

# ตอน สารหนู (Arsenic)

เรียบเรียงโดย นพ.วิวัฒน์ เอกบูรณะวัฒน์

ผู้อำนวยการศูนย์วิชาการอาชีวเวชศาสตร์ รพ.กรุงเทพระยอง และแพทย์ที่ปรึกษาด้านอาชีวอนามัย  
ความปลอดภัย และพิษวิทยา บริษัท National Healthcare Systems, Co. Ltd. (N Health)

วันที่เผยแพร่ 15 มิถุนายน 2560

**ส**ารหนู (Arsenic) เป็นธาตุกึ่งโลหะชนิดหนึ่งที่พบได้ทั่วไปในเปลือกโลก โดยเราอาจพบสารหนูในรูปแบบธาตุบริสุทธิ์ (Elemental form) หรือในรูปสารประกอบ (Arsenic compound) ทั้งสารประกอบอินทรีย์ของสารหนู (Organic arsenic compound) และสารประกอบอนินทรีย์ของสารหนู (Inorganic arsenic compound) สารหนูและสารประกอบของสารหนูส่วนใหญ่มีพิษร้ายแรง ก่อให้เกิดอาการต่อระบบร่างกายแทบทุกระบบ เช่น ระบบทางเดินอาหาร ระบบหัวใจและหลอดเลือด ระบบประสาท ระบบเลือด ระบบผิวหนัง หากได้รับสารหนูในปริมาณสูงแบบเฉียบพลันสามารถทำให้เสียชีวิตได้ นอกจากนี้สารหนูในรูปธาตุบริสุทธิ์และสารประกอบอนินทรีย์ยังเป็นสารที่มีฤทธิ์ก่อมะเร็งปอด มะเร็งกระเพาะปัสสาวะ และมะเร็งผิวหนังในมนุษย์ได้อีกด้วย [1]

หากกล่าวโดยทั่วไปแล้ว สารประกอบอนินทรีย์ของสารหนูจะมีความเป็นพิษมากกว่าสารประกอบอินทรีย์ของสารหนู แต่ก็มีข้อยกเว้นสำหรับสารประกอบอินทรีย์ของสารหนูบางชนิด เช่น สาร Lewisite ซึ่งใช้เป็นอาวุธทางเคมี แม้ว่าเป็นสารประกอบอินทรีย์ของสารหนูแต่ก็มีพิษที่ร้ายแรงเช่นกัน อะตอมของสารหนูที่อยู่ในสารประกอบต่างๆ นั้น จะพบได้อยู่สองวาเลนซี (Valencies) คือแบบไตรวาเลนต์ (Trivalent หรือ 3-Valent) ซึ่งจะเรียกสารประกอบสารหนูพวกนี้ว่าอาร์เซไนต์ (Arsenite) สัญลักษณ์คือ As (III) กับแบบเพนตาวาเลนต์ (Pentavalent หรือ 5-Valent) ซึ่งจะเรียกสารประกอบสารหนูพวกนี้ว่าอาร์เซเนต (Arsenate) สัญลักษณ์คือ As (V) [2] สารประกอบของสารหนูในรูป As (III) มักจะพิษมากกว่าในรูป As (V)

เราสามารถพบสารหนูปนเปื้อนอยู่ได้ทั่วไปในสิ่งแวดล้อม [1-3] เช่น อยู่ในชั้นหินและดิน ปนเปื้อนอยู่ในน้ำดื่ม น้ำจากบ่อบาดาล น้ำเสียจากเหมืองแร่ดีบุก [4] และเหมืองทอง [5] ในประเทศไทยเคยมีการปนเปื้อนของสารหนูในสิ่งแวดล้อมที่ อ.ร่อนพิบูลย์ จ.นครศรีธรรมราช ซึ่งเป็นพื้นที่ที่มีการทำเหมืองดีบุกมายาวนานกว่าร้อยปี ทำให้ประชาชนในพื้นที่เป็นมะเร็งผิวหนัง และเด็กมีระดับสติปัญญาต่ำ [4] สารหนูสามารถปนเปื้อนอยู่ในอาหาร เช่น ข้าว โดยเฉพาะที่ปลูกอยู่ใกล้แหล่งที่ปนเปื้อน [6] และยังพบสารหนูปนเปื้อนได้ในบุหรี่ยาสูบ [7] ยาหม้อ

