

Thai Biological Markers (TBM)

วันที่เผยแพร่ 15 มกราคม พ.ศ. 2559 ||||| ปรับปรุงครั้งล่าสุด 15 มกราคม พ.ศ. 2561

ชื่อสารเคมี ❖ ชื่อตัวบ่งชี้ทางชีวภาพ	ชนิดของตัวอย่าง	เวลาเก็บตัวอย่าง	ค่าสูงสุดที่ยอมรับได้	หมายเหตุ
Acetone ❖ Acetone	ในปัสสาวะ	หลังเลิกกะ	25 mg/L	ไม่จำเพาะ พบในคนทั่วไป
Acetylcholinesterase inhibiting pesticides ❖ Cholinesterase activity in red blood cells	ในเลือด	ดูรายละเอียด ในตารางพิเศษที่ 1	ดูรายละเอียด ในตารางพิเศษที่ 1	ดูรายละเอียด ในตารางพิเศษที่ 1
Aluminium ❖ Aluminium	ในปัสสาวะ	เวลาใดก็ได้	60 µg/g creatinine	พบในคนทั่วไป ข้อมูลยังมีจำกัด
Arsenic, elemental and soluble inorganic compounds ❖ Inorganic arsenic plus methylated metabolites in urine	ในปัสสาวะ	หลังเลิกกะสุดท้ายของสัปดาห์	35 µg As/L	พบในคนทั่วไป
Benzene ❖ S-phenylmercapturic acid ❖ t,t-Muconic acid	ในปัสสาวะ ในปัสสาวะ	หลังเลิกกะ หลังเลิกกะ	25 µg/g creatinine 500 µg/g creatinine	พบในคนทั่วไป พบในคนทั่วไป
1,3-Butadiene ❖ 1,2 Dihydroxy-4-(N-Acetyl cysteinyl)-butane	ในปัสสาวะ	หลังเลิกกะ	2.5 mg/L	พบในคนทั่วไป
Cadmium ❖ Cadmium ❖ Cadmium	ในเลือด ในปัสสาวะ	เวลาใดก็ได้ เวลาใดก็ได้	5 µg/L 5 µg/g creatinine	พบในคนทั่วไป พบในคนทั่วไป
Carbon disulfide ❖ 2-Thiothiazolidine-4-carboxylic acid (TTCA)	ในปัสสาวะ	หลังเลิกกะ	0.5 mg/g creatinine	ไม่จำเพาะ พบในคนทั่วไป
Carbon monoxide ❖ Carboxyhemoglobin	ในเลือด	หลังเลิกกะ	3.5 % ของปริมาณ Hb	ไม่จำเพาะ พบในคนทั่วไป
Chromium (VI) ❖ Total chromium ❖ Total chromium	ในปัสสาวะ ในปัสสาวะ	ระหว่างกะ หลังเลิกกะสุดท้ายของสัปดาห์	10 µg/L 25 µg/L	- -
Cobalt ❖ Cobalt	ในปัสสาวะ	หลังเลิกกะสุดท้ายของสัปดาห์	15 µg/L	ไม่จำเพาะ

Thai Biological Marker (TBM) (ต่อหน้า 2/6)

ชื่อสารเคมี ❖ ชื่อตัวบ่งชี้ทางชีวภาพ	ชนิดของตัวอย่าง	เวลาเก็บตัวอย่าง	ค่าสูงสุดที่ยอมรับได้	หมายเหตุ
Cyclohexanol ❖ Cyclohexanol	ในปัสสาวะ	หลังเลิกกะสุดท้ายของสัปดาห์	20 mg/L	ไม่จำเพาะ ข้อมูลยังมีจำกัด
Cyclohexanone ❖ Cyclohexanol	ในปัสสาวะ	หลังเลิกกะ	8 mg/L	ไม่จำเพาะ ข้อมูลยังมีจำกัด
Ethyl benzene ❖ Mandelic acid plus phenylglyoxylic acid	ในปัสสาวะ	หลังเลิกกะ	0.15 g/g creatinine	ไม่จำเพาะ
Fluoride ❖ Fluoride	ในปัสสาวะ	ก่อนเข้ากะ	2 mg/L	ไม่จำเพาะ พบในคนทั่วไป
