

# สารหนู

## 1 ใน 10 กลุ่มสารเคมีในความเป็นห่วงกังวล ขององค์การอนามัยโลก

ธีรพล คังคะเกตุ \*

เมื่อมนุษย์มีความเจริญทางด้านวิทยาการมากขึ้น ก็เริ่มมีการนำทรัพยากรธรรมชาติที่อาจกล่าวได้ว่าเป็นทรัพยากรในดินสิ้นในน้ำมาใช้มากขึ้น แร่ธาตุและโลหะได้ถูกค้นพบและนำมาใช้ประโยชน์ในการดำเนินชีวิตอย่างกว้างขวางตลอดมา ต่อมาได้มีการนำเชื้อเพลิงฟอสซิล (ถ่านหิน น้ำมัน และก๊าซธรรมชาติ เป็นต้น) มาใช้ประโยชน์ และนำไปสู่อุตสาหกรรมปิโตรเลียมในที่สุด ซึ่งทำให้มนุษย์นอกจากใช้ประโยชน์ด้านพลังงานจากเชื้อเพลิงฟอสซิลแล้ว ยังได้มีการสังเคราะห์วัสดุต่าง ๆ และนำมาใช้ประโยชน์อย่างกว้างขวาง ดังเช่น ในช่วงเวลาไม่กี่สิบปีมานี้จนถึงปัจจุบันพลาสติกประเภทต่าง ๆ ซึ่งได้ถูกนำมาประดิษฐ์เป็นสิ่งของต่าง ๆ มากมายที่เกี่ยวข้องกับการดำเนินชีวิตของมนุษย์ ในหลากหลายรูปแบบ มนุษย์คาดหวังว่าความเจริญทางด้านวิทยาการสามารถนำความสุขสมบูรณ์มาสู่สังคมมนุษย์ แต่ในที่สุดความก้าวหน้าทางวิทยาการก็เปรียบเสมือนดาบสองคม ซึ่งในอีกด้านหนึ่งก็ก่อให้เกิดปัญหาสิ่งแวดล้อมในด้านต่าง ๆ ในทุกมิติ ทั้งในน้ำ บนบก ในอากาศ ทั้งในแง่ของมลพิษต่าง ๆ ตลอดจนปัญหาการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ

\* นักวิจัย สถาบันวิจัยสภาวะแวดล้อม จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ปัญหาสารพิษในสิ่งแวดล้อมในระยะแรก ๆ ก็เป็นปัญหาเกี่ยวกับโลหะเป็นพิษในสิ่งแวดล้อมที่เกิดจากอุตสาหกรรม ที่รู้จักกันดีโดยทั่วไป ดังเช่นปรอทและตะกั่ว เป็นต้น และต่อมาก็เป็นปัญหาสารพิษที่เป็นสารสังเคราะห์ เช่น สาร (ยา)ปราบศัตรูพืช เป็นต้น แม้เวลาผ่านไปหลายสิบปีนับจากเวลาที่โลหะเป็นพิษต่าง ๆ สร้างปัญหาสิ่งแวดล้อมซึ่งเกี่ยวเนื่องไปถึงปัญหาด้านสุขภาพของสาธารณชนในที่สุดก็ตาม แต่ความเป็นพิษของโลหะหลายชนิดก็ยังคงเป็นปัญหาที่ต้องเฝ้าระวังอยู่จนถึงปัจจุบัน องค์การอนามัยโลก (WHO : World Health Organization) ได้จัดสารเคมีและกลุ่มสารเคมี 10 ประเภทที่อยู่ในความเป็นห่วงกังวลมากที่สุดต่อสุขภาพของสาธารณชน ซึ่ง**สารหนู** (Arsenic : As) ได้ถูกจัดให้เป็นหนึ่งในสิบของกลุ่มสารเคมีดังกล่าว

### สารหนู : ยารักษาโรคหรือยาพิษ

มนุษย์กับสารหนูมีประวัติศาสตร์มายาวนานนับพันปี มีการกล่าวถึงว่าสารหนูได้ถูกนำมาใช้เป็นยารักษาโรคนานกว่า 2,000 ปีแล้ว ซึ่งฟังดูแล้วค้านกับชื่อ เพราะเมื่อพูดว่า ‘สารหนู’ โดยทั่วไปก็เข้าใจว่าเป็น ‘ยาพิษ’ ในช่วงปลายยุคโรมันสืบต่อมาถึงช่วงยุคกลางสารหนูได้ถูกนำมาใช้เป็นยาพิษทั้งเพื่อการฆ่าตัวตายและการฆาตกรรมโดยการวางยาในอาหารหรือเครื่องดื่ม ในช่วงเวลานั้นสารหนูได้รับการขนานนามว่าเป็น “King of Poisons” โดยเฉพาะอย่างยิ่งการวางยา (สารหนู) ในหมู่ชนชั้นปกครองและคนชั้นสูงซึ่งเกี่ยวข้องกับการแสวงหาอำนาจทางการเมืองและการปกครองสาเหตุที่สารหนูได้รับความนิยมและมีชื่อเสียงมากในสมัยนั้นด้วยเหตุผลหลายประการ อาทิ ‘หาได้ง่าย’ เนื่องจากสารหนุมีอยู่โดยทั่วไปตามธรรมชาติ ‘ไม่มีกลิ่นและรส’ เมื่อใส่ลงในอาหารหรือเครื่องดื่มก็ไม่ทำให้เกิดสังเกต ที่สำคัญอีกประการคือ ‘อาการพิษเฉียบพลัน’ (acute arsenic poisoning) ของสารหนู มีอาการคล้าย ๆ กับอาการโรคทั่วไป ในสมัยนั้น เช่น อาเจียน ท้องร่วง และปวดท้อง เป็นต้น ซึ่งไม่ได้ต่างจากอาการที่เกิดจากเชื้ออหิวาต์ เป็นต้น อีกประการคือ ยังไม่มีการพัฒนาวิธีการวิเคราะห์หรือตรวจสอบหาสารหนูในเนื้อเยื่อ หรือใน media อื่น ๆ<sup>(1)</sup>

