

# Thai Biological Markers (TBM)

วันที่เผยแพร่ 15 มกราคม 2559 ||||| ปรับปรุงครั้งล่าสุด 15 มกราคม 2561

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

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

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

| ชื่อสารเคมี<br>❖ ชื่อตัวบ่งชี้ทางชีวภาพ  | ชนิดของตัวอย่าง            | เวลาเก็บตัวอย่าง   | ค่าสูงสุดที่ยอมรับได้                | หมายเหตุ   |
|--|----------------------------|--|--------------------------------------|--|
| Methyl chloroform<br>[Other name: 1,1,1-Trichloroethane]<br>❖ Trichloroacetic acid<br>❖ Trichloroethanol | ในปัสสาวะ<br><br>ในปัสสาวะ | หลังเลิกกะสุดท้ายของสัปดาห์<br><br>หลังเลิกกะสุดท้ายของสัปดาห์ | 10 mg/L<br><br>30 mg/L               | ไม่จำเพาะ<br>ข้อมูลยังมีจำกัด<br><br>ไม่จำเพาะ<br>ข้อมูลยังมีจำกัด |
| Methyl ethyl ketone<br>❖ Methyl ethyl ketone   | ในปัสสาวะ                  | หลังเลิกกะ   | 2 mg/L                               | ไม่จำเพาะ  |
| Methyl isobutyl ketone<br>❖ Methyl isobutyl ketone   | ในปัสสาวะ                  | หลังเลิกกะ   | 1 mg/L                               | -  |
| Methylene chloride<br>[Other name: Dichloromethane]<br>❖ Methylene chloride                              | ในปัสสาวะ                  | หลังเลิกกะ   | 0.3 mg/L                             | ข้อมูลยังมีจำกัด   |
| Nickel<br>❖ Nickel   | ในปัสสาวะ                  | หลังเลิกกะสุดท้ายของสัปดาห์                                    | 30 µg/L                              | ข้อมูลยังมีจำกัด   |
| Phenol<br>❖ Phenol   | ในปัสสาวะ                  | หลังเลิกกะ   | 250 mg/g creatinine                  | ไม่จำเพาะ<br>พบในคนทั่วไป  |
| Selenium<br>❖ Selenium   | ในเลือด                    | เวลาใดก็ได้  | 150 µg/L                             | ข้อมูลยังมีจำกัด   |
| Styrene<br>❖ Mandelic acid plus<br>phenylglyoxylic acid  | ในปัสสาวะ                  | หลังเลิกกะ   | 400 mg/g creatinine                  | ไม่จำเพาะ  |
| Toluene<br>❖ Toluene<br>❖ o-Cresol   | ในปัสสาวะ<br><br>ในปัสสาวะ | หลังเลิกกะ<br><br>หลังเลิกกะ                                   | 0.03 mg/L<br><br>0.3 mg/g creatinine | -<br><br>พบในคนทั่วไป  |
| Trichloroethylene<br>❖ Trichloroacetic acid  | ในปัสสาวะ                  | หลังเลิกกะสุดท้ายของสัปดาห์                                    | 15 mg/L                              | ไม่จำเพาะ  |
| Xylene<br>❖ 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><b>Acetylcholinesterase inhibiting pesticides</b></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><b>กรณีที่ใช้ตัวบ่งชี้ทางชีวภาพนี้ประเมินการสัมผัสได้</b></p> <ol style="list-style-type: none"> <li>การทำงานสัมผัสสารกำจัดศัตรูพืชกลุ่ม organophosphate ซึ่งส่วนใหญ่ถูกใช้เป็นยาฆ่าแมลง (insecticide) ทั้ง 6 กลุ่มย่อย (phosphates, o-phosphorothioates, s-phosphorothioates, phosphorothioates, phosphonates, และ phosphoramidates)</li> <li>การทำงานสัมผัสสารกำจัดศัตรูพืชกลุ่ม carbamate ที่ใช้เป็นยาฆ่าแมลง (insecticide) และยาฆ่าหญ้า (herbicide) แต่<b>ไม่รวม</b>กลุ่มที่เป็นยาฆ่าเชื้อรา (fungicide)</li> </ol> <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"> <li>❖ Azinphos-methyl</li> <li>❖ Carbofuran</li> <li>❖ Chlorpyrifos</li> <li>❖ Crufomate</li> <li>❖ Demeton</li> <li>❖ Demeton-S-methyl</li> <li>❖ Diazinon</li> <li>❖ 2-N-Dibutylaminoethanol</li> <li>❖ Dibutyl phenyl phosphate</li> <li>❖ Dichlorvos</li> <li>❖ Dicrotophos</li> <li>❖ Dioxathion</li> <li>❖ Disulfoton</li> <li>❖ Ethion</li> <li>❖ Ethyl p-nitrophenyl benzenethionophosphonate (EPN)</li> <li>❖ Fenamiphos</li> <li>❖ Fensufothion</li> <li>❖ Fenthion</li> <li>❖ Fonofos</li> </ul> </td> <td style="vertical-align: top;"> <ul style="list-style-type: none"> <li>❖ Malathion</li> <li>❖ Methomyl</li> <li>❖ Methyl demeton</li> <li>❖ Methyl parathion</li> <li>❖ Mevinphos</li> <li>❖ Monocrotophos</li> <li>❖ Naled</li> <li>❖ Parathion</li> <li>❖ Phorate</li> <li>❖ Propoxurl</li> <li>❖ Ronnel</li> <li>❖ Sulfotep</li> <li>❖ Sulprofos</li> <li>❖ Temephos</li> <li>❖ Terbufos</li> <li>❖ Tetraethyl pyrophosphate (TEPP)</li> <li>❖ Tributyl phosphate</li> <li>❖ Trichlorphon</li> <li>❖ Triorthocresyl phosphate</li> </ul> </td> </tr> </table> |   | <ul style="list-style-type: none"> <li>❖ Azinphos-methyl</li> <li>❖ Carbofuran</li> <li>❖ Chlorpyrifos</li> <li>❖ Crufomate</li> <li>❖ Demeton</li> <li>❖ Demeton-S-methyl</li> <li>❖ Diazinon</li> <li>❖ 2-N-Dibutylaminoethanol</li> <li>❖ Dibutyl phenyl phosphate</li> <li>❖ Dichlorvos</li> <li>❖ Dicrotophos</li> <li>❖ Dioxathion</li> <li>❖ Disulfoton</li> <li>❖ Ethion</li> <li>❖ Ethyl p-nitrophenyl benzenethionophosphonate (EPN)</li> <li>❖ Fenamiphos</li> <li>❖ Fensufothion</li> <li>❖ Fenthion</li> <li>❖ Fonofos</li> </ul> | <ul style="list-style-type: none"> <li>❖ Malathion</li> <li>❖ Methomyl</li> <li>❖ Methyl demeton</li> <li>❖ Methyl parathion</li> <li>❖ Mevinphos</li> <li>❖ Monocrotophos</li> <li>❖ Naled</li> <li>❖ Parathion</li> <li>❖ Phorate</li> <li>❖ Propoxurl</li> <li>❖ Ronnel</li> <li>❖ Sulfotep</li> <li>❖ Sulprofos</li> <li>❖ Temephos</li> <li>❖ Terbufos</li> <li>❖ Tetraethyl pyrophosphate (TEPP)</li> <li>❖ Tributyl phosphate</li> <li>❖ Trichlorphon</li> <li>❖ Triorthocresyl phosphate</li> </ul> |
| <ul style="list-style-type: none"> <li>❖ Azinphos-methyl</li> <li>❖ Carbofuran</li> <li>❖ Chlorpyrifos</li> <li>❖ Crufomate</li> <li>❖ Demeton</li> <li>❖ Demeton-S-methyl</li> <li>❖ Diazinon</li> <li>❖ 2-N-Dibutylaminoethanol</li> <li>❖ Dibutyl phenyl phosphate</li> <li>❖ Dichlorvos</li> <li>❖ Dicrotophos</li> <li>❖ Dioxathion</li> <li>❖ Disulfoton</li> <li>❖ Ethion</li> <li>❖ Ethyl p-nitrophenyl benzenethionophosphonate (EPN)</li> <li>❖ Fenamiphos</li> <li>❖ Fensufothion</li> <li>❖ Fenthion</li> <li>❖ Fonofos</li> </ul>  | <ul style="list-style-type: none"> <li>❖ Malathion</li> <li>❖ Methomyl</li> <li>❖ Methyl demeton</li> <li>❖ Methyl parathion</li> <li>❖ Mevinphos</li> <li>❖ Monocrotophos</li> <li>❖ Naled</li> <li>❖ Parathion</li> <li>❖ Phorate</li> <li>❖ Propoxurl</li> <li>❖ Ronnel</li> <li>❖ Sulfotep</li> <li>❖ Sulprofos</li> <li>❖ Temephos</li> <li>❖ Terbufos</li> <li>❖ Tetraethyl pyrophosphate (TEPP)</li> <li>❖ Tributyl phosphate</li> <li>❖ Trichlorphon</li> <li>❖ Triorthocresyl phosphate</li> </ul> |  |   |
| <p><b>กรณีที่ใช้ตัวบ่งชี้ทางชีวภาพนี้ประเมินการสัมผัสไม่ได้</b></p> <ol style="list-style-type: none"> <li>การทำงานสัมผัสสารกำจัดศัตรู กลุ่ม carbamate ที่ใช้เป็นยาฆ่าเชื้อรา (fungicide) เช่น Benomyl เนื่องจากสารเคมีในกลุ่มนี้ ไม่มีความสามารถในการยับยั้งเอนไซม์ AChE (จึงไม่ใช่สารในกลุ่ม acetylcholinesterase inhibitor)</li> <li>การใช้สารเคมีในกลุ่ม acetylcholinesterase inhibitor ที่เป็นยา เช่น neostigmine, physostigmine, pyridostigmine เนื่องจากไม่ใช่การสัมผัสสารเคมีจากการทำงาน และยังมีข้อมูลเพียงพอ</li> <li>การสัมผัสสารกลุ่ม organophosphate ที่เป็นอาวุธเคมี กลุ่มสารพิษต่อระบบประสาท (nerve agent) เช่น Tabun, Sarin, Soman, VX เนื่องจากไม่ใช่การสัมผัสสารเคมีจากการทำงาน และยังมีข้อมูลเพียงพอ</li> </ol>  |   |  |   |