ยาลูกกลอน และยาสมุนไพรโบราณที่ไม่ได้มาตรฐาน [8] การปนเปื้อนในอากาศของสารหนูสามารถเกิดขึ้นได้ หากมีการเผาไหม้ผลิตภัณฑ์ปิโตรเลียมหรือถ่านหินจากแหล่งที่มีสารหนูปนเปื้อนอยู่ สารหนูอาจถูกใช้เป็นยาพิษสำหรับฆาตกรรม ส่วนในวงการแพทย์ก็มีการนำสารหนูมาใช้เป็นยา เช่น ยา Melarsoprol ใช้ในการรักษาโรค Trypanosomiasis กับ Arsenic trioxide ใช้เป็นยาต้านมะเร็งเม็ดเลือดขาวชนิด Acute promyelocytic leukemia [9] ในวงการทหารมีการใช้เป็นอาวุธเคมี เช่น สาร Lewisite ส่วนในอุตสาหกรรมเลี้ยงสัตว์ มีการนำสารประกอบของสารหนูมาใช้ผสมในอาหารเลี้ยงสัตว์พวกหมูและไก่ เพื่อป้องกันโรคคล้ำไส้และเร่งโต [10] ในทางการเกษตร มีการใช้สารประกอบของสารหนู เช่น Cocadylic acid, Monosodium methanearsonate (MSMA), Disodium methanearsonate (DSMA) มาผสมในยาฆ่าแมลงและยาปราบศัตรูพืชบางสูตร ในอุตสาหกรรมเหมืองแร่ ถลุงแร่ หลอมแร่ หากแร่เหล่านั้นมีสารประกอบของสารหนูปนเปื้อนอยู่ด้วย คนทำงานก็มีโอกาสได้รับสัมผัสสารหนูได้ สารหนูถูกใช้ผสมกับตะกั่วในปริมาณเล็กน้อย เพื่อให้ได้โลหะอัลลอย (Alloy) ที่มีความแข็งแรง ใช้ทำแบตเตอรี่รถยนต์และกระสุน สารหนูถูกใช้ผสมกับทองแดงและดีบุก เพื่อทำโลหะผสมชื่อ Arsenical bronze ในอดีตสารประกอบของสารหนูใช้เป็นรงควัตถุสีเขียว ที่มีชื่อว่า Paris green (Emerald green) และ Scheele's green สารประกอบของสารหนูในรูปแก๊ส คือ Arsine ถูกนำมาใช้ผลิตสาร Gallium arsenide ซึ่งใช้ในอุตสาหกรรมการผลิตสารกึ่งตัวนำ (Semiconductor) สารประกอบของสารหนูชื่อ Chromated copper arsenate (CCA) นำมาใช้เป็นส่วนผสมของน้ำยารักษาเนื้อไม้ (ใช้อาบน้ำยาในท่อนซุงที่ตัดออกมา ก่อนที่จะนำไม้นั้นไปใช้ทำส่วนประกอบของอาคาร ระเบียง รั้ว สะพาน เสาไฟฟ้า เครื่องเล่นสนาม เป็นต้น) สาร CCA [CAS number: 37337-13-6] นี้ เป็นสารห้ามใช้ในประเทศสหรัฐอเมริกาตั้งแต่ปี ค.ศ. 2003 [11] แต่ยังมีอนุญาตให้ใช้ได้บ้างประเทศ ในประเทศไทยสารเคมีนี้ยังไม่อยู่ในบัญชีรายชื่อวัตถุอันตรายฉบับปี พ.ศ. 2556 [12] สารประกอบของสารหนู ยังถูกใช้ในอุตสาหกรรมการผลิตกระจกบางชนิด ใช้ในกระบวนการรักษาสภาพขนและหนังสัตว์สดาฟฟ์ (Taxidermy) ในอาหารทั่วไปนั้นสามารถมีสารหนูปนเปื้อนอยู่ได้ในระดับต่างๆ ทั้งปนเปื้อนจากในเนื้ออาหารเองอย่างกลุ่มอาหารทะเล (Seafood) หรือจากกระบวนการเตรียมอาหาร เช่น การใช้น้ำที่ปนเปื้อนสารหนูเตรียมอาหาร [7] หากกล่าวถึงในอาหารต่างๆ ไป อาหารกลุ่มอาหารทะเลจะเป็นกลุ่มที่มีสารประกอบของสารหนูปนเปื้อนอยู่มากที่สุด โดยอาจปนเปื้อนอยู่ในรูปสารประกอบอินทรีย์หรือสารประกอบอนินทรีย์ก็ได้ [3] องค์กร International Agency for Research on Cancer (IARC) ประเมินการไว้ว่า สารประกอบของสารหนูที่ปนเปื้อนอยู่ในเนื้ออาหารโดยทั่วไปนั้น จะอยู่ในรูปสารประกอบอนินทรีย์ประมาณ 25 % [1]

