ว กรมวิทย พ 2558 ฉบับพิเศษ 3 : 275-286

การพัฒนาศักยภาพห้องปฏิบัติการวิเคราะห์ ตะกั่ว และแคดเมียมในน้ำในประเทศไทย ระหว่างปี พ.ศ. 2551 – 2557

กรรณิกา จิตติยศรา พิชยา ดีศรี และสาคร สิงศาลาแสง

สำนักคุณภาพและความปลอดภัยอาหาร กรมวิทยาศาสตร์การแพทย์ ถนนติวานนท์ นนทบุรี 11000

บทคัดย่อ สำนักคุณภาพความปลอดภัยอาหาร กรมวิทยาศาสตร์การแพทย์ ได้ให้บริการทดสอบความชำนาญการตรวจวิเคราะห์โลหะตะกั่ว และแคดเมียมในน้ำ เพื่อประเมินความสามารถของห้องปฏิบัติการที่สมัครเข้าร่วมการทดสอบ ระหว่างปี พ.ศ. 2551-2557 รวมทั้งสิ้น 7 ครั้ง โดยส่งตัวอย่างที่มีความเป็นเนื้อเดียวกันให้ห้องปฏิบัติการตรวจวิเคราะห์และส่งผลกลับภายในระยะเวลาที่กำหนด นำผลที่ได้มาวิเคราะห์ทางสถิติโดยใช้ค่า z-score ในแต่ละปีมีห้องปฏิบัติการสมาชิกมากกว่า 30 แห่ง โดยมีห้องปฏิบัติการที่วิเคราะห์ตะกั่ว และวิเคราะห์แคดเมียมต่อเนื่อง ครบทุกรอบ จำนวน 12 และ 8 แห่ง ตามลำดับ ผลการประเมินพบว่า ห้องปฏิบัติการที่วิเคราะห์ตะกั่ว 6 แห่ง และ ห้องปฏิบัติการที่วิเคราะห์แคดเมียม 5 แห่ง มีผลการตรวจวิเคราะห์อยู่ในเกณฑ์ที่น่าพอใจครบทุกรอบ คิดเป็นร้อยละ 50.0 และ 62.5 ตามลำดับ ในการวิเคราะห์แนวโน้มของคุณภาพของแต่ละห้องปฏิบัติการ จากผลการเข้าร่วมทดสอบความชำนาญอย่างต่อเนื่องที่การประเมินความสามารถใช้ค่า Standard Deviation for PT (SD_{PT}) จากค่า SD (s) ห้องปฏิบัติการสามารถประเมินความสามารถของตนเองอย่างต่อเนื่องได้ โดยหาค่าร้อยละส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานสัมพัทธ์รวม (% rsd_{pooled}) ของรอบที่ผ่านมา มาใช้คำนวณค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานรวม (s_{pooled}) จะได้ค่า z-score ของแต่ละรอบใหม่ ในรายการตะกั่วทำให้พบว่าห้องปฏิบัติการ 1 แห่ง หลังจากคำนวณค่า z-score ใหม่แล้ว ผลทางห้องปฏิบัติการนั้นมีค่าต่ำกว่า assigned value ทุกครั้ง ซึ่งห้องปฏิบัติการควรค้นหาสาเหตุ และแก้ไข ถึงแม้ว่าค่า z-score อยู่ในเกณฑ์ที่น่าพอใจทุกรอบก็ตาม ห้องปฏิบัติการที่วิเคราะห์แคดเมียม ทุกแห่งมีมาตรฐาน และรักษาคุณภาพการตรวจวิเคราะห์ให้อยู่ในเกณฑ์ที่น่าพอใจไว้ได้อย่างสม่ำเสมอ การนำผลการทดสอบความชำนาญฯ หลายครั้งอย่างต่อเนื่องมาวิเคราะห์จะบ่งชี้ได้ว่าห้องปฏิบัติการมีแนวโน้ม การตรวจวิเคราะห์ไปในทิศทางใด เพื่อที่จะได้แก้ไข ปรับปรุง และพัฒนาห้องปฏิบัติการวิเคราะห์โลหะในน้ำของประเทศให้มีคุณภาพและมาตรฐานเท่าเทียมกัน