**ตารางพิเศษที่ 1** Acetylcholinesterase inhibiting pesticides (ต่อ)

| รายละเอียดในการตรวจตัวบ่งชี้ทางชีวภาพของ Acetylcholinesterase inhibiting pesticides   |  |
|---|--|
| <b>ชนิดของตัวอย่าง</b>  |  |
| ❖ เก็บตัวอย่างจากเลือดของพนักงาน  |  |
| <b>เวลาเก็บตัวอย่าง</b>   |  |
| ❖ การจะแปลผลได้นั้น จะต้องทำการตรวจหาค่าพื้นฐาน (baseline value) ของพนักงานผู้นั้นเตรียมเอาไว้เสียก่อนที่จะมีการสัมผัสกับสารเคมีกลุ่ม acetylcholinesterase inhibiting pesticides สาเหตุที่จะต้องมีการตรวจหาค่าพื้นฐานเอาไว้เปรียบเทียบกับ เนื่องจากระดับปกติของเอนไซม์ AChE ในคนแต่ละคนนั้นมีควมแตกต่างกันมาก การเปรียบเทียบจึงต้องใช้ในการเปรียบเทียบกับค่าพื้นฐานของตนเองในอดีต   |  |
| ❖ โดยการตรวจหาค่าพื้นฐาน (baseline value) ให้ทำดังนี้   |  |
| 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.  |  |
| <b>ค่าต่ำสุดที่ยอมรับได้</b>  |  |
| ❖ ระดับ AChE ในเม็ดเลือดแดงที่ตรวจได้ จะต้องไม่ต่ำกว่า 70 % ของค่าพื้นฐาน (baseline value) ของพนักงานผู้นั้น  |  |