❖ Fluoride	ในปัสสาวะ	หลังเลิกกะ	3 mg/L	ไม่จำเพาะ พบในคนทั่วไป
n-Hexane ❖ 2,5-Hexanedione	ในปัสสาวะ	หลังเลิกกะสุดท้ายของสัปดาห์	0.4 mg/L	ไม่จำเพาะ
Isopropyl alcohol [Other name: 2-Propanol] ❖ Acetone	ในปัสสาวะ	หลังเลิกกะ	25 mg/L	ไม่จำเพาะ พบในคนทั่วไป
Lead ❖ Lead	ในเลือด	เวลาใดก็ได้	30 µg/100 ml	ไม่ใช่ในหญิงมีครรภ์
Manganese ❖ Manganese	ในเลือด	หลังเลิกกะสุดท้ายของสัปดาห์	15 µg/L	ข้อมูลยังมีจำกัด
Mercury, elemental ❖ Mercury	ในปัสสาวะ	ก่อนเข้ากะ	20 µg/g creatinine	-
Methanol ❖ Methanol	ในปัสสาวะ	หลังเลิกกะ	15 mg/L	ไม่จำเพาะ พบในคนทั่วไป
Methemoglobin inducers ❖ Methemoglobin	ในเลือด	ดูรายละเอียด ในตารางพิเศษที่ 2	ดูรายละเอียด ในตารางพิเศษที่ 2	ดูรายละเอียด ในตารางพิเศษที่ 2
Methyl n-butyl ketone ❖ 2,5-Hexanedione	ในปัสสาวะ	หลังเลิกกะสุดท้ายของสัปดาห์	0.4 mg/L	ไม่จำเพาะ

ชื่อสารเคมี ❖ ชื่อตัวบ่งชี้ทางชีวภาพ	ชนิดของตัวอย่าง	เวลาเก็บตัวอย่าง	ค่าสูงสุดที่ยอมรับได้	หมายเหตุ
Methyl chloroform [Other name: 1,1,1-Trichloroethane] ❖ Trichloroacetic acid ❖ Trichloroethanol	ในปัสสาวะ ในปัสสาวะ	หลังเลิกกะสุดท้ายของสัปดาห์ หลังเลิกกะสุดท้ายของสัปดาห์	10 mg/L 30 mg/L	ไม่จำเพาะ ข้อมูลยังมีจำกัด ไม่จำเพาะ ข้อมูลยังมีจำกัด
Methyl ethyl ketone ❖ Methyl ethyl ketone	ในปัสสาวะ	หลังเลิกกะ	2 mg/L	ไม่จำเพาะ
Methyl isobutyl ketone ❖ Methyl isobutyl ketone	ในปัสสาวะ	หลังเลิกกะ	1 mg/L	-
Methylene chloride [Other name: Dichloromethane] ❖ Methylene chloride	ในปัสสาวะ	หลังเลิกกะ	0.3 mg/L	ข้อมูลยังมีจำกัด
Nickel ❖ Nickel	ในปัสสาวะ	หลังเลิกกะสุดท้ายของสัปดาห์	30 µg/L	ข้อมูลยังมีจำกัด
Phenol ❖ Phenol	ในปัสสาวะ	หลังเลิกกะ	250 mg/g creatinine	ไม่จำเพาะ พบในคนทั่วไป
Selenium ❖ Selenium	ในเลือด	เวลาใดก็ได้	150 µg/L	ข้อมูลยังมีจำกัด
Styrene ❖ Mandelic acid plus phenylglyoxylic acid	ในปัสสาวะ	หลังเลิกกะ	400 mg/g creatinine	ไม่จำเพาะ
Toluene ❖ Toluene ❖ o-Cresol	ในปัสสาวะ ในปัสสาวะ	หลังเลิกกะ หลังเลิกกะ	0.03 mg/L 0.3 mg/g creatinine	- พบในคนทั่วไป
Trichloroethylene ❖ Trichloroacetic acid	ในปัสสาวะ	หลังเลิกกะสุดท้ายของสัปดาห์	15 mg/L	ไม่จำเพาะ
Xylene ❖ Methylhippuric acid	ในปัสสาวะ	หลังเลิกกะ	1.5 g/g creatinine	-

อธิบายคำย่อ