ในปี ค.ศ. 1832 (พ.ศ. 2375) Jame Marsh ได้ตัดสินใจศึกษาวิธีตรวจวิเคราะห์สารหนู และต่อมาในปี ค.ศ. 1840 (พ.ศ. 2383) วิธีการตรวจวิเคราะห์ของเขา (Marsh’s Test) ได้ถูกนำมาใช้เป็นครั้งแรกในการไต่สวนความผิดของ Marie La Farge ในข้อหาฆาตกรรมสามีโดยการวางยาพิษ (สารหนู) ในขนมเค้ก หลังจากนั้นเป็นต้นมาการใช้สารหนูก็เสื่อมคลายนิยมลงจนถึงปัจจุบัน เนื่องจากสามารถถูกตรวจสอบได้ทางวิทยาศาสตร์ อย่างไรก็ตามจนถึงยุคปัจจุบัน ก็ยังมีการวางยาพิษโดยใช้สารหนู เช่น กรณีที่เป็นข่าวการวางยาพิษ (สารหนู) ในกาแฟในการประชุมของโบสถ์แห่งหนึ่งในรัฐ Maine ในปี 2003 (พ.ศ. 2546)<sup>(1)</sup>

William Withering (ค.ศ. 1741–1799 หรือ พ.ศ. 2284–2342) นายแพทย์ผู้มีชื่อเสียงชาวอังกฤษผู้ค้นพบการรักษารักษาโรคโดยใช้ digitalis (*Digitalis purpurea* หรือ foxglove เป็นพืชชนิดหนึ่ง) เป็นผู้สนับสนุนอย่างแข็งขันในการใช้สารหนูในการรักษาหรือบำบัดโรค โดยเขาได้อภิปรายไว้ว่า ‘ยาพิษในปริมาณน้อยเป็นยารักษา แต่ยาดีในปริมาณมากก็กลายเป็นยาพิษได้’<sup>(2)</sup> อันที่จริงแล้ว ความคิดในการใช้สารหนูเป็นยาสามารถย้อนกลับไปในสมัยของ Hippocrates ผู้ได้รับขนานนามว่าเป็น ‘บิดาแห่งยา’ ซึ่งมีความคิดในการใช้สารหนูเพื่อรักษาแผลเปื่อยและฝี นอกจากนี้ก็มีรายงานว่า Aristotle และ Paracelsus ใช้สารหนูเป็นยาด้วยเช่นกัน<sup>(1)</sup>

ในปี ค.ศ. 1786 (พ.ศ. 2329) สารละลาย Fowler (Fowler’s solution-สารละลาย 1% ของ potassium arsenite,  $KAsO_2$ ) ได้ถูกนำมาใช้รักษาโรคต่าง ๆ เช่น มาเลเรีย อหิวาต์ โรคเรื้อนกวาง โรคสะเก็ดเงิน เป็นต้น ต่อมาในปี ค.ศ. 1910 (พ.ศ. 2453) Paul Ehrlich (นายแพทย์และนักวิทยาศาสตร์ชาวเยอรมันซึ่งได้รับรางวัลโนเบลร่วมกับนักชีววิทยาชาวรัสเซีย, Elie Metchnikoff. ในปีค.ศ. 1908 (พ.ศ. 2451)) ได้สังเคราะห์ยา ‘salvarson’ ซึ่งเป็นสารหนูอินทรีย์เพื่อใช้ในการรักษาโรคซิฟิลิสได้สำเร็จ ยาที่ได้ถูกพัฒนาและใช้อย่างต่อเนื่อง จนถึงทศวรรษ 1940 จึงถูกแทนที่ด้วยยาปฏิชีวนะ Penicillin<sup>(1)</sup>

นอกจากนี้แล้ว สารหนูยังมีประวัติของการนำมาใช้เพื่อรักษามะเร็ง โดยปรากฏอยู่ในตำราทางเภสัชวิทยาตั้งแต่ ศตวรรษ 1880 ซึ่งได้อธิบายถึงการใช้สารประกอบของสารหนูในการรักษามะเร็งผิวหนังและมะเร็งทรวงอก ในปี ค.ศ. 1878 (พ.ศ. 2421) พบว่า Fowler's solution มีผลต่อการลดลงของเม็ดเลือดขาวจากโรงพยาบาลบอสตัน (Boston City Hospital) ทั้งในคนปกติและในคนไข้โรคมะเร็งเม็ดโลหิตขาว (leukemia) ด้วยเหตุนี้ สารหนู ( $As_2O_3$ ) ถึงถูกใช้เป็นยารักษาโรคมะเร็งเม็ดโลหิตขาวในเวลาต่อมา และท้ายที่สุดก็ถูกแทนที่ด้วยการรักษาแบบฉายรังสีแทน ซึ่งเหตุผลหนึ่งก็คือ ความเป็นพิษของสารหนู อย่างไรก็ตามในช่วงทศวรรษ 1930 การใช้สารหนูในการรักษาได้กลับมารับความนิยมขึ้นมาอีกครั้ง เมื่อมีรายงานเกี่ยวกับประสิทธิภาพในการรักษาโรคมะเร็งเม็ดโลหิตขาว CML (chronic myelogenous leukemia) โดยการใช้  $As_2O_3$  หลังการฉายรังสี ซึ่งต่อมาภายหลังการใช้  $As_2O_3$  ก็ถูกแทนที่โดยการรักษาแบบเคมีบำบัดสมัยใหม่ <sup>(1) (2)</sup>

ในระยะไม่นานมานี้มีรายงานจากประเทศจีนถึงประสิทธิภาพของการรักษาผู้ป่วยโรคมะเร็งเม็ดโลหิตขาว AML (acute myelogenous leukemia) ที่มีอาการทรุดลงโดยใช้  $As_2O_3$  ซึ่งต่อมาก็ได้รับการยืนยันจากผลการศึกษาในสหรัฐอเมริกา ด้วยเหตุนี้ในปี ค.ศ. 2000 (พ.ศ. 2543) องค์การอาหารและยาแห่งสหรัฐอเมริกา (USFDA) จึงได้อนุญาตให้ใช้  $As_2O_3$  (Trisenox™) ในการรักษา/บำบัด AML ในผู้ป่วยที่มีอาการทรุดลง<sup>(2)</sup>

### มนุษย์กับการใช้สารหนู

สารหนูนอกจากมีบทบาททางยา (ยารักษาและยาพิษ) ต่อมนุษย์แล้ว ยังมีการนำสารหนูมาใช้ประโยชน์ในด้านต่าง ๆ อาทิ

**Paris Green** หรือ copper aceto arsenite ได้ถูกนำมาใช้เป็นเม็ดสี ในผลิตภัณฑ์ต่าง ๆ เช่น ของเล่นเด็ก เทียนไข ผ้า และ กระดาษบุผนังหรือ wallpaper เป็นต้น ต่อมาในช่วงทศวรรษ 1800 ได้ถูกตั้งข้อสงสัยว่าเป็นแหล่งสำคัญของสารพิษจากสารหนูโดยไม่ตั้งใจ การใช้เม็ดสีในผลิตภัณฑ์ต่าง ๆ ดังกล่าวโดยเฉพาะใน กระดาษบุผนัง มีความเชื่อมโยงกับความเจ็บป่วยและการตายที่เกิดขึ้นอย่างกว้างขวางในช่วงเวลานั้น ทั้งนี้ในปี ค.ศ. 1839 (พ.ศ. 2382) ได้มีรายงานถึงความกังวลต่อการใช้สีที่มีสารหนูเป็นองค์ประกอบ และต่อมาจึงได้มีการระงับการใช้เม็ดสีที่มีสารหนูเป็นองค์ประกอบในผลิตภัณฑ์ อย่างไรก็ตาม แม้จะตระหนักถึงความเป็นพิษของสารหนูดังกล่าว Paris Green ก็ได้นำมาใช้เป็นยาฆ่าแมลงในระหว่างปี ค.ศ. 1867-1900 (พ.ศ. 2410-2443) เนื่องจากได้ผลดีในการควบคุมแมลงปีกแข็ง (ในกรณีนี้คือ Colorado potato beetle) และยุง<sup>(1)</sup>

**Lead arsenate** ( $PbHAsO_4$ ) เป็นยาปราบศัตรูพืชที่ถูกนำมาใช้อย่างกว้างขวาง โดยเฉพาะในสวนผลไม้ที่ปลูกแอปเปิ้ลและเชอร์รี่ในช่วงต้นศตวรรษ 1900 เนื่องจากได้ผลดีในการใช้และมีความเป็นพิษต่อพืชน้อยกว่า Paris Green ต่อมาเมื่อพบว่าการใช้ lead arsenate มีความเชื่อมโยงกับสุขภาพของคอนกรีตในสวน และมีความกังวลเพิ่มมากขึ้นต่อ ปัญหาสุขภาพของประชาชนจากการตกค้างในผลไม้ จึงได้ถูกยกเลิกในปี ค.ศ. 1960 (พ.ศ. 2503) แต่ในประเทศสหรัฐอเมริกา lead arsenate ได้ถูกยกเลิกอย่างเป็นทางการในปี ค.ศ.1988 (พ.ศ. 2531)<sup>(1)</sup> นอกจาก lead arsenate แล้วก็ยังมีโลหะของเกลืออาร์ซีนอื่น ๆ ที่ถูกนำมาใช้เป็นยาปราบศัตรูพืช เช่น calcium arsenate ( $CaAsO_4$ ), Magnesium arsenate ( $MgAsO_4$ ), zinc arsenate ( $ZnAsO_4$ ) และ zinc arsenite [ $Zn(AsO_2)_2$ ] เป็นต้น<sup>(3)</sup>

**CCA** (Chromated copper arsenate) ถูกนำมาใช้เป็นยารักษาเนื้อไม้จากแมลงและจุลินทรีย์ ต่อมา EPA ห้ามใช้ CCA ในการรักษาเนื้อไม้เพื่อการอยู่อาศัยโดยมีผลตั้งแต่วันที่ 31 ธันวาคม 2003 (พ.ศ. 2546)<sup>(4)</sup>

**สารหนูอินทรีย์** ในช่วงทศวรรษ 1950 ได้มีการนำสารหนูอินทรีย์มาใช้เป็นยาปราบศัตรูพืช และยังใช้อย่างต่อเนื่องจนถึงปัจจุบัน สารหนูอินทรีย์ ( $As^+$ ) มีความเป็นพิษน้อยกว่าสารหนูอนินทรีย์ สารหนูอินทรีย์ปราบศัตรูพืชตัวสำคัญ

ประกอบด้วย MSMA (monosodium methanearsonate,  $\text{CH}_3\text{AsNaO}_3$ ) และ DMA (dimethylarsinic acid หรือ cacodylic acid,  $\text{CH}_3)_2\text{AsO}_2\text{H}$ ) เป็นต้น ต่อมาในปี ค.ศ. 2013 (พ.ศ. 2556) USEPA ได้สั่งระงับการใช้ MSMA สำหรับสนามกอล์ฟ การปลูกหญ้า (เพื่อขาย) และบริเวณไหล่ทางหรือเขตทาง แต่ยังคงให้ใช้ได้กับการปลูกฝ้าย แต่อย่างไรก็ตาม EPA ก็มีแนวคิดที่จะทำการประเมินการใช้ MSMA ต่อไป<sup>(1)</sup>

**Lewisite** ช่วงสงครามโลกครั้งที่สอง ในปี ค.ศ. 1940 (พ.ศ. 2483) เยอรมันได้สังเคราะห์ก๊าซพิษที่มีสารหนูเป็นองค์ประกอบ และให้ชื่อรหัสว่า “Lewisite” ก๊าซนี้เมื่อสัมผัสกับผิวหนังก็จะทำให้เกิดการพุพองขึ้น จากการทำปฏิกิริยาระหว่างสารหนูกับกำมะถัน (sulfur) ที่เป็นองค์ประกอบของ keratin (โปรตีนที่มีลักษณะเป็นเส้นใยชนิดหนึ่งและเป็นองค์ประกอบโครงสร้างสำคัญของผิวหนังชั้นนอก ผมและเล็บ) ต่อมา อังกฤษได้ค้นคว้าหายาด้านพิษซึ่งเป็นสารอินทรีย์ที่มีกำมะถันเป็นองค์ประกอบ และได้รับชื่อว่า “BAL” หรือ British Anti-Lewisite เนื่องจาก BAL มีความเป็นพิษน้อยดังนั้นหลังสงครามโลกจึงได้ถูกนำมาศึกษาต่อเพิ่มเติมเกี่ยวกับการแก้พิษของสารหนูที่ได้รับเข้าไปภายในร่างกาย และพบว่า BAL สามารถจับกับสารหนู (ที่มีอยู่ภายในร่างกาย) ได้อย่างเหนียวแน่น และถูกขับออกจากร่างกายโดยเร็วทางปัสสาวะ BAL จึงนับได้ว่าเป็นสารเคมีตัวแรกที่ถูกพัฒนาเป็น Chelating Agent เพื่อใช้ในการบำบัดรักษา นอกจากนี้ BAL ยังสามารถใช้บำบัดพิษของปรอท ทอง และตะกั่วอีกด้วย และต่อมาได้รับชื่อสามัญว่า dimercaprol<sup>(5)</sup>

### มนุษย์กับการแพร่กระจายของสารหนู<sup>(1)(6)(7)(8) (9)</sup>

สารประกอบสารหนูที่ถูกนำมาใช้ดังตัวอย่างที่กล่าวถึงข้างต้นเป็นสาเหตุหนึ่งของการแพร่กระจายของสารหนูเข้าสู่สิ่งแวดล้อมและการปนเปื้อนดังกล่าวนี้ในน้ำ ดิน และอากาศ ได้นำไปสู่ปัญหาสุขภาพของประชาชนในบริเวณหรือพื้นที่ที่ได้รับการปนเปื้อน เริ่มตั้งแต่โรงงานผลิตจนถึงการนำมาใช้ เช่น การปล่อยน้ำเสีย การทิ้งกากของเสียลงดิน เป็นต้น นอกจากนี้ สารประกอบสารหนูดังเช่น lead arsenate มีความคงสภาพในสิ่งแวดล้อมสูง ดังนั้นจึงตกค้างอยู่ในสภาพแวดล้อมได้นาน และก่อให้เกิดปัญหาสุขภาพต่อประชาชนอย่างต่อเนื่อง ตัวอย่างเช่นประเทศสหรัฐอเมริกา ถึงแม้ว่าได้ยกเลิกการใช้ lead arsenate มากกว่า 50 ปีแล้วก็ตาม ปรากฏว่าพื้นที่นับล้านเอเคอร์ยังมีการปนเปื้อนของ lead arsenate อยู่ เช่น พื้นที่บางส่วนของรัฐนิวเจอร์ซีย์ รัฐอิลลินอยส์ และรัฐวิสคอนซิน ซึ่งพื้นที่ดังกล่าวมีประวัติผ่านการทำสวนมาก่อน

กิจกรรมของมนุษย์ที่ก่อให้เกิดการแพร่กระจายและการปนเปื้อนของสารหนูในสิ่งแวดล้อมเกิดจากกิจกรรมที่เข้าไปยุ่งเกี่ยวกับสารหนูโดยตรงและโดยอ้อม การนำสารหนูมาใช้ประโยชน์ดังกล่าวข้างต้น ถือเป็นกิจกรรมโดยตรงซึ่งเริ่มจากการผลิตและการนำมาใช้ของสารประกอบต่าง ๆ ที่มีสารหนูเป็นองค์ประกอบ นอกเหนือจากการนำสารประกอบสารหนูมาใช้ประโยชน์ด้านเม็ดสีและสาร (ยา)ปราบศัตรูพืชแล้ว กิจกรรมทางอ้อมอื่น ๆ ที่ก่อให้เกิดการแพร่กระจายของสารหนูเข้าสู่สิ่งแวดล้อม ประกอบด้วย

- อุตสาหกรรมและการผลิต ได้แก่ ทรานซิสเตอร์ เลเซอร์ วัสดุกึ่งตัวนำ แก้ว เส้นใย และกระดาษ เป็นต้น
- การถลุงโลหะ เช่น ทองแดง และตะกั่ว เป็นต้น
- การทำเหมือง เช่น ทองคำ ทองแดง ดีบุก เป็นต้น
- การเผาไหม้เชื้อเพลิงฟอสซิล โดยเฉพาะอย่างยิ่ง ถ่านหิน

### สารหนู : ความเป็นพิษ

ความเป็นพิษของสารหนูขึ้นกับ valence state หรือ oxidation state ของสารหนู ในสารประกอบนั้น ๆ โดยลำดับความเป็นพิษจากมากไปน้อย เริ่มจาก valence state  $-3$  (เช่น arsine,  $\text{AsH}_3$ )  $+3$  (เช่น arsenite,  $\text{AsO}_3^{-3}$ ) และ  $+5$  (เช่น arsenate,  $\text{AsO}_4^{-3}$ ) รวมทั้งยังขึ้นอยู่กับองค์ประกอบของสารหนูว่าเป็นสารอนินทรีย์หรือสารอินทรีย์ ทั้งนี้สารหนูอนินทรีย์มีความเป็นพิษมากกว่าสารหนูอินทรีย์ ยกตัวอย่างเช่น lethal dose ของ  $\text{As}_2\text{O}_3$  อยู่ที่ 1.5 mg/kg (น้ำหนักร่างกาย) ในขณะที่ lethal dose ของ DMA อยู่ที่ 50 mg/kg (น้ำหนักร่างกาย) ส่วนสารหนูที่เป็น

ธาตุ (elemental arsenic) กล่าวได้ว่ามีอันตรายน้อยมาก เนื่องจากละลายน้ำได้ยาก จึงมีอัตราการดูดซึมเข้าสู่ร่างกายต่ำ และส่วนใหญ่ถูกกำจัดออกจากร่างกายในรูปเดิม<sup>(7)</sup> (ไม่มีการเปลี่ยนรูปเนื่องจากไม่มีการทำปฏิกิริยาชีวเคมีภายในร่างกาย)

ในอาหารมักพบสารหนูอินทรีย์หลายชนิดซึ่งโดยทั่วไปถือว่ามีพิษต่ำ สารหนูอินทรีย์ที่พบเป็นประจำในอาหาร (ขึ้นอยู่กับประเภทอาหาร) ได้แก่ MMA (Monomethylarsenate) DMA (Dimethylarsenate) arsenobetaine และ arsenocholine เป็นต้น DMA มักพบในปลา ปู และหอย แต่พบในระดับต่ำมาก ส่วน arsenobetaine เป็นรูปแบบของสารหนูที่พบในสัตว์ทะเล สำหรับ arsenocholine พบส่วนใหญ่ในกุ้ง แต่ทั้ง arsenobetaine และ arsenocholine จัดว่าไม่มีพิษต่อการบริโภคของมนุษย์<sup>(1)</sup>

สำหรับสารหนูที่มีความเป็นพิษต่อร่างกาย คือ สารหนูอนินทรีย์ทั้งที่เป็น  $As^{+3}$  และ  $As^{+5}$  การได้รับสารหนูในปริมาณสูงทำให้เกิดอาการพิษเฉียบพลันจนถึงตายได้ ดังนั้น สารหนูจึงถูกนำมาใช้เป็นยาพิษสำหรับการฆ่าตัวตายและการฆาตกรรม พิษเฉียบพลันก่อให้เกิดอาการคลื่นไส้ อาเจียน ท้องร่วง ปวดท้อง การชาหรือหมดความรู้สึกที่มือเท้า การเกร็งของกล้ามเนื้อ และตายในที่สุด สารหนูตามธรรมชาติที่ก่อปัญหาสุขภาพต่อมนุษย์มักพบในน้ำบาดาลซึ่งส่วนใหญ่พบในรูป  $As^{+5}$  ยกเว้นกรณีที่แหล่งน้ำบาดาลนั้นอยู่ในภาวะไร้ออกซิเจน (Anoxic) ก็จะพบสารหนูที่เป็น  $As^{+3}$

การได้รับสารหนูในระดับต่ำต่อเนื่องเป็นระยะเวลายาวนาน เป็นผลทำให้ผู้ได้รับสารหนูในลักษณะนี้ เกิดอาการพิษสารหนูแบบเรื้อรัง หรือ Arsenicosis (chronic arsenic poisonings) ซึ่งโดยมากจะแสดงอาการเริ่มต้นที่เห็นได้อย่างชัดเจนที่ผิวหนัง ซึ่งประกอบด้วยการเปลี่ยนสีและความหนาขึ้นของผิวหนังบริเวณอุ้งมือและอุ้งเท้าของผิวหนัง อาการดังกล่าวจะสังเกตพบเมื่อได้รับสารหนูอย่างต่อเนื่องเป็นระยะเวลาประมาณ 5 ปี<sup>(6)</sup>

สรุปอาการที่พบได้ในผู้ที่ได้รับสารหนูในลักษณะเรื้อรัง ดังนี้

- การเปลี่ยนสีและความหนาขึ้นของผิวหนัง
- ปวดท้องและท้องร่วง
- อาการชาบริเวณมือและเท้า

ปัญหาสุขภาพที่เกิดจากการได้รับสารหนูในระดับต่ำเป็นระยะเวลายาวนานประกอบด้วย<sup>(6)(7)(10)(11)</sup>

1) มะเร็ง อวัยวะที่มีโอกาสเกิดมะเร็ง ประกอบด้วย ผิวหนัง กระเพาะปัสสาวะ ปอด ไต ตับ ต่อมลูกหมาก ทั้งนี้องค์การระหว่างประเทศเพื่อการวิจัยมะเร็งหรือ IARC (International Agency for Research on Cancer) ได้จัดให้สารหนู (อนินทรีย์) อยู่ใน Group 1 (carcinogenic to human)

- 2) ผลกระทบต่อการพัฒนาการสติปัญญาโดยเฉพาะในเด็ก
- 3) โรคหัวใจและหลอดเลือด
- 4) พิษต่อระบบประสาท
- 5) เบาหวาน

สำหรับผู้หญิงที่กำลังตั้งครรภ์ อาจทำให้แท้งลูกได้รวมทั้งอาจทำให้ทารกคลอดก่อนกำหนด

## สารหนู : ปัญหาสุขภาพ

ในปี ค.ศ. 1958 (พ.ศ. 2501) องค์การอนามัยโลกได้จัดทำมาตรฐานน้ำดื่ม International Drinking Water Standard ขึ้นเป็นครั้งแรก โดยมีวัตถุประสงค์เพื่อปกป้องสุขภาพของผู้บริโภค ในครั้งนั้นมาตรฐานฯได้กำหนดสารพิษหรือ toxic substance ไว้ 5 รายการประกอบด้วย ตะกั่ว (Pb) สารหนู (As) ซีลีเนียม (Se) โครเมียม ( $Cr^{+6}$ ) และ ไซยาไนต์ ( $CN^-$ ) ทั้งนี้ได้กำหนดปริมาณหรือระดับความเข้มข้นของสารหนูในน้ำดื่มไว้ไม่เกิน 2.0 มิลลิกรัม/ลิตร

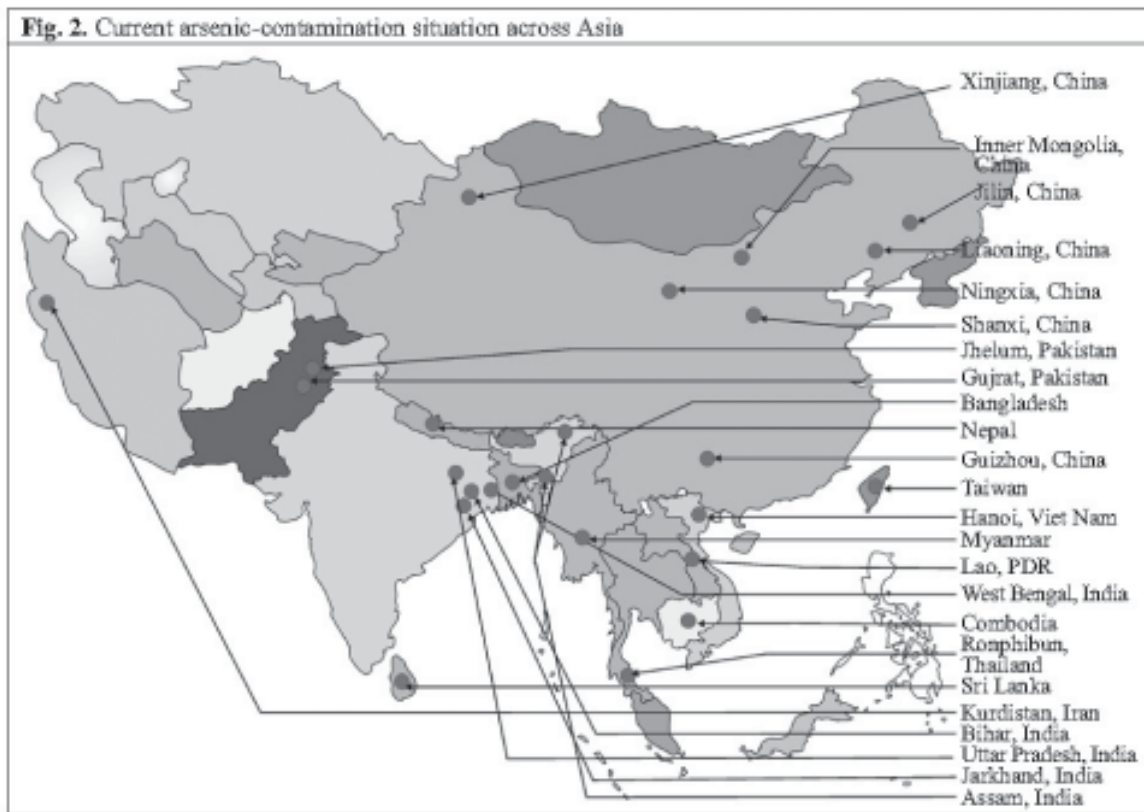
ในประการนี้ จึงเห็นได้ว่า การปนเปื้อนของสารหนูในน้ำดื่มได้รับความใส่ใจมากกว่า 50 ปีมาแล้ว ต่อมาเมื่อมีการศึกษา และวิจัยเพิ่มเติม ทำให้มีความรู้ความเข้าใจมากขึ้นเกี่ยวกับความเป็นพิษหรืออันตรายของสารหนูโดยเฉพาะในแง่ของ ความเป็นพิษแบบเรื้อรังหรือในระยะยาวซึ่งเกิดจากการได้รับสารหนูในระดับต่ำอย่างต่อเนื่องเป็นเวลายาวนาน จึงทำให้อองค์การอนามัยโลกปรับลดระดับความเข้มข้นของสารหนูในน้ำดื่มจาก 2.0 มิลลิกรัม/ลิตร เป็น 0.05 มิลลิกรัม/ลิตร ในปี ค.ศ. 1963 (พ.ศ.2506) และล่าสุด ในปี ค.ศ. 1993 (พ.ศ. 2536) องค์การอนามัยโลกได้ปรับลดระดับความเข้มข้นของสารหนูในน้ำดื่มอีกครั้งหนึ่งเป็น 0.01 มิลลิกรัม/ลิตร<sup>(12)(13)</sup>

ประเทศสหรัฐอเมริกาเป็นประเทศหนึ่งที่มีปัญหาการปนเปื้อนของสารหนูในน้ำดื่มทั้งจากปัจจัยธรรมชาติและ กิจกรรมของมนุษย์ ในปี ค.ศ. 2002 (พ.ศ. 2545) USEPA ได้ปรับลดค่ามาตรฐานของสารหนูในน้ำดื่มจากที่กำหนดไว้เดิมที่ 50 ไมโครกรัม/ลิตร (0.05 มิลลิกรัม/ลิตร) ซึ่งประกาศใช้ในปี ค.ศ. 1975 (พ.ศ. 2518) เป็น 10 ไมโครกรัม/ลิตร (0.01 มิลลิกรัม/ลิตร) ในการปรับค่ามาตรฐานในครั้งนี้ EPA ประเมินว่าสามารถปกป้องชาวอเมริกันจากการได้รับ สารหนูจากน้ำดื่มเพิ่มขึ้นอีก 13 ล้านคน<sup>(11)</sup>

ปัจจุบันการปนเปื้อนของสารหนูในน้ำดื่มเป็นปัญหาที่พบได้ในแหล่งน้ำบาดาล ซึ่งกระจายอยู่ทั่วโลก แต่บริเวณ ที่เป็นปัญหาสำคัญส่วนใหญ่พบในทวีปเอเชีย ก่อนปี ค.ศ. 2000 (พ.ศ. 2543) พบการปนเปื้อนของสารหนูในน้ำบาดาล 5 แหล่งใหญ่ ในบังกลาเทศ อินเดีย (รัฐเบงกอลตะวันตก) และจีน แต่ในระหว่างปี ค.ศ. 2000–2005 (พ.ศ. 2543–2548) มีการพบแหล่งน้ำที่ปนเปื้อนสารหนูเพิ่มขึ้นอีกในหลาย ๆ ประเทศในเอเชีย ประกอบด้วย จีน มองโกเลีย เนปาล อัฟกานิสถาน ปากีสถาน กัมพูชา และพม่า รูปที่ 1 และรูปที่ 2 แสดงแหล่งน้ำที่มีการปนเปื้อนสารหนูทั่วโลกและ ในทวีปเอเชียตามลำดับ<sup>(9)</sup>



รูปที่ 1 แผนที่แสดงการปนเปื้อนของสารหนูในแหล่งน้ำบาดาลของประเทศต่างๆทั่วโลก<sup>(9)</sup>



รูปที่ 2 แผนที่แสดงประเทศในทวีปเอเชียที่มีการปนเปื้อนของสารหนูในแหล่งน้ำบาดาล<sup>(6)</sup>

ประเด็นสำคัญที่สารหนูได้รับการหยิบยกขึ้นมาเป็นปัญหาทางสาธารณสุขที่สำคัญ พอสรุปได้ดังนี้

- 1) เป็นปัญหาจากปัจจัยทางธรรมชาติที่ยากต่อการแก้ไขและป้องกัน
- 2) มีประชากรที่ได้รับผลกระทบอย่างกว้างขวางทั่วโลก โดยพบไม่น้อยกว่า 70 ประเทศและมีผลต่อประชากรมากกว่า 140 ล้านคน (ส่วนใหญ่อยู่ในทวีปเอเชีย)<sup>(14)</sup>
- 3) เด็กเป็นกลุ่มประชากรที่อ่อนไหวต่อการได้รับสารหนูและได้รับผลกระทบในระยะยาวโดยเฉพาะต่อการพัฒนาสติปัญญา
- 4) Arsenicosis เป็นโรคที่ยังไม่มียารักษา (No Medical Cure) เมื่อเป็นแล้วความเสี่ยงด้านสุขภาพก็ยังคงมีอยู่ต่อไปนับสิบปีแม้ว่าจะหยุดการได้รับสารหนูแล้วก็ตาม
- 5) โรค Arsenicosis โดยทั่วไปเกิดขึ้นช้าๆ ใช้เวลา 2-20 ปี จึงแสดงอาการ
- 6) ผลกระทบทางสังคมที่เกิดจากการไม่ได้รับการยอมรับของบุคคลในครอบครัว และหรือชุมชน เนื่องจากความเข้าใจผิดว่าเป็นโรคที่ติดต่อกันได้ ดังเช่นในประเทศบังคลาเทศ

#### การลดความเสี่ยงของการได้รับสารหนู

เนื่องจากปัญหาการปนเปื้อนสารหนูในน้ำบาดาลที่เกิดขึ้นในปัจจุบันส่วนใหญ่มีสาเหตุจากปัจจัยทางธรรมชาติ ดังเช่น ในลุ่มน้ำที่ได้รับน้ำจากเทือกเขาหิมาลัย เป็นต้น การแก้ไขที่สาเหตุจึงทำได้ยากหรือเป็นไปไม่ได้ ดังนั้นวิธีการที่สามารถทำได้คือการหลีกเลี่ยงหรือป้องกันการบริโภคน้ำที่ปนเปื้อนสารหนูในระดับที่เป็นอันตรายต่อสุขภาพ ทั้งนี้ WHO ได้นำเสนอไว้พอสรุปได้ดังนี้<sup>(6)(7)</sup>

- การจัดหาแหล่งน้ำที่ปลอดภัยสำหรับใช้ดื่ม ใช้ประกอบอาหารและใช้ในการเพาะปลูก เช่น น้ำฝนและน้ำจากแหล่งน้ำผิวดิน เป็นต้น

- การกำจัดหรือลดสารหนูในน้ำที่มีสารหนูในปริมาณสูงด้วยเทคนิคต่าง ๆ เช่น การจับและตกตะกอน (coagulation/precipitation) การดูดซับ (absorption) การแลกเปลี่ยนไอออน (ion-exchange) และ membrane technic เป็นต้น
- การลดความเข้มข้น หรือระดับของสารหนูให้อยู่ในระดับที่ปลอดภัยโดยการผสมน้ำที่มีสารหนูในระดับต่ำกับน้ำที่มีสารหนูในระดับสูง

ทั้งนี้ น้ำที่มีสารหนูในระดับต่ำ (น้อยกว่า 0.01 มิลลิกรัม/ลิตร) สามารถนำไปใช้เพื่อการดื่ม การประกอบอาหาร และใช้เพื่อการเพาะปลูกได้ สำหรับน้ำที่มีสารหนูในระดับสูง สามารถใช้เพื่อการอาบน้ำ ชักเสื้อผ้า และการใช้สอยอื่น ๆ ที่ไม่ส่งผลต่อการปนเปื้อนในอาหาร

### ปัญหาสารหนูในประเทศไทย : บทเรียนที่ถูกลืม ?

สารหนูเป็นแร่ธาตุที่พบได้ทั่วไปตามธรรมชาติรวมทั้งพบได้ทั่วไปในอาหารที่มนุษย์บริโภค เพียงแต่ว่าในอาหารมักพบในระดับต่ำมากรวมทั้งเป็นสารหนูที่อยู่ในรูปสารอินทรีย์ที่มีความเป็นพิษต่ำมากจนถึงไม่มีพิษต่อผู้บริโภคของมนุษย์ สารหนูที่ก่อให้เกิดอันตรายต่อสุขภาพมักอยู่ในรูปของสารอนินทรีย์ทั้งที่เป็น  $As^{+3}$  และ  $As^{+5}$  ( $As^{+3}$  มีความเป็นพิษมากกว่า  $As^{+5}$ ) การปนเปื้อนของสารหนูอนินทรีย์ในสิ่งแวดล้อมมักก่อให้เกิดปัญหาความเป็นอันตรายต่อสุขภาพของประชาชนนั้น สามารถสรุปได้ว่ามาจาก 2 แหล่งใหญ่ คือ

- ปัจจัยตามธรรมชาติ โดยมักสัมพันธ์กับลักษณะทางธรณีวิทยา เช่น บริเวณแหล่งแร่ที่มีสารหนูเป็นองค์ประกอบ บริเวณพื้นที่ที่สัมพันธ์กับภูเขาไฟ รวมทั้งบริเวณที่มีแหล่งความร้อนใต้พิภพ เป็นต้น
- กิจกรรมของมนุษย์ เช่น การผลิตและการนำมาใช้ของสารเคมีที่มีสารหนูเป็นองค์ประกอบ การใช้ถ่านหินคุณภาพต่ำเป็นเชื้อเพลิง การถลุงแร่และการทำแร่ที่มีสารหนูอยู่ในเนื้อแร่หรือในสายแร่ เป็นต้น

สำหรับประเทศไทยกรณี ‘ไข้ดำ’ ที่เกิดขึ้นที่อำเภอรัตนบุรี จังหวัดนครราชสีมา ในราวปีพ.ศ. 2530 เป็นกรณีศึกษาที่ขึ้นชื่อของประเทศที่เกิดจากการที่ประชาชนในพื้นที่ (บางส่วน) ได้รับสารหนูจากการบริโภคน้ำบาดาลที่มีสารหนูปนเปื้อนอยู่ การปนเปื้อนมีสาเหตุมาจากการทำแร่ดีบุกเมื่อประมาณร้อยปีที่ผ่านมา จนถึงปัจจุบันประเทศไทยยังไม่มีรายงานการปนเปื้อนสารหนูในน้ำดื่มโดยเฉพาะอย่างยิ่งในน้ำบาดาลที่เกิดจากปัจจัยตามธรรมชาติดังที่พบในประเทศอื่น ๆ ทางแถบทวีปเอเชียที่พบว่าเป็นปัญหาสำคัญด้านสาธารณสุขในช่วงเวลาไม่กี่สิบกว่าปีที่ผ่านมา ซึ่งถือได้ว่าเป็นโชคดีสำหรับประเทศไทย

กรณี ‘ไข้ดำ’ มีคุณค่าต่อการเป็นบทเรียนสำคัญสำหรับประเทศไทยเกี่ยวกับการทำเหมืองแร่เพื่อไม่ให้เกิดเหตุการณ์ประวัติศาสตร์ซ้ำรอยขึ้นอีก ผลจากการทำเหมืองแร่ดีบุกดังกล่าวโดยขาดความรู้และการจัดการที่ถูกต้องและเหมาะสมได้สร้างความเดือดร้อนให้กับประชาชนในอีกร้อยปีต่อมา และจากปี พ.ศ. 2530 จนถึงปัจจุบันหรืออีกเกือบสามสิบปีต่อมานับจากที่เกิดปัญหาปะทุขึ้นมาปัญหาดังกล่าวก็ยังคงอยู่ แต่อาจเป็นโชคร้ายที่เหตุการณ์คล้ายคลึงกันอาจเกิดขึ้นอีกจากกรณีการทำเหมืองทองที่จังหวัดเลยและจังหวัดพิจิตร<sup>(15)</sup> รูปที่ 3 เป็นแผนที่แสดงพื้นที่ปนเปื้อนสารพิษในประเทศไทย





## เอกสารอ้างอิง

1. Michael F. Hughes, Barbara D. Beck, Yu Chen, Ari S. Lewis and David J. Thomas, Arsenic Exposure and Toxicology: A Historical Perspective, *Oxford Journals & Medicine Toxicological Sciences* Volume 123, Issue 2 pp. 305–332.
2. Karen H. Antman, Introduction: “The History of Arsenic Trioxide in Cancer Therapy,” *The Oncologist*, 22 February 2001 <[http://theoncologist.alphamedpress.org/content/6/suppl\\_2/1.full](http://theoncologist.alphamedpress.org/content/6/suppl_2/1.full) >
3. S. Mahimairaja, N. S. Bolan, D. C. Adriano and B. Robinson, Arsenic Contamination and its Risk Management in Complex Environmental Settings, *Advances in Agronomy*, Volume 86, 2005, Pages 1–82
4. <http://www.epa.gov/oppad001/reregistration/cca>
5. <http://www.dartmouth.edu/~toxmetal/arsenic/history.html>
6. <http://www.who.int/mediacentre/factsheets/fs372/en/>
7. WHO, Arsenic in Drinking–water, WHO/SDE/WSH/03.04/75/Rev/1 World Health Organization 2011
8. <http://water.epa.gov/lawsregs/rulesregs/sdwa/arsenic/Basic-Information.cfm>
9. Amitava Mukherjee, Mrinal Kumar Sengupta, M. Amir Hossain, Sad Ahamed, Bhaskar Das, Bishwajit Nayak, Dilip Lodh, Mohammad Mahmudur Rahman, and Dipankar Chakraborti Arsenic Contamination in Groundwater: A Global Perspective with Emphasis on the Asian Scenario *J Health Popul Nutr* 2006 Jun;24(2):142–163
10. WHO Exposure to arsenic: A major public health concern , World Health Organization 2010
11. <http://water.epa.gov/lawsregs/rulesregs/sdwa/arsenic/index.cfm>
12. WHO, International Standards for Drinking–Water, World Health Organization Geneva 1958
13. WHO, Guidelines for Drinking–water Quality: Volume 1 Recommendations ,3<sup>rd</sup>.,ed., World Health Organization 2004
14. UNICEF, Arsenic Contamination in Groundwater, Position Paper, No 2 April 2003
15. <http://doc.deqp.go.th/index.php/global-warming-blog/688-2013-11-06-04-24-45>