อเนื่อง 14 วัน สำหรับการบันทึก

ผลข้างเคียงจากการรับประทานสารสกัดกระเทียม หากท่านมีอาการข้างเคียงดังกล่าวไม่ตรงตามแบบบันทึกกำหนดหรือมีอุบัติเหตุเกิดขึ้นระหว่างการวิจัย ให้ท่านบันทึกเพิ่มเติมในช่องอาการอื่น ๆ ส่วนการบันทึกการรับประทานสมุนไพรอื่นที่อาจส่งผลต่อการวิเคราะห์ผลการวิจัย ให้ท่านบันทึกผลลงแบบบันทึกเมื่อท่านได้รับประทานสมุนไพรสด หรือสารสกัดสมุนไพรนั้น ๆ โดยตรง แต่ถ้าหากท่านรับประทานอาหารที่มีสมุนไพรนั้นเป็นเพียงส่วนประกอบในมื้ออาหาร เช่น ส่วนประกอบในผัก หรือแกง ท่านไม่ต้องบันทึกลงในแบบบันทึกนี้ และหากท่านต้องการระบุรายละเอียดมื้ออาหารให้ท่านระบุลงในช่องหมายเหตุได้

วิธีการรับประทานสารสกัดกระเทียม

- สารสกัดกระเทียมที่ผู้เข้าร่วมวิจัยแต่ละท่าน ได้รับแตกต่างกันตามการสุ่มด้วยวิธีการวิจัย
- กำหนดให้ผู้เข้าร่วมวิจัยทุกท่านรับประทานสารสกัดกระเทียมครั้งละ 1 เม็ด พร้อมน้ำเปล่า 1 แก้ว รับประทานก่อนมื้ออาหารเช้า เที่ยงและเย็น อย่างน้อย 30 นาที รวมเป็นรับประทานสารสกัดกระเทียม 3 เม็ดต่อวัน

ผลข้างเคียงที่อาจพบได้จากการรับประทานสารสกัดกระเทียม

- กลิ่นไม่พึงประสงค์ เช่น กลิ่นปากหรือกลิ่นตัวไม่พึงประสงค์
- อาการแพ้ เช่น ผื่นแดงตามลำตัว คันตามตัว หรือมีอาการผื่นผดคันที่หลังรับประทาน
- เลือดออกง่ายหรือหยุดยาก เช่น เลือดออกตามไรฟัน
- อาการแสดงระบบทางเดินอาหาร เช่น ปวดจุกแน่นท้อง คลื่นไส้ อาเจียน ปวดแสบร้อนท้อง ปวดแสบคอ เจ็บหน้าอก เป็นต้น

“ถ้าหากเกิดอาการแพ้ ผื่นขึ้นตามตัว หรือเลือดออกผื่นผดคัน หรือไม่สามารถทนผลข้างเคียงจากการรับประทานสารสกัดกระเทียมได้ ให้ท่านรีบติดต่อผู้วิจัยทันที”

ส่วนที่ 1 แบบบันทึกการรับประทานสารสกัดกระเทียม

กรุณาทำเครื่องหมาย ✓ ลงหน้าช่องว่างที่กำหนด และบันทึกข้อมูลตามสภาพความเป็นจริงของท่าน

มือ	เช้า		เที่ยง		เย็น	
	รับประทาน	ไม่ รับประทาน	รับประทาน	ไม่ รับประทาน	รับประทาน	ไม่ รับประทาน
วันที่ 1						
วันที่ 2						
วันที่ 3						
วันที่ 4						
วันที่ 5						
วันที่ 6						
วันที่ 7						
วันที่ 8						
วันที่ 9						
วันที่ 10						
วันที่ 11						
วันที่ 12						
วันที่ 13						
วันที่ 14						

ส่วนที่ 2 แบบบันทึกผลข้างเคียงจากการรับประทานกระเทียมสกัด

กรุณาทำเครื่องหมาย ✓ ลงหน้าช่องว่างที่ท่านได้รับผลข้างเคียงจากการรับประทานสารสกัดกระเทียมในแต่ละวันตามสภาพความเป็นจริงของท่าน ในกรณีเกิดอาการอื่น ๆ หรืออุบัติเหตุระหว่างการวิจัย ให้ท่านระบุความผิดปกตินั้น ๆ ลงในช่องว่างที่กำหนด

ผลข้างเคียง	คลื่นไม่พึงประสงค์		อาการแพ้		เลือดออกง่าย/เลือดหยุดยาก		อาการระบบทางเดินอาหาร		อาการอื่น ๆ หรืออุบัติเหตุระหว่างงานวิจัย (โปรดระบุ)
	มี	ไม่มี	มี	ไม่มี	มี	ไม่มี	มี	ไม่มี	
วันที่ 1									
วันที่ 2									
วันที่ 3									
วันที่ 4									
วันที่ 5									
วันที่ 6									
วันที่ 7									
วันที่ 8									
วันที่ 9									
วันที่ 10									
วันที่ 11									
วันที่ 12									
วันที่ 13									
วันที่ 14									

* กรณีเกิดอาการแพ้ โดยมีคันตามตัว ผื่นขึ้น ให้ท่านรีบติดต่อผู้วิจัยทันที

ส่วนที่ 3 แบบบันทึกการรับประทานสมุนไพรอื่น

กรุณาทำเครื่องหมาย ✓ ลงในช่องว่างตรงกับสภาพความเป็นจริงของท่าน การบันทึกการรับประทานสมุนไพรอื่นที่อาจส่งผลต่อการวิเคราะห์ผลการวิจัย ให้ท่านบันทึกผลเมื่อท่านได้รับประทานสมุนไพรสด หรือสารสกัดสมุนไพรนั้น ๆ โดยตรง แต่ถ้าหากท่านรับประทานอาหารที่มีสมุนไพรนั้นเป็นเพียงส่วนประกอบในมื้ออาหาร เช่น ส่วนประกอบในผัก หรือแกง ท่านไม่ต้องบันทึกลงในแบบบันทึกนี้ และหากท่านต้องการระบุรายละเอียดมื้ออาหารให้ท่านระบุลงในช่องหมายเหตุได้

การรับประทานสมุนไพร	ผักชีจีน	ขมิ้น	ใบแปะก๊วย	หมายเหตุ
วันที่ 1				
วันที่ 2				
วันที่ 3				
วันที่ 4				
วันที่ 5				
วันที่ 6				
วันที่ 7				
วันที่ 8				
วันที่ 9				
วันที่ 10				
วันที่ 11				
วันที่ 12				
วันที่ 13				
วันที่ 14				



ภาคผนวก ข
แบบสอบถามข้อมูลเพื่อการวิจัย

วันที่เก็บข้อมูล.....

หมายเลข

แบบสอบถามข้อมูลเพื่อการวิจัย

เรื่อง ประสิทธิภาพของสารสกัดกระเทียมต่อระดับตะกั่วในเลือดของพนักงานฝ่ายผลิต
โรงงานผลิตแบตเตอรี่แห่งหนึ่งในจังหวัดสมุทรปราการ

วัตถุประสงค์

แบบสอบถามนี้เป็นส่วนหนึ่งของการวิจัยตามหลักสูตรวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาอาชีวอนามัยและความปลอดภัย คณะสาธารณสุขศาสตร์ มหาวิทยาลัยบูรพา จัดทำขึ้นสำหรับเก็บรวบรวมข้อมูลส่วนบุคคลที่อาจมีผลต่อประสิทธิภาพของสารสกัดกระเทียมต่อระดับตะกั่วในเลือดของผู้เข้าร่วมโครงการวิจัย โดยการเข้าร่วมการวิจัยครั้งนี้จะเป็นไปโดยสมัครใจ ผู้เข้าร่วมโครงการวิจัยสามารถปฏิเสธที่จะเข้าร่วมหรือถอนตัวจากการวิจัยครั้งนี้ได้ตลอดเวลา ข้อมูลของผู้เข้าร่วมโครงการวิจัยจะถูกเก็บไว้เป็นความลับ ไม่มีการเปิดเผยข้อมูลรายบุคคล และผลการวิจัยจะถูกเสนอในภาพรวม ทั้งนี้ผู้วิจัยขอขอบพระคุณทุกท่านเป็นอย่างยิ่งที่กรุณาสละเวลาให้ความร่วมมือในการตอบแบบสอบถามมา ณ โอกาสนี้