ไม่จำเพาะ = ตัวบ่งชี้ทางชีวภาพชนิดนี้ไม่จำเพาะกับการสัมผัสสารเคมีชนิดที่ระบุไว้เพียงชนิดเดียว สามารถตรวจพบได้ในคนทำงานที่สัมผัสสารเคมีชนิดอื่นด้วย, **พบในคนทั่วไป** = ตัวบ่งชี้ทางชีวภาพชนิดนี้สามารถตรวจพบได้ในคนทั่วไป ที่ไม่ได้ทำงานสัมผัสสารเคมีชนิดที่ระบุไว้, **ข้อมูลยังมีจำกัด** = ตัวบ่งชี้ทางชีวภาพชนิดนี้ ทำการแนะนำค่าอ้างอิงขึ้นโดยยังมีข้อมูลจากการศึกษาวิจัยที่จำกัด ควรทำการแปลผลด้วยความระมัดระวัง, **Hb** = Hemoglobin, **ไม่ใช่ในหญิงมีครรภ์** = ไม่แนะนำให้ใช้ค่าที่ระบุไว้ในการคุ้มครองสุขภาพของหญิงมีครรภ์

ตารางพิเศษที่ 1 Acetylcholinesterase inhibiting pesticides

รายละเอียดในการตรวจตัวบ่งชี้ทางชีวภาพของ Acetylcholinesterase inhibiting pesticides			
<p>Acetylcholinesterase inhibiting pesticides</p> <p>Acetylcholinesterase inhibiting pesticides คือสารกำจัดศัตรูพืช ที่มีความสามารถในการยับยั้งการทำงานของเอนไซม์ acetylcholinesterase (AChE) ซึ่งเป็นเอนไซม์ที่ทำหน้าที่เร่งการสลายของสาร acetylcholine ซึ่งเป็นสารสื่อประสาทสำคัญในร่างกาย การยับยั้งการทำงานของเอนไซม์ชนิดนี้ จะทำให้เกิดภาวะ acetylcholine คั่ง เกิดอาการผิดปกติของระบบประสาท เช่น กล้ามเนื้อเป็นอัมพาต ชัก หลอดลมตีบ และหากรุนแรงทำให้ตายได้ สารกำจัดศัตรูพืชที่สามารถยับยั้งการทำงานของ AChE แบ่งออกเป็น 2 กลุ่มใหญ่ ได้แก่ (1) สารกลุ่ม organophosphate ซึ่งจะยับยั้งการทำงานของเอนไซม์ AChE แบบไม่กลับคืน (irreversible) และ (2) สารกลุ่ม carbamate ซึ่งจะยับยั้งการทำงานของเอนไซม์ AChE แบบกลับคืนได้ (reversible)</p>			
<p>กรณีที่ใช้ตัวบ่งชี้ทางชีวภาพนี้ประเมินการสัมผัสได้</p> <ol style="list-style-type: none"> การทำงานสัมผัสสารกำจัดศัตรูพืชกลุ่ม organophosphate ซึ่งส่วนใหญ่ถูกใช้เป็นยาฆ่าแมลง (insecticide) ทั้ง 6 กลุ่มย่อย (phosphates, o-phosphorothioates, s-phosphorothioates, phosphorothioates, phosphonates, และ phosphoramidates) การทำงานสัมผัสสารกำจัดศัตรูพืชกลุ่ม carbamate ที่ใช้เป็นยาฆ่าแมลง (insecticide) และยาฆ่าหญ้า (herbicide) แต่ไม่รวมกลุ่มที่เป็นยาฆ่าเชื้อรา (fungicide) <p>สารกำจัดศัตรูพืชกลุ่ม organophosphate และ carbamate ที่เข้าข่ายใน 2 กรณีดังกล่าวข้างต้นนี้ มีสูตรและชื่อทางการค้าแตกต่างกันมากมายหลายพันชนิด ตัวอย่างชื่อสามัญของสารเคมีกลุ่ม organophosphate และ carbamate ที่เข้าข่ายใน 2 กรณีดังกล่าวข้างต้น มีดังนี้</p> <table border="0" style="width: 100%;"> <tr> <td style="vertical-align: top;"> <ul style="list-style-type: none"> ❖ Azinphos-methyl ❖ Carbofuran ❖ Chlorpyrifos ❖ Crufomate ❖ Demeton ❖ Demeton-S-methyl ❖ Diazinon ❖ 2-N-Dibutylaminoethanol ❖ Dibutyl phenyl phosphate ❖ Dichlorvos ❖ Dicrotophos ❖ Dioxathion ❖ Disulfoton ❖ Ethion ❖ Ethyl p-nitrophenyl benzenethionophosphonate (EPN) ❖ Fenamiphos ❖ Fensufothion ❖ Fenthion ❖ Fonofos </td> <td style="vertical-align: top;"> <ul style="list-style-type: none"> ❖ Malathion ❖ Methomyl ❖ Methyl demeton ❖ Methyl parathion ❖ Mevinphos ❖ Monocrotophos ❖ Naled ❖ Parathion ❖ Phorate ❖ Propoxurl ❖ Ronnel ❖ Sulfotep ❖ Sulprofos ❖ Temephos ❖ Terbufos ❖ Tetraethyl pyrophosphate (TEPP) ❖ Tributyl phosphate ❖ Trichlorphon ❖ Triorthocresyl phosphate </td> </tr> </table>		<ul style="list-style-type: none"> ❖ Azinphos-methyl ❖ Carbofuran ❖ Chlorpyrifos ❖ Crufomate ❖ Demeton ❖ Demeton-S-methyl ❖ Diazinon ❖ 2-N-Dibutylaminoethanol ❖ Dibutyl phenyl phosphate ❖ Dichlorvos ❖ Dicrotophos ❖ Dioxathion ❖ Disulfoton ❖ Ethion ❖ Ethyl p-nitrophenyl benzenethionophosphonate (EPN) ❖ Fenamiphos ❖ Fensufothion ❖ Fenthion ❖ Fonofos 	<ul style="list-style-type: none"> ❖ Malathion ❖ Methomyl ❖ Methyl demeton ❖ Methyl parathion ❖ Mevinphos ❖ Monocrotophos ❖ Naled ❖ Parathion ❖ Phorate ❖ Propoxurl ❖ Ronnel ❖ Sulfotep ❖ Sulprofos ❖ Temephos ❖ Terbufos ❖ Tetraethyl pyrophosphate (TEPP) ❖ Tributyl phosphate ❖ Trichlorphon ❖ Triorthocresyl phosphate
<ul style="list-style-type: none"> ❖ Azinphos-methyl ❖ Carbofuran ❖ Chlorpyrifos ❖ Crufomate ❖ Demeton ❖ Demeton-S-methyl ❖ Diazinon ❖ 2-N-Dibutylaminoethanol ❖ Dibutyl phenyl phosphate ❖ Dichlorvos ❖ Dicrotophos ❖ Dioxathion ❖ Disulfoton ❖ Ethion ❖ Ethyl p-nitrophenyl benzenethionophosphonate (EPN) ❖ Fenamiphos ❖ Fensufothion ❖ Fenthion ❖ Fonofos 	<ul style="list-style-type: none"> ❖ Malathion ❖ Methomyl ❖ Methyl demeton ❖ Methyl parathion ❖ Mevinphos ❖ Monocrotophos ❖ Naled ❖ Parathion ❖ Phorate ❖ Propoxurl ❖ Ronnel ❖ Sulfotep ❖ Sulprofos ❖ Temephos ❖ Terbufos ❖ Tetraethyl pyrophosphate (TEPP) ❖ Tributyl phosphate ❖ Trichlorphon ❖ Triorthocresyl phosphate 		
<p>กรณีที่ใช้ตัวบ่งชี้ทางชีวภาพนี้ประเมินการสัมผัสไม่ได้</p> <ol style="list-style-type: none"> การทำงานสัมผัสสารกำจัดศัตรู กลุ่ม carbamate ที่ใช้เป็นยาฆ่าเชื้อรา (fungicide) เช่น Benomyl เนื่องจากสารเคมีในกลุ่มนี้ ไม่มีความสามารถในการยับยั้งเอนไซม์ AChE (จึงไม่ใช่สารในกลุ่ม acetylcholinesterase inhibitor) การใช้สารเคมีในกลุ่ม acetylcholinesterase inhibitor ที่เป็นยา เช่น neostigmine, physostigmine, pyridostigmine เนื่องจากไม่ใช่การสัมผัสสารเคมีจากการทำงาน และยังมีข้อมูลเพียงพอ การสัมผัสสารกลุ่ม organophosphate ที่เป็นอาวุธเคมี กลุ่มสารพิษต่อระบบประสาท (nerve agent) เช่น Tabun, Sarin, Soman, VX เนื่องจากไม่ใช่การสัมผัสสารเคมีจากการทำงาน และยังมีข้อมูลเพียงพอ 			

ตารางพิเศษที่ 1 Acetylcholinesterase inhibiting pesticides (ต่อ)

รายละเอียดในการตรวจตัวบ่งชี้ทางชีวภาพของ Acetylcholinesterase inhibiting pesticides	
ชนิดของตัวอย่าง	
❖	เก็บตัวอย่างจากเลือดของพนักงาน
เวลาเก็บตัวอย่าง	
❖	การจะแปลผลได้นั้น จะต้องทำการตรวจหาค่าพื้นฐาน (baseline value) ของพนักงานผู้นั้นเตรียมเอาไว้เสียก่อนที่จะมีการสัมผัสกับสารเคมีกลุ่ม acetylcholinesterase inhibiting pesticides สาเหตุที่จะต้องมีการตรวจหาค่าพื้นฐานเอาไว้เปรียบเทียบกับ เนื่องจากระดับปกติของเอนไซม์ AChE ในคนแต่ละคนนั้นมีควมแตกต่างกันมาก การเปรียบเทียบจึงต้องใช้ในการเปรียบเทียบกับค่าพื้นฐานของตนเองในอดีต
❖	โดยการตรวจหาค่าพื้นฐาน (baseline value) ให้ทำดังนี้ <ol style="list-style-type: none"> 1. จะต้องทำการตรวจหาค่าพื้นฐาน “ก่อนที่พนักงานผู้นั้นจะเข้าทำงาน” คือยังไม่ได้เริ่มทำงานสัมผัสกับสารเคมีกลุ่ม acetylcholinesterase inhibiting pesticides เลย จะดีที่สุด แต่ถ้าเริ่มทำงานไปแล้ว จะต้องให้พนักงาน “หยุดการสัมผัสกับสารเคมีกลุ่ม acetylcholinesterase inhibiting pesticides ก่อนอย่างน้อยเป็นเวลา 30 วัน” จึงจะทำการตรวจหาค่าพื้นฐานได้ 2. ในการตรวจหาค่าพื้นฐาน ให้ทำการเจาะเลือดตรวจระดับเอนไซม์ AChE ในเม็ดเลือดแดง (red blood cell) เป็นจำนวน 2 ครั้ง (หรืออาจ 3 ครั้ง ถ้า 2 ครั้งแรกได้ค่าแตกต่างกันเกินไป) แต่ละครั้งที่เจาะเลือด จะต้องทำเป็นเวลาห่างกันอย่างน้อย 3 วัน และจะต้องส่งตรวจที่ห้องปฏิบัติการเดียวกัน ด้วยวิธีการตรวจอย่างเดียวกัน (ซึ่งในประเทศไทย การสำรวจล่าสุดในปี พ.ศ. 2557 โดย ยุทธนา ยานะ และคณะ* พบว่ามีห้องปฏิบัติการที่สามารถทำการตรวจนี้ได้อยู่เพียงแห่งเดียว ทำการตรวจด้วยวิธี pH-meter) นำค่าระดับ AChE ในเม็ดเลือดแดง 2 ครั้งที่ได้มาพิจารณา ถ้าค่าของทั้ง 2 ครั้ง แตกต่างกันไม่เกิน 20 % ถือว่าใช้ได้ (ค่าไม่แตกต่างกันมากเกินไป) 3. นำค่าระดับ AChE ในเม็ดเลือดแดง 2 ครั้งที่ได้มาหาค่าเฉลี่ย ค่าเฉลี่ยที่ได้คือค่าพื้นฐาน (baseline value) ของพนักงานผู้นั้น
❖	เมื่อพนักงานผู้นั้น เข้าไปทำงานสัมผัสสารเคมีกลุ่ม acetylcholinesterase inhibiting pesticides แล้ว การตรวจตัวบ่งชี้ทางชีวภาพจะทำได้โดย เจาะเลือดตรวจดูระดับ AChE ในเม็ดเลือดแดง โดยเวลาในการเจาะเลือดที่เหมาะสมในแต่ละกรณีจะแตกต่างกัน กรณีทำงานสัมผัส organophosphate เนื่องจากสารกลุ่มนี้ยับยั้งการทำงานของ AChE แบบไม่กลับคืน (irreversible) การ recovery ของระดับ AChE จึงเป็นไปอย่างช้าๆ ต้องใช้เวลาหลายวัน เวลาในการเจาะเลือดจึงไม่ต้องรีบเร่งมาก โดยทั่วไปอาจเจาะเลือดตรวจหลังคนทำงานเลิกกะก็ได้ ส่วนกรณีทำงานสัมผัส carbamate เนื่องจากสารกลุ่มนี้ยับยั้งการทำงานของ AChE แบบกลับคืนได้ (reversible) การ recovery ของระดับ AChE จึงเกิดขึ้นอย่างรวดเร็ว ภายใน 4 ชั่วโมง เวลาในการเจาะเก็บตัวอย่างเลือดจึงต้องทำทันทีหลังจากคนทำงานเลิกกะ
❖	เมื่อเจาะเก็บตัวอย่างเลือดได้แล้ว ในการขนส่งตัวอย่างไปทำการตรวจวิเคราะห์ ควรทำอย่างรวดเร็วที่สุดเท่าที่จะเป็นไปได้ ขนส่งตัวอย่างเลือดแบบแช่เย็นที่อุณหภูมิไม่เกิน 4 องศาเซลเซียส และไม่กระทบกระเทือนรุนแรง หากเป็นการตรวจระดับ AChE ในกรณีสัมผัส carbamate จะต้องเร่งด่วนเป็นพิเศษ เวลานั้นจากเก็บตัวอย่างเลือดจากคนทำงานได้ จนถึงเริ่มทำการตรวจวิเคราะห์ จะต้องไม่นานเกิน 4 ชั่วโมง ผลการตรวจที่ได้จึงจะน่าเชื่อถือ เนื่องจากระดับ AChE สามารถ recovery ได้ในหลอดเก็บตัวอย่างเลือด (in vitro) ส่วนกรณีสัมผัส organophosphate อาจรอได้นานกว่า แต่ก็ควรรีบส่งและรีบทำการตรวจวิเคราะห์ให้เร็วที่สุดเท่าที่ทำได้เช่นกัน
❖	เมื่อตรวจวิเคราะห์ได้ค่าระดับ AChE แล้วให้นำมาเปรียบเทียบกับค่าพื้นฐาน (baseline value) ของพนักงานผู้นั้น โดยคำนวณดูว่าค่าปัจจุบันที่ได้คิดเป็นกี่เปอร์เซ็นต์เมื่อเทียบกับค่าพื้นฐาน
* อ้างอิง ยุทธนา ยานะ, วิวัฒน์ เอกบูรณะวัฒน์, วิชยุตม์ ทังพงษ์. การสำรวจจำนวนและความสามารถของห้องปฏิบัติการตรวจวิเคราะห์ตัวบ่งชี้ทางชีวภาพของสารเคมีที่ใช้ในอุตสาหกรรมในประเทศไทย พ.ศ. 2557. วารสารสารานุกรมมหาวิทยาลัยบูรพา 2558:10(1):49-64.	
ค่าต่ำสุดที่ยอมรับได้	
❖	ระดับ AChE ในเม็ดเลือดแดงที่ตรวจได้ จะต้องไม่ต่ำกว่า 70 % ของค่าพื้นฐาน (baseline value) ของพนักงานผู้นั้น

ตารางพิเศษที่ 2 Methemoglobin inducers

รายละเอียดในการตรวจตัวบ่งชี้ทางชีวภาพของ Methemoglobin inducers																																	
<p>Methemoglobin inducers</p> <p>Methemoglobin คือ oxyhemoglobin (hemoglobin ธรรมดา) ที่ถูกทำปฏิกิริยา oxidation ทำให้เปลี่ยนเป็นสีฟ้า ไม่สามารถทำหน้าที่ขนส่งออกซิเจนให้กับร่างกายได้ หากมีปริมาณสูงจะเป็นอันตรายต่อร่างกาย เอนไซม์ในร่างกายที่ทำหน้าที่เปลี่ยน methemoglobin กลับมาเป็น oxyhemoglobin คือเอนไซม์ที่มีชื่อว่า methemoglobin reductase ส่วนสารเคมีที่สามารถเปลี่ยน oxyhemoglobin ให้เป็น methemoglobin ได้ นั้นเรียกว่า “methemoglobin inducer”</p>																																	
<p>รายชื่อสารเคมีที่เป็น Methemoglobin inducer ที่ใช้ตัวบ่งชี้ทางชีวภาพนี้ประเมินการสัมผัสได้</p> <table border="0"> <tr> <td>❖ Aniline</td> <td>❖ Nitrobenzene</td> </tr> <tr> <td>❖ Anisidine</td> <td>❖ o-Nitrochlorobenzene</td> </tr> <tr> <td>❖ o-Chloroaniline</td> <td>❖ p- Nitrochlorobenzene</td> </tr> <tr> <td>❖ Cyclohexylamine</td> <td>❖ Nitrogen trifluoride (Nitrogen fluoride)</td> </tr> <tr> <td>❖ Dichloroaniline</td> <td>❖ Nitronaphthalene</td> </tr> <tr> <td>❖ Dimethylaniline</td> <td>❖ 2-Nitropropane</td> </tr> <tr> <td>❖ Dinitrobenzene (DNB)</td> <td>❖ Nitrotoluene</td> </tr> <tr> <td>❖ Dinitrotoluene (DNT)</td> <td>❖ Paraquat</td> </tr> <tr> <td>❖ p-Dinitrosobenzene</td> <td>❖ n-Propyl nitrate</td> </tr> <tr> <td>❖ N-Isopropylaniline</td> <td>❖ Propylene glycol dinitrate (PGDN)</td> </tr> <tr> <td>❖ n-Methyl aniline</td> <td>❖ Tetranitromethane</td> </tr> <tr> <td>❖ 4,4'-Methylene-bis-(2-chloroaniline) (MBOCA)</td> <td>❖ o-Toluidine</td> </tr> <tr> <td>❖ β-Naphthylamine</td> <td>❖ m-Toluidine</td> </tr> <tr> <td>❖ Nitric oxide</td> <td>❖ p-Toluidine</td> </tr> <tr> <td>❖ m-Nitroaniline</td> <td>❖ 2,4,6-Trinitrotoluene (TNT)</td> </tr> <tr> <td>❖ p-Nitroaniline</td> <td>❖ Xylidine</td> </tr> </table>		❖ Aniline	❖ Nitrobenzene	❖ Anisidine	❖ o-Nitrochlorobenzene	❖ o-Chloroaniline	❖ p- Nitrochlorobenzene	❖ Cyclohexylamine	❖ Nitrogen trifluoride (Nitrogen fluoride)	❖ Dichloroaniline	❖ Nitronaphthalene	❖ Dimethylaniline	❖ 2-Nitropropane	❖ Dinitrobenzene (DNB)	❖ Nitrotoluene	❖ Dinitrotoluene (DNT)	❖ Paraquat	❖ p-Dinitrosobenzene	❖ n-Propyl nitrate	❖ N-Isopropylaniline	❖ Propylene glycol dinitrate (PGDN)	❖ n-Methyl aniline	❖ Tetranitromethane	❖ 4,4'-Methylene-bis-(2-chloroaniline) (MBOCA)	❖ o-Toluidine	❖ β-Naphthylamine	❖ m-Toluidine	❖ Nitric oxide	❖ p-Toluidine	❖ m-Nitroaniline	❖ 2,4,6-Trinitrotoluene (TNT)	❖ p-Nitroaniline	❖ Xylidine
❖ Aniline	❖ Nitrobenzene																																
❖ Anisidine	❖ o-Nitrochlorobenzene																																
❖ o-Chloroaniline	❖ p- Nitrochlorobenzene																																
❖ Cyclohexylamine	❖ Nitrogen trifluoride (Nitrogen fluoride)																																
❖ Dichloroaniline	❖ Nitronaphthalene																																
❖ Dimethylaniline	❖ 2-Nitropropane																																
❖ Dinitrobenzene (DNB)	❖ Nitrotoluene																																
❖ Dinitrotoluene (DNT)	❖ Paraquat																																
❖ p-Dinitrosobenzene	❖ n-Propyl nitrate																																
❖ N-Isopropylaniline	❖ Propylene glycol dinitrate (PGDN)																																
❖ n-Methyl aniline	❖ Tetranitromethane																																
❖ 4,4'-Methylene-bis-(2-chloroaniline) (MBOCA)	❖ o-Toluidine																																
❖ β-Naphthylamine	❖ m-Toluidine																																
❖ Nitric oxide	❖ p-Toluidine																																
❖ m-Nitroaniline	❖ 2,4,6-Trinitrotoluene (TNT)																																
❖ p-Nitroaniline	❖ Xylidine																																
<p>ชนิดของตัวอย่าง</p> <ul style="list-style-type: none"> ❖ เก็บตัวอย่างจากเลือดของคนทำงาน ใส่สารกันเลือดแข็งตัว (anti-coagulant) ได้แก่ heparin, ethylenediamine tetraacetic acid (EDTA), หรือ acid-citrate-dextrose (ACD) ชนิดใดชนิดหนึ่งใน 3 ชนิดนี้ ก่อนส่งตัวอย่างไปวิเคราะห์ 																																	
<p>เวลาเก็บตัวอย่าง</p> <ul style="list-style-type: none"> ❖ ค่าที่ตรวจได้จะนำเชื่อถือก็ต่อเมื่อการเก็บตัวอย่างทำด้วยความรวดเร็ว การเก็บตัวอย่างเลือดทิ้งไว้นาน อาจทำให้ค่าระดับ methemoglobin ที่ตรวจได้สูงขึ้นหรือต่ำกว่าความเป็นจริงก็ได้ (ขึ้นกับชนิดของ methemoglobin inducer ชนิดนั้นๆ) เวลาในการเก็บตัวอย่างที่ดีที่สุดคือระหว่างกะ (During shift) ถ้าทำไม่ได้ให้เก็บหลังเลิกกะ (End of shift) โดยเก็บทันทีหลังเลิกกะ การส่งตรวจวิเคราะห์ที่ดีที่สุดคือต้องทำ ณ สถานที่เก็บตัวอย่างนั้นเลย ถ้าไม่สามารถทำได้ จะต้องขนส่งไปทำการวิเคราะห์ให้ได้ภายใน 1 ชั่วโมงหลังจากที่เก็บตัวอย่างเลือด ค่าที่ได้จึงจะน่าเชื่อถือ 																																	
<p>ค่าสูงสุดที่ยอมรับได้</p> <ul style="list-style-type: none"> ❖ ระดับ Methemoglobin ในตัวอย่างเลือด จะต้องไม่เกิน 15 % of Hemoglobin 																																	
<p>หมายเหตุ</p> <ul style="list-style-type: none"> ❖ ตัวบ่งชี้ทางชีวภาพชนิดนี้ไม่จำเพาะ คนทำงานที่สัมผัสสารเคมีกลุ่ม methemoglobin inducer ไม่ว่าชนิดใดก็ตาม (หรือหลายชนิดร่วมกัน) สามารถพบระดับตัวบ่งชี้ทางชีวภาพชนิดนี้สูงขึ้นได้, ตัวบ่งชี้ทางชีวภาพชนิดนี้พบในคนทั่วไป ที่อาจสัมผัสสารเคมีกลุ่ม methemoglobin inducer จากสารเคมีในชีวิตประจำวัน (เช่น จากยา ปุ๋ย สารเคมีในบ้าน) หรือคนที่มีความผิดปกติทางพันธุกรรม (เช่น ภาวะ methemoglobin reductase deficiency, G6PD deficiency, pyruvate kinase deficiency) หรือจากสาเหตุหลายอย่างร่วมกันก็ได้, ข้อมูลการศึกษาวิจัยของตัวบ่งชี้ทางชีวภาพชนิดนี้ในปัจจุบันยังมีจำกัด ควรทำการแปลผลด้วยความระมัดระวัง ❖ คนทำงานที่พบค่า methemoglobin สูงกว่าค่าอ้างอิง จะต้องได้รับการพิจารณาหาสาเหตุ ทั้งการสัมผัสสาร methemoglobin จากสารเคมีในการทำงาน และจากสารเคมีในชีวิตประจำวัน (เช่น จากยา ปุ๋ย สารเคมีในบ้าน) รวมถึงอาจพิจารณาเชิงพันธุกรรม ในกรณีที่สงสัยว่าคนทำงานมีภาวะความผิดปกติของเอนไซม์ที่ทำให้มีระดับ methemoglobin สูงขึ้น (เช่น ภาวะ methemoglobin reductase deficiency, G6PD deficiency, pyruvate kinase deficiency) ด้วย 																																	