สำหรับการตรวจตัวบ่งชี้ทางชีวภาพ (Biomarker) ของการสัมผัสสารหนูจากการทำงาน องค์กร American Conference of Governmental Industrial Hygienists (ACGIH) กำหนดค่า Biological Exposure Indices (BEI) ฉบับปี ค.ศ. 2017 ให้ทำการตรวจตัวบ่งชี้ทางชีวภาพของการสัมผัส Arsenic, elemental and soluble inorganic compounds (excludes gallium arsenide & arsine) ด้วยการตรวจ Inorganic arsenic plus

methylated metabolites in urine เมื่อจบสัปดาห์การทำงาน (End of workweek) ค่าที่กำหนดคือไม่เกิน 35 µg As/L [13]

เนื่องจากสารหนูเป็นสารที่ไม่มีบทบาททางชีวภาพในร่างกายของมนุษย์ [14] คือจัดว่าเป็นสารแปลกปลอมในร่างกาย เราจึงสามารถนำการตรวจระดับสารหนูในร่างกายมาใช้เป็นการตรวจตัวบ่งชี้ทางชีวภาพของการทำงานสัมผัสสารหนูได้ โดยองค์กร ACGIH แนะนำให้ทำการตรวจระดับสารหนูในปัสสาวะ (Urine) แต่ไม่แนะนำให้ทำการตรวจระดับสารหนูในเลือด (Blood) สาเหตุเนื่องจากปกติแล้วสารหนูจะดูดซึมเข้าสู่ร่างกายและถูกกำจัดออกไปอย่างรวดเร็ว ทำให้ระดับสารหนูในเลือดมักจะลดลงอย่างรวดเร็วหลังจากสารหนูดูดซึมเข้าสู่ร่างกาย ค่าที่ตรวจได้จึงมักมีความแปรปรวนสูง [3] องค์กร ACGIH ไม่แนะนำให้ทำการตรวจระดับสารหนูในผม (Hair) และเล็บ (Fingernail) เพื่อการเฝ้าระวังทางด้านสุขภาพเช่นกัน [3] แม้ว่าการตรวจนี้จะถูกนำมาใช้ในระดับงานวิจัยเนื่องจากข้อมูลในปัจจุบันยังมีน้อย และมีโอกาสที่ตัวอย่างจะมีการปนเปื้อนสูง [3] เช่น การมีผงฝุ่นที่เป็นสารประกอบของสารหนูติดอยู่ที่เส้นผมที่เก็บตัวอย่าง ซึ่งหากเกิดขึ้นจะยากมากที่ผู้เก็บตัวอย่างส่งตรวจจะทราบได้ [15] นอกจากนี้ยังเคยมีการศึกษาพบว่าค่าที่ตรวจได้มักมีความแปรปรวนสูงมาก คือหากแบ่งเส้นผมเส้นเดียวกันไปส่งตรวจที่ห้องปฏิบัติการหลายๆ แห่ง ค่าที่ตรวจได้จากแต่ละแห่งอาจแตกต่างกันมากเป็น 10 เท่าได้เลยทีเดียว [16]

การตรวจระดับสารหนูในปัสสาวะจึงเป็นการตรวจที่องค์กร ACGIH แนะนำมากที่สุด โดยการตรวจระดับสารหนูในปัสสาวะนั้นก็ยังสามารถแบ่งเป็นอีก 2 แบบ แบบแรกคือการตรวจระดับสารหนูรวมในปัสสาวะ (Total arsenic in urine) การตรวจแบบนี้ เป็นการตรวจระดับสารหนูในรูปสารประกอบอินทรีย์และอนินทรีย์ทั้งหมดทุกชนิดในปัสสาวะของคนทำงาน ซึ่งเป็นการตรวจที่องค์กร ACGIH ไม่แนะนำให้ตรวจ [3] เนื่องจากมีโอกาสพบผลสูงลงได้มาก จากการตรวจพบสาร Arsenobetaine ซึ่งเป็นสารประกอบอินทรีย์ของสารหนูที่ไม่มีข้อมูลว่ามีความเป็นพิษ [1] รวมถึงสารประกอบอินทรีย์ของสารหนูกลุ่มอื่นๆ อย่าง Arsenocholine และ Arsenosugar ด้วย [3] ซึ่งสารประกอบอินทรีย์ของสารหนูเหล่านี้พบได้อยู่ในเนื้อปลา (Fish) กุ้ง ปู (Shellfish) หอย (Mollusk) สาหร่ายทะเล (Seaweed) และซูชิ (Sushi) การศึกษาขนาดใหญ่การศึกษาหนึ่งพบว่า หากกินอาหารทะเลเหล่านี้เข้าไป จะทำให้ระดับสารหนูรวมในปัสสาวะมีระดับสูงขึ้นได้แน่นอน [17] การศึกษาทบทวนข้อมูลผู้ป่วย 12 ราย ซึ่งทุกรายมีประวัติกินอาหารทะเลในช่วง 2 – 3 วันก่อนตรวจปัสสาวะ ทำให้พบระดับสารหนูรวมในปัสสาวะมีค่าสูงเฉลี่ยถึง 291 µg/L (พิสัย 44 – 907 µg/L) แต่เมื่อนำตัวอย่างปัสสาวะเดียวกันของผู้ป่วยแต่ละราย ไปตรวจหาแยกเฉพาะระดับสารหนูอนินทรีย์ ปรากฏว่าตรวจหาสารหนูอนินทรีย์ไม่พบเลย (Non-detected) ในผู้ป่วยทุกราย [18]

การตรวจหาระดับสารหนูในปัสสาวะแบบที่ 2 ก็คือการตรวจระดับสารหนูอนินทรีย์และ Methylated metabolites (Inorganic arsenic plus methylated metabolites) ซึ่งเป็นการตรวจที่องค์กร ACGIH

แนะนำให้ใช้เป็นตัวบ่งชี้ทางชีวภาพในการเฝ้าระวังสุขภาพคนทำงานสัมผัสสารหนู [3] การตรวจนี้คือการตรวจแยกดูเฉพาะระดับสารหนูในรูปสารประกอบอนินทรีย์ทั้งหมด กับสารหนูในรูปสารประกอบอินทรีย์อีก 2 ชนิด ได้แก่ Monomethylarsonic acid (MMA) และ Dimethylarsinic acid (DMA) ซึ่งเป็นสารที่เกิดขึ้นจากกระบวนการเมตาบอลิซึมสารหนูอนินทรีย์ในร่างกายของมนุษย์ การตรวจนี้มีราคาสูงกว่าการตรวจสารหนูรวมในปัสสาวะ [19] อาจหาห้องปฏิบัติการส่งตรวจได้ยาก แต่ปัจจุบันก็มีห้องปฏิบัติการที่สามารถทำการตรวจได้แล้วในประเทศไทย [19] การตรวจแบบนี้จะช่วยลดปัญหาการเกิดผลสูงลง เนื่องจากการได้รับสารประกอบอินทรีย์ของสารหนูกลุ่ม Arsenobetaine ในอาหารทะเลได้

ในกระบวนการเมตาบอลิซึมของสารประกอบอนินทรีย์ของสารหนูในร่างกายมนุษย์นั้น สารประกอบในรูป As (V) จะสามารถเปลี่ยนแปลงแบบกลับไปมาเป็นสารประกอบในรูป As (III) ได้ [3, 15] สารประกอบในรูป As (III) จะถูกเปลี่ยนแปลงด้วยปฏิกิริยา Methylation เป็นสาร MMA และจากนั้นสาร MMA จะเปลี่ยนแปลงเป็นสาร DMA เป็นลำดับสุดท้าย [3, 15] ซึ่งสารเหล่านี้ทุกชนิดจะถูกขับออกจากร่างกายให้ตรวจพบได้ในปัสสาวะ โดยจะขับออกมาในรูปสาร DMA มากที่สุด [20-21] เนื่องจากกลไกการเมตาบอลิซึมของสารประกอบอนินทรีย์ของสารหนูเป็นดังแบบที่กล่าวมา ทำให้ในการประเมินการสัมผัสสารประกอบอนินทรีย์ของสารหนูทั้งในรูป As (III) และ As (V) จึงต้องทำการตรวจวัดทั้งระดับสารประกอบอนินทรีย์ของสารหนู (Inorganic arsenic compound) บวกกับระดับสาร MMA และ DMA ด้วย จึงจะสามารถประเมินได้อย่างครบถ้วน [3, 15] สำหรับตัวสาร Methylated metabolites ของสารประกอบอนินทรีย์ของสารหนู คือสาร MMA และ DMA เองนั้น มีข้อมูลว่ามีความเป็นพิษต่อร่างกายของมนุษย์เช่นกัน และอาจจะเป็นสารก่อมะเร็งในมนุษย์ด้วย [1]

การตรวจปัสสาวะหาระดับสารหนูอนินทรีย์ (Inorganic arsenic) และ Methylated metabolites (ได้แก่ สาร MMA และ DMA) ในปัสสาวะนั้น จึงเป็นการตรวจประเมินการสัมผัสสารหนูในรูปธาตุบริสุทธิ์ (Elemental form) หรือในรูปสารประกอบอนินทรีย์ที่ละลายน้ำได้ (Soluble inorganic compound) จากการทำงานที่องค์กร ACGIH แนะนำให้ใช้ [13] อย่างไรก็ตามมีสารประกอบของสารหนู 2 ชนิดที่องค์กร ACGIH ไม่แนะนำให้ใช้การตรวจนี้เป็นตัวบ่งชี้ทางชีวภาพเพื่อประเมินการสัมผัส [13] คือสาร Gallium arsenide เนื่องจากสารนี้ละลายน้ำได้น้อยมาก [3] และแก๊ส Arsine เนื่องจากสารนี้ก่อพิษแบบเฉียบพลัน คือทำให้เม็ดเลือดแดงแตก และไม่มีรายงานชัดเจนถึงการก่อพิษแบบเรื้อรัง [2] จึงไม่มีประโยชน์ที่จะตรวจตัวบ่งชี้ทางชีวภาพเพื่อประเมินการสัมผัสเพื่อดูความผิดปกติในระยะยาว [3]

ในการเก็บปัสสาวะเพื่อตรวจ Inorganic arsenic plus methylated metabolites นั้น องค์กร ACGIH แนะนำให้ทำการเก็บหลังการทำงานในวันสุดท้ายของสัปดาห์ (End of workweek) [3] สาเหตุที่แนะนำให้ต้องเก็บปัสสาวะหลังการทำงานในวันสุดท้ายของสัปดาห์ เนื่องจากข้อมูลที่มีในปัจจุบันบ่งชี้ว่าการขับสารหนู

นอกจากร่างกายทางปัสสาวะนั้น มีการสะสมเพิ่มขึ้นในระหว่างสัปดาห์การทำงาน [22-23] การตรวจในวันสุดท้ายของสัปดาห์การทำงานจึงให้ค่าที่ถูกต้องที่สุด

สำหรับค่ามาตรฐานที่องค์กร ACGIH กำหนดไว้ที่ไม่เกิน  $35 \mu\text{g As/L}$  นั้น [3] เป็นการกำหนดโดยพิจารณาอ้างอิงมาจาก 2 เหตุผลหลัก [3] เหตุผลแรกคือมีการศึกษาวิจัยจำนวนมาก ที่แสดงถึงความสัมพันธ์ของการสัมผัสสารหนูอนินทรีย์ในการทำงาน กับปริมาณการขับสารหนูอนินทรีย์ออกจากร่างกายทางปัสสาวะ ที่พบว่าจะเป็นไปในทิศทางเดียวกัน [23-26] จึงเชื่อได้ว่าการตรวจระดับสารหนูอนินทรีย์ในปัสสาวะ จะนำมาใช้เป็นตัวบ่งชี้ทางชีวภาพเพื่อประเมินการสัมผัสสารประกอบอนินทรีย์ของสารหนูได้ เหตุผลที่ 2 มาจากงานศึกษาวิจัยขนาดใหญ่ [27] ที่วิเคราะห์ข้อมูลในคนทำงานโรงหลอมทองแดง (Copper smelter) ที่มีการทำงานสัมผัสสารหนูจำนวน 2,802 คน ซึ่งพบความสัมพันธ์แบบ Linear correlation ของระดับสารหนูอนินทรีย์ในปัสสาวะ คนทำงานกับ Standard mortality ratio (SMR) จากโรคมะเร็งปอด (Lung cancer) ซึ่งหากระดับสารหนูอนินทรีย์ในปัสสาวะมีค่าเท่ากับ  $35 \mu\text{g As/L}$  แล้ว ค่า SMR จากโรคมะเร็งปอดจะเท่ากับ 1.06 [3, 27] (ค่า SMR เท่ากับ 1.00 หมายถึง จำนวนการตายจากโรคมะเร็งปอดในคนทำงานกลุ่มที่ศึกษานั้นเท่ากับจำนวนการตายจากโรคมะเร็งปอดในคนทั่วไป) ซึ่งพออนุมานได้ว่า ถ้ากำหนดให้ระดับสารหนูอนินทรีย์ในปัสสาวะมีค่าไม่เกิน  $35 \mu\text{g As/L}$  แล้ว อัตราการตายจากโรคมะเร็งปอดในคนทำงานที่สัมผัสสารหนูอนินทรีย์จะไม่มากกว่าอัตราการตายจากโรคมะเร็งปอดในคนทั่วไป [3]

จากที่กล่าวมา แม้จะดูเหมือนว่าการตรวจ Inorganic arsenic plus methylated metabolites ในปัสสาวะ นั้นเป็นการตรวจที่ดีมาก แต่อย่างไรก็ตาม การตรวจนี้ก็ยังมีข้อจำกัดอยู่เช่นกัน คือการตรวจนี้ยังมีโอกาสพบผลสูงลงได้ เนื่องจากไม่สามารถแยกการสัมผัสสารหนูอนินทรีย์จากสิ่งแวดล้อม (Environmental exposure) ออกจากการสัมผัสสารหนูอนินทรีย์จากการทำงาน (Occupational exposure) ในการตรวจ Inorganic arsenic plus methylated metabolites เพื่อใช้เป็นตัวบ่งชี้ทางชีวภาพในคนทำงานที่สัมผัสสารหนูและสารประกอบอนินทรีย์ของสารหนูจากการทำงานนั้น จึงยังจำเป็นต้องซักประวัติการสัมผัสสารหนูจากแหล่งต่างๆ ในสิ่งแวดล้อม และประวัติการกินอาหารทะเลในช่วง 2 – 3 วันก่อนทำการเก็บปัสสาวะด้วยเช่นเดียวกับการตรวจสารหนูรวมในปัสสาวะ แหล่งต่างๆ ในสิ่งแวดล้อมที่อาจทำให้เกิดการสัมผัสสารหนูอนินทรีย์ได้ เช่น การดื่มน้ำจากแหล่งที่ปนเปื้อน [4] การกินข้าวจากแหล่งที่ปนเปื้อน [6] การสูบบุหรี่ [7] การกินยาหม้อ ยาลูกกลอน ยาสมุนไพรโบราณ [8] รวมถึงการกินอาหารทะเล [3, 15] เนื่องจากในอาหารทะเลโดยทั่วไปนั้น นอกจากจะมีสารประกอบอินทรีย์ของสารหนู เช่น Arsenobetaine อยู่แล้ว ก็ยังมีสารประกอบอนินทรีย์ของสารหนูปนเปื้อนอยู่ด้วยเช่นกัน [1, 3] ตัวอย่างของอาหารทะเลที่มีสารหนูอนินทรีย์ปนเปื้อนอยู่สูง เช่น สาหร่ายทะเลญี่ปุ่นสีน้ำตาล (Hijiki seaweed) [28-29] อีกตัวอย่างหนึ่งคือ มีการศึกษาพบว่า การกินหอยแมลงภู่ (Mussel) นั้น สามารถเพิ่มการขับสาร DMA ออกจากปัสสาวะได้ [30-31] การซักประวัติข้อมูลการสัมผัสสารหนูอนินทรีย์จากแหล่งทางสิ่งแวดล้อมที่อาจเป็นไปได้เหล่านี้ ล้วนแต่มีความสำคัญที่จะส่งผลต่อการแปลผลการตรวจทั้งสิ้น

เพื่อลดปัญหาค่าสูงลง ก่อนทำการตรวจ Inorganic arsenic plus methylated metabolites ในปัสสาวะ จึงควรแนะนำให้คนทำงานงดการสัมผัสสารหนูอนินทรีย์จากสิ่งแวดล้อมแหล่งต่างๆ เท่าที่ทำได้ อย่างน้อยเป็นเวลา 2 – 3 วัน คืองดการสูบบุหรี่, งดการกินยาหม้อ ยาลูกกลอน ยาสมุนไพรโบราณ, และงดการกินอาหารทะเลทุกชนิด เช่น ปลา กุ้ง ปู หอย สาหร่ายทะเล และซูชิ โดยในกรณีของการงดอาหารทะเลนั้น องค์กร ACGIH แนะนำว่าควรงดอย่างน้อยเป็นเวลา 2 วัน [3] ซึ่งองค์กร ACGIH เชื่อว่า หากงดการกินอาหารทะเลก่อนเก็บปัสสาวะอย่างน้อยเป็นเวลา 2 วันแล้ว จะช่วยลดปัญหาการเกิดค่าสูงลงลงได้มาก [3]

สำหรับเหตุผลที่แนะนำให้ต้องงดการสัมผัสสารหนูอนินทรีย์จากแหล่งต่างๆ อย่างน้อยเป็นเวลา 2 – 3 วันนั้น เนื่องจากกระบวนการทางพิษจลนศาสตร์ (Toxicokinetics) ของสารหนู ซึ่งเป็นสารเคมีที่ดูดซึมเข้าสู่ร่างกาย และขับออกจากร่างกายได้ในเวลาค่อนข้างรวดเร็ว พบว่าช่องทางหลักของการขับสารหนูออกจากร่างกายนั้น คือทางปัสสาวะ [3] ซึ่งโดยทั่วไปเชื่อว่าค่าครึ่งชีวิตของสารหนูที่ขับออกมาทางปัสสาวะ (Excretion half-life) จะอยู่ในช่วง 30 – 60 ชั่วโมง (คิดเป็นวันคือประมาณ 1.25 – 2.50 วัน) [3, 21] แสดงว่าการตรวจระดับสารหนูในปัสสาวะนั้น เป็นการตรวจที่บ่งบอกการสัมผัสในช่วงเวลาที่ผ่านมามีไม่นาน (Recent exposure) นั่นเอง ในการตรวจ Inorganic arsenic plus methylated metabolites เพื่อเป็นตัวบ่งชี้ทางชีวภาพของการสัมผัสสารหนูและสารประกอบอนินทรีย์ของสารหนู องค์กร ACGIH จึงแนะนำให้งดการกินอาหารทะเล ซึ่งอาจเป็นแหล่งของสารหนูอนินทรีย์ในสิ่งแวดล้อมอย่างน้อยเป็นเวลา 2 วัน (ตามค่า Excretion half-life) อย่างไรก็ตาม หากสามารถให้คนทำงานงดเป็นเวลานานขึ้นได้ เช่น 3 วัน ก็จะช่วยลดโอกาสการเกิดผลสูงลง (แต่ให้งดเป็นเวลานานอาจจะปฏิบัติจริงได้ค่อนข้างยาก) และนอกจากให้งดอาหารทะเลทุกชนิดแล้ว ควรให้งดการสูบบุหรี่ และการกินยาลูกกลอน ยาหม้อ ยาสมุนไพรโบราณด้วย

สำหรับในการรายงานผลการตรวจ Inorganic arsenic plus methylated metabolites ในปัสสาวะนั้น ห้องปฏิบัติการที่มีคุณภาพสูง จะทำการรายงานผลให้ทั้งค่ารวม คือค่า Inorganic arsenic + MMA + DMA (ซึ่งองค์กร ACGIH แนะนำว่าค่านี้ไม่ควรเกิน 35 µg As/L) นอกจากนี้แล้ว ยังต้องรายงานผลค่าแยกของสารแต่ละชนิด (Speciation) คือค่าของ Inorganic arsenic, MMA, และ DMA แยกมาด้วยว่าแต่ละชนิดมีระดับเท่าใด เพื่อประโยชน์ของผู้ส่งการตรวจในการพิจารณาแปลผล [32]

### เอกสารอ้างอิง

1. IARC (International Agency for Research on Cancer). IARC Monographs on the evaluation of carcinogenic risks to humans Vol. 100C – Arsenic, Metals, Fibres and Dusts. Lyon: IARC; 2012.

2. Olson KR, Anderson IB, Benowitz NL, Blanc PD, Clark RF, Kearney TE, et. al. Poisoning & drug overdose. 6th ed. New York: McGraw-Hill; 2012.
3. American Conference of Governmental Industrial Hygienists (ACGIH). Documentation of the threshold limit values for biological exposure indices, 7th ed. Cincinnati: ACGIH; 2013.
4. Jones H, Visoottiviset P, Bux MK, Födényi R, Kováts N, Borbély G, et. al. Case reports: arsenic pollution in Thailand, Bangladesh, and Hungary. *Rev Environ Contam Toxicol* 2008;197:163-87.
5. Houben AJ, D'Onofrio R, Kokelj SV, Blais JM. Factors affecting elevated arsenic and methyl mercury concentrations in small shield lakes surrounding gold mines near the Yellowknife, NT, (Canada) region. *PLoS One* 2016;11(4):e0150960.
6. Ma L, Wang L, Jia Y, Yang Z. Accumulation, translocation and conversion of six arsenic species in rice plants grown near a mine impacted city. *Chemosphere* 2017;183:44-52.
7. World Health Organization (WHO). Arsenic fact sheet [Internet]. 2016 [cited 2017 Jun 15]. Available from: <http://www.who.int/mediacentre/factsheets/fs372/en/>.
8. Joob B, Wiwanitkit V. Arsenic contamination in Thai Ayurveda products and cancer risk estimation. *Indian J Cancer* 2015;52(4):489.
9. Chen SJ, Zhou GB, Zhang XW, Mao JH, de Thé H, Chen Z. From an old remedy to a magic bullet: molecular mechanisms underlying the therapeutic effects of arsenic in fighting leukemia. *Blood* 2011;117(24):6425-37.
10. Makris KC, Quazi S, Punamiya P, Sarkar D, Datta R. Fate of arsenic in swine waste from concentrated animal feeding operations. *J Environ Qual* 2008;37(4):1626-33.
11. Chen AY, Olsen T. Chromated copper arsenate-treated wood: a potential source of arsenic exposure and toxicity in dermatology. *Int J Womens Dermatol* 2016;2(1):28-30.
12. ประกาศกระทรวงอุตสาหกรรม เรื่อง บัญชีรายชื่อวัตถุอันตราย พ.ศ. 2556. ราชกิจจานุเบกษา เล่ม 130 ตอนพิเศษ 125 ง. (ลงวันที่ 28 สิงหาคม 2556).
13. American Conference of Governmental Industrial Hygienists (ACGIH). TLVs and BEIs. Cincinnati: ACGIH; 2017.
14. National Center for Biotechnology Information, U.S. National Library of Medicine: Pubchem – Open chemistry database. Arsenic (Pubchem CID: 5359596) [Internet]. 2005 [cited 2017 Jun 15]; Available from: <https://pubchem.ncbi.nlm.nih.gov/compound/arsenic>.
15. Lauwerys RR, Hoet P. Industrial chemical exposure: Guidelines for biological monitoring. 3rd ed. Florida: CRC Press; 2001.

16. Seidel S, Kreuzer R, Smith D, McNeel S, Gilliss D. Assessment of commercial laboratories performing hair mineral analysis. *JAMA* 2001;285(1):67-72.
17. Navas-Acien A, Francesconi KA, Silbergeld EK, Guallar E. Seafood intake and urine concentrations of total arsenic, dimethylarsinate and arsenobetaine in the US population. *Environ Res* 2011;111(1):110-8.
18. Kales SN, Huyck KL, Goldman RH. Elevated urine arsenic: un-specified results lead to unnecessary concern and further evaluations. *J Anal Toxicol* 2006;30(2):80-5.
19. ยุทธนา ยานะ, วิวัฒน์ เอกบุรณะวิวัฒน์, วิชยุตม์ ทักพงษ์. การสำรวจจำนวนและความสามารถของห้องปฏิบัติการตรวจวิเคราะห์ตัวอย่างชีวภาพของสารเคมีที่ใช้ในอุตสาหกรรมในประเทศไทย พ.ศ. 2557. *วารสารสาธารณสุขมหาวิทยาลัยบูรพา* 2558;10(1):49-64.
20. Crecelius EA. Changes in the chemical speciation of arsenic following ingestion by man. *Environ Health Perspect* 1977;19:147-50.
21. Buchet JP, Lauwerys R, Roels H. Comparison of the urinary excretion of arsenic metabolites after a single oral dose of sodium arsenite, monomethylarsonate, or dimethylarsinate in man. *Int Arch Occup Environ Health* 1981;48(1):71-9.
22. Buchet JP, Lauwerys R, Roels H. Urinary excretion of inorganic arsenic and its metabolites after repeated ingestion of sodium metaarsenite by volunteers. *Int Arch Occup Environ Health* 1981;48(2):111-8.
23. Vahter M, Friberg L, Rahnster B, Nygren A, Nolinder P. Airborne arsenic and urinary excretion of metabolites of inorganic arsenic among smelter workers. *Int Arch Occup Environ Health* 1986;57(2):79-91.
24. Smith TJ, Crecelius EA, Reading JC. Airborne arsenic exposure and excretion of methylated arsenic compounds. *Environ Health Perspect* 1977;19:89-93.
25. Yager JW, Hicks JB, Fabianova E. Airborne arsenic and urinary excretion of arsenic metabolites during boiler cleaning operations in a Slovak coal-fired power plant. *Environ Health Perspect* 1997;105(8):836-42.
26. Jakubowski M, Trzcinka-Ochocka M, Raźniewska G, Matczak W. Biological monitoring of occupational exposure to arsenic by determining urinary content of inorganic arsenic and its methylated metabolites. *Int Arch Occup Environ Health* 1998;71 Suppl:S29-32.
27. Enterline PE, Henderson VL, Marsh GM. Exposure to arsenic and respiratory cancer: A reanalysis. *Am J Epidemiol* 1987;125(6):929-38.



28. Rose M, Lewis J, Langford N, Baxter M, Origi S, Barber M, et. al. Arsenic in seaweed--forms, concentration and dietary exposure. *Food Chem Toxicol* 2007;45(7):1263-7.
29. Almela C, Clemente MJ, Vélez D, Montoro R. Total arsenic, inorganic arsenic, lead and cadmium contents in edible seaweed sold in Spain. *Food Chem Toxicol* 2006;44(11):1901-8.
30. Buchet JP, Pauwels J, Lauwerys R. Assessment of exposure to inorganic arsenic following ingestion of marine organisms by volunteers. *Environ Res* 1994;66(1):44-51.
31. Buchet JP, Lison D, Ruggeri M, Foa V, Elia G. Assessment of exposure to inorganic arsenic, a human carcinogen, due to the consumption of seafood. *Arch Toxicol* 1996;70(11):773-8.
32. Goldman RH. UpToDate - Arsenic exposure and poisoning [Online database]. 2016 [cited 2017 Jun 15]. Available from: [https://www.uptodate.com/contents/arsenic-exposure-and-poisoning?source=search\\_result&search=arsenic%20exposure%20and%20poisoning&selectedTitle=1~150](https://www.uptodate.com/contents/arsenic-exposure-and-poisoning?source=search_result&search=arsenic%20exposure%20and%20poisoning&selectedTitle=1~150).