คำชี้แจงในการตอบแบบสอบถาม

1. แบบสอบถามนี้เพื่อการเก็บข้อมูลส่วนบุคคลเฉพาะผู้ประกอบอาชีพฝ่ายผลิตในโรงงานแห่งนี้
2. แบบสอบถามประกอบด้วย 7 ข้อ
3. กรุณาทำเครื่องหมาย ✓ ลงหน้าช่องว่างที่กำหนด และบันทึกข้อมูลตามความจริงของท่าน

A1. ท่านเป็นเพศใด

1. ชาย
2. หญิง

A2. ท่านอายุ.....ปี

A3. ท่านมีอายุการทำงานที่ฝ่ายผลิตแบตเตอรี่.....ปี

A4. ท่านสูบบุหรี่หรือไม่

- 0. ไม่สูบบุหรี่หรือเลิกสูบบุหรี่แล้วมากกว่า 1 เดือน
- 1. สูบบุหรี่

A5. ท่านมีงานอดิเรกหรือไม่

- 0. ไม่มีงานอดิเรก
- 1. มีงานอดิเรก (ตอบได้มากกว่า 1 ข้อ)
 - 1.1 กีฬาวิ่ง
 - 1.2 ซ่อมรถ
 - 1.3 อื่น ๆ (โปรดระบุ).....

A6. ระยะเวลาการทำงานเฉลี่ยของท่าน.....ชั่วโมง/วัน.....วันต่อสัปดาห์

A7. ท่านสวมใส่อุปกรณ์ป้องกันอันตรายส่วนบุคคลขณะปฏิบัติหน้าที่ใช่หรือไม่

- 0. ไม่สวม
- 1. สวม (ตอบได้มากกว่า 1 ข้อ)
 - 1.1 หน้ากากชนิด N95
 - 1.2 สวมถุงมือ



ภาคผนวก ค

แบบประเมินค่าดัชนีความสอดคล้อง (IOC) ของแบบสอบถามข้อมูลส่วนบุคคล

แบบประเมินค่าดัชนีความสอดคล้อง (IOC) ของแบบบันทึกข้อมูล

แบบประเมินค่าดัชนีความสอดคล้อง (IOC) ของแบบสอบถามข้อมูลส่วนบุคคล

คำชี้แจง โปรดพิจารณาความสอดคล้องของประเด็นข้อคำถามเพื่อใช้ในแบบสอบถามข้อมูลส่วนบุคคล แต่ละข้อว่ามีความเหมาะสมหรือไม่ เมื่อพิจารณาแล้วให้ใส่เครื่องหมาย ✓ ลงในช่องความคิดเห็น โดยใช้เกณฑ์การพิจารณา ดังนี้