ตารางพิเศษที่ 2 Methemoglobin inducers

| รายละเอียดในการตรวจตัวบ่งชี้ทางชีวภาพของ Methemoglobin inducers  |  |           |                |             |                        |                   |                         |                   |  |                   |                    |                   |                  |                        |                |                        |            |                      |                    |                      |                                     |                    |                     |  |               |                   |               |                |               |                  |                               |                  |            |
|--|--|-----------|----------------|-------------|------------------------|-------------------|-------------------------|-------------------|--|-------------------|--------------------|-------------------|------------------|------------------------|----------------|------------------------|------------|----------------------|--------------------|----------------------|-------------------------------------|--------------------|---------------------|--|---------------|-------------------|---------------|----------------|---------------|------------------|-------------------------------|------------------|------------|
| <p><b>Methemoglobin inducers</b></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><b>รายชื่อสารเคมีที่เป็น Methemoglobin inducer ที่ใช้ตัวบ่งชี้ทางชีวภาพนี้ประเมินการสัมผัสได้</b></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><b>ชนิดของตัวอย่าง</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>❖ เก็บตัวอย่างจากเลือดของคนทำงาน ใส่สารกันเลือดแข็งตัว (anti-coagulant) ได้แก่ heparin, ethylenediamine tetraacetic acid (EDTA), หรือ acid-citrate-dextrose (ACD) ชนิดใดชนิดหนึ่งใน 3 ชนิดนี้ ก่อนส่งตัวอย่างไปวิเคราะห์</li> </ul>   |  |           |                |             |                        |                   |                         |                   |  |                   |                    |                   |                  |                        |                |                        |            |                      |                    |                      |                                     |                    |                     |  |               |                   |               |                |               |                  |                               |                  |            |
| <p><b>เวลาเก็บตัวอย่าง</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>❖ 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</li> </ul>  |  |           |                |             |                        |                   |                         |                   |  |                   |                    |                   |                  |                        |                |                        |            |                      |                    |                      |                                     |                    |                     |  |               |                   |               |                |               |                  |                               |                  |            |
| <p><b>ค่าสูงสุดที่ยอมรับได้</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>❖ ระดับ Methemoglobin ในตัวอย่างเลือด จะต้องไม่เกิน 15 % of Hemoglobin</li> </ul>   |  |           |                |             |                        |                   |                         |                   |  |                   |                    |                   |                  |                        |                |                        |            |                      |                    |                      |                                     |                    |                     |  |               |                   |               |                |               |                  |                               |                  |            |
| <p><b>หมายเหตุ</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>❖ ตัวบ่งชี้ทางชีวภาพชนิดนี้ไม่จำเพาะ คนทำงานที่สัมผัสสารเคมีกลุ่ม methemoglobin inducer ไม่ว่าชนิดใดก็ตาม (หรือหลายชนิดรวมกัน) สามารถพบระดับตัวบ่งชี้ทางชีวภาพชนิดนี้สูงขึ้นได้, ตัวบ่งชี้ทางชีวภาพชนิดนี้พบในคนทั่วไป ที่อาจสัมผัสสารเคมีกลุ่ม methemoglobin inducer จากสารเคมีในชีวิตประจำวัน (เช่น จากยา ปุ๋ย สารเคมีในบ้าน) หรือคนที่มีความผิดปกติทางพันธุกรรม (เช่น ภาวะ methemoglobin reductase deficiency, G6PD deficiency, pyruvate kinase deficiency) หรือจากสาเหตุหลายอย่างรวมกันก็ได้, ข้อมูลการศึกษาวิจัยของตัวบ่งชี้ทางชีวภาพชนิดนี้ในปัจจุบันยังมีจำกัด ควรทำการแปลผลด้วยความระมัดระวัง</li> <li>❖ 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</li> </ul>  |  |           |                |             |                        |                   |                         |                   |  |                   |                    |                   |                  |                        |                |                        |            |                      |                    |                      |                                     |                    |                     |  |               |                   |               |                |               |                  |                               |                  |            |