Accepted for publication, 25 September 2015

บทนำ

น้ำเป็นปัจจัยพื้นฐานในการดำรงชีวิต ซึ่งไม่เพียงแต่จะใช้เพื่อการอุปโภคบริโภคแล้ว น้ำยังกลายเป็นปัจจัยสำคัญในอันที่จะช่วยให้เศรษฐกิจของประเทศดำเนินต่อไปทั้งในส่วนของภาคเกษตรกรรมและอุตสาหกรรม ด้านการอุปโภคบริโภค มนุษย์ต้องการน้ำสะอาดเพื่อดื่มกิน ใช้ในการประกอบอาหาร และใช้เพื่อประโยชน์อื่น ๆ ในการดำรงชีวิตประจำวัน ด้านอุตสาหกรรม น้ำเป็นปัจจัยสำคัญในกระบวนการผลิตของโรงงานอุตสาหกรรม น้ำถูกใช้เป็นวัตถุดิบในการผลิตอาหาร แต่ในปัจจุบันจากการขยายตัวของสังคมเมืองไปสู่สังคมอุตสาหกรรมในเขตพื้นที่ต่าง ๆ ทั่วประเทศ ทำให้แหล่งน้ำตามธรรมชาติที่เคยอยู่ในสภาพที่ดีได้รับความเสียหายก่อให้เกิดปัญหาความเสื่อมโทรมของแหล่งน้ำ ซึ่งทำให้มีการปนเปื้อนจากสารพิษหรือจุลินทรีย์ดังนั้นจึงต้องผ่านกระบวนการกำจัดสารพิษและปรับสภาพน้ำให้เหมาะสมกับการบริโภค หรือใช้ในกิจกรรมอื่น ๆ โดยเฉพาะการปนเปื้อนตะกั่ว และแคดเมียม ซึ่งเป็นโลหะหนักแม้ปริมาณน้อย แต่มีพิษร้ายแรงโดยเฉพาะกับเด็ก[1] เพราะการปนเปื้อนของโลหะเหล่านี้ นอกจากจะปนเปื้อนในน้ำแล้วยังสามารถปนเปื้อนได้จากอาหาร หรือสิ่งแวดล้อม มีกำหนดในมาตรฐานน้ำบริโภคฯ[2] และน้ำแร่ธรรมชาติ[3] ในปริมาณที่ต่ำมาก ดังนั้นผลการตรวจวิเคราะห์ตะกั่ว และแคดเมียม จากห้องปฏิบัติการจะต้องมีความถูกต้อง แม่นยำ และเชื่อถือได้ ห้องปฏิบัติการจึงต้องใช้วิธีวิเคราะห์ที่มีการยืนยันถึงความเหมาะสม เครื่องมือที่ใช้ต้องได้รับการสอบเทียบ และมีการควบคุมคุณภาพภายในด้วย

การทดสอบความชำนาญ (proficiency testing, PT)[4] เป็นวิธีการหนึ่งที่ใช้ประเมินความสามารถของห้องปฏิบัติการตรวจวิเคราะห์ โดยการเปรียบเทียบผลระหว่างห้องปฏิบัติการต่าง ๆ ที่เข้าร่วม เป็นกระบวนการประกันคุณภาพการตรวจวิเคราะห์ ซึ่งมีในข้อกำหนดตามมาตรฐาน ISO/IEC 17025[5] นอกจากนี้ ข้อกำหนดในการขอการรับรองความสามารถของห้องปฏิบัติการยังระบุให้มีการประกันคุณภาพโดยการเข้าร่วมแผนทดสอบความชำนาญในรายการที่ห้องปฏิบัติการนั้นขอการรับรองด้วย[6]

กรมวิทยาศาสตร์การแพทย์ โดยสำนักคุณภาพและความปลอดภัยอาหาร มีภารกิจในการคุ้มครองผู้บริโภคและพัฒนาศักยภาพห้องปฏิบัติการให้มีมาตรฐานเท่าเทียมกัน จึงได้เริ่มดำเนินแผนทดสอบความชำนาญ (PT Provider) การตรวจวิเคราะห์น้ำทางเคมี เมื่อปี พ.ศ. 2549 ห้องปฏิบัติการที่เข้าร่วมได้แก่ศูนย์วิทยาศาสตร์การแพทย์ 13 แห่ง ปี พ.ศ. 2551 ได้ขยายขอบข่ายรายการวิเคราะห์โลหะในน้ำมีหน่วยงานภาครัฐ หรือภายใต้การกำกับดูแลของรัฐ และภาคเอกชนเข้าร่วม เพื่อเป็นทางเลือกให้ห้องปฏิบัติการใช้ตัวอย่างทดสอบความชำนาญที่มีราคาไม่แพง มีความเข้มข้นที่เหมาะสมในระดับเกณฑ์มาตรฐานตามประกาศกระทรวงสาธารณสุข นับถึงปี พ.ศ. 2557 รวม 7 ครั้ง ปัจจุบันยังคงดำเนินการอย่างต่อเนื่อง