+ 1 หมายถึง แน่ใจว่าคำถามหรือคำตอบวัดวัตถุประสงค์/เนื้อหาการวิจัย

0 หมายถึง ไม่แน่ใจว่าคำถามหรือคำตอบวัดวัตถุประสงค์/เนื้อหาการวิจัย

-1 หมายถึง ไม่เห็นด้วยว่าคำถามหรือคำตอบวัดวัตถุประสงค์/เนื้อหาการวิจัย

ข้อ	คำถาม	ความเห็นของผู้ทรงคุณวุฒิคนที่			ค่า IOC	สรุปความสอดคล้อง
		1	2	3		
1	ท่านเป็นเพศใด	1	1	1	1	สอดคล้อง
2	ท่านอายุเท่าใด (ปี)	1	1	1	1	สอดคล้อง
3	ท่านมีอายุการทำงานที่ฝ่ายผลิตเบตเตอร์ี่มากี่ปี	1	1	1	1	สอดคล้อง
4	ท่านสูบบุหรี่หรือไม่	1	1	1	1	สอดคล้อง
	- ไม่สูบบุหรี่หรือเลิกสูบบุหรี่มากกว่า 1 เดือน					
	- สูบบุหรี่					
5	ท่านมีงานอดิเรกหรือไม่	1	1	1	1	สอดคล้อง
	- ไม่มีงานอดิเรก					
	- กีฬายิงปืน					
	- ช่อมรด					
	- อื่น ๆ (โปรดระบุ)					
6	ระยะเวลาการทำงานเฉลี่ยของท่านกี่ชั่วโมงต่อวัน	1	1	1	1	สอดคล้อง
7	ท่านสวมใส่อุปกรณ์ป้องกันอันตรายส่วนบุคคลขณะปฏิบัติหน้าที่หรือไม่	1	0	1	0.67	สอดคล้อง
	- ไม่สวม					
	- สวมหน้ากากชนิด N95					
	- สวมถุงมือ					

แบบประเมินค่าดัชนีความสอดคล้อง (IOC) ของแบบบันทึกข้อมูล

คำชี้แจง โปรดพิจารณาความสอดคล้องของประเด็นข้อคำถามเพื่อใช้ในแบบบันทึกข้อมูลการ
รับประทาน ข้อมูลผลข้างเคียง และข้อมูลการรับประทานสมุนไพรที่อาจมีผลต่อการวิจัย แต่ละข้อ
ว่ามีความถูกต้องเหมาะสมหรือไม่ เมื่อพิจารณาแล้วให้ใส่เครื่องหมาย ✓ ลงในช่องความคิดเห็น
โดยใช้เกณฑ์การพิจารณาดังนี้

+ 1 หมายถึง แน่ใจว่าคำถามหรือคำตอบวัดวัตถุประสงค์/เนื้อหาการวิจัย

0 หมายถึง ไม่แน่ใจว่าคำถามหรือคำตอบวัดวัตถุประสงค์/เนื้อหาการวิจัย

-1 หมายถึง ไม่เห็นด้วยว่าคำถามหรือคำตอบวัดวัตถุประสงค์/เนื้อหาการวิจัย

ข้อ	คำถามหรือคำตอบ	ความเห็นของผู้ทรงคุณวุฒิคนที่			ค่า IOC	สรุปความสอดคล้อง
		1	2	3		
1	แบบบันทึกการรับประทานสารสกัดกระเทียม	1	1	1	1	สอดคล้อง
2	แบบบันทึกผลข้างเคียงจากการรับประทานสารสกัดกระเทียมประกอบด้วย (ตอบได้มากกว่า 1 ข้อ)	1	1	1	1	สอดคล้อง
	- กลิ่นไม่พึงประสงค์					
	- อาการแพ้สารสกัดกระเทียม					
	- อาการเลือดออกง่าย หรือเลือดหยุดยาก					
	- อาการทางระบบทางเดินอาหาร					
	- อาการอื่น ๆ หรืออุบัติเหตุระหว่างวิจัย					
3	แบบบันทึกการรับประทานสมุนไพรอื่นที่อาจมีผลต่อการวิเคราะห์ผลการวิจัย	1	1	1	1	สอดคล้อง
	- การรับประทานผักชีจีนหรือสารสกัดผักชีจีน					
	- การรับประทานขมิ้นชันหรือสารสกัดขมิ้นชัน					
	- การรับประทานใบแปะก๊วยหรือสารสกัดใบแปะก๊วย					

ประวัติย่อของผู้วิจัย

ชื่อ-สกุล นางสาวเอี่ยมพร พูนกล้า
วัน เดือน ปี เกิด 21 พฤศจิกายน 2532
สถานที่เกิด จังหวัดสุรินทร์
สถานที่อยู่ปัจจุบัน โรงพยาบาลสมเด็จพระบรมราชเทวี ณ ศรีราชา
290 ถนนเฉลิมจอมพล ตำบลศรีราชา อำเภอศรีราชา จังหวัดชลบุรี 20110
ประวัติการศึกษา แพทยศาสตรบัณฑิต สถาบันพระบรมราชชนก มหาวิทยาลัยมหิดล