ข้อมูลที่ได้จากการทดสอบความชำนาญการวิเคราะห์ตะกั่ว และแคดเมียมในน้ำ ระหว่างปี พ.ศ. 2551–2557 มาวิเคราะห์ จะทำให้ทราบสถานการณ์ศักยภาพของห้องปฏิบัติการวิเคราะห์โลหะตะกั่ว แคดเมียม ในน้ำ และการนำข้อมูลของแต่ละห้องปฏิบัติการที่ได้เข้าร่วมการทดสอบอย่างต่อเนื่องมาวิเคราะห์ทางสถิติ มีวัตถุประสงค์เพื่อชี้บ่งปัญหาที่อาจจะพบ หรือแสดงแนวโน้มได้ เพื่อจะได้ให้คำแนะนำแก่ห้องปฏิบัติการได้อย่างมีประสิทธิภาพและประสิทธิผล ซึ่งจะทำให้ห้องปฏิบัติการวิเคราะห์น้ำในประเทศ สามารถปรับปรุงและพัฒนาให้มีคุณภาพผลการตรวจวิเคราะห์ได้

วัสดุและวิธีการ

ห้องปฏิบัติการที่เข้าร่วมทดสอบความชำนาญ

หน่วยงานของรัฐหรือภายใต้การกำกับดูแลของรัฐ และห้องปฏิบัติการตรวจวิเคราะห์ของบริษัทเอกชน

ตัวอย่างสำหรับการทดสอบ

เตรียมตัวอย่างน้ำโดยการเติมสารมาตรฐานตะกั่ว และแคดเมียม ลงในน้ำกลั่น ปรับค่าความเป็นกรด-ด่าง ให้มีค่าน้อยกว่า 2 ด้วย conc. HNO_3 ผสมให้เป็นเนื้อเดียวกัน บรรจุใส่ขวดพลาสติกชนิด high density polyethylene (HDPE) ขนาด 500 มิลลิลิตร ติดฉลากซึ่งระบุรหัสขวด ชื่อตัวอย่าง รายการวิเคราะห์ รอบของการทดสอบ เดือนที่เตรียมและผู้ดำเนินโครงการ

การทดสอบความเป็นเนื้อเดียวกัน

สุ่มตัวอย่างน้ำที่เตรียมพร้อมส่งให้สมาชิกมา 10 ขวด แต่ละขวดวิเคราะห์ 2 ซ้ำแบบสุ่ม โดยใช้วิธี Standard method for the examination of water and wastewater, 22nd Edition. ได้แก่ วิธี 3113 B (ตะกั่ว) 3111 B (แคดเมียม) และนำค่าที่ได้มาประเมินทางสถิติโดยใช้ One-way ANOVA[7]

การส่งตัวอย่างให้ห้องปฏิบัติการ

ส่งตัวอย่างน้ำให้ห้องปฏิบัติการแต่ละแห่งที่เข้าร่วมการทดสอบทางไปรษณีย์ด่วนพิเศษ (EMS) โดยบรรจุขวดตัวอย่างที่ปิดสนิทและผ่านการทดสอบการรั่วซึมลงในกล่องกระดาษ มีวัสดุกันกระแทกพร้อมทั้งแนบเอกสารที่เกี่ยวข้องได้แก่ แบบตอบรับตัวอย่าง ข้อแนะนำก่อนการวิเคราะห์ และแบบรายงานผลการวิเคราะห์ซึ่งระบุเลขรหัสประจำห้องปฏิบัติการ โดยห้องปฏิบัติการแต่ละแห่งจะได้รับตัวอย่าง 1 ขวด

การวิเคราะห์ข้อมูลจากห้องปฏิบัติการ

ผลการวิเคราะห์จากห้องปฏิบัติการจะถูกนำมาวิเคราะห์ด้วยวิธีทางสถิติที่เหมาะสม เพื่อกำหนดค่า assigned values และค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานซึ่งเป็นค่าที่ใช้ประเมินความสามารถของสมาชิก[8] ผลการทดสอบจากห้องปฏิบัติการที่ไม่ได้ระบุเป็นตัวเลขที่แน่นอนจะไม่ถูกประเมินผล

การประเมินความสามารถของห้องปฏิบัติการแต่ละรอบ (Individual z-score)

$$\text{z-score} = \frac{(\text{Lab result} - X^*)}{s}$$

Lab result = ผลวิเคราะห์ของห้องปฏิบัติการ

X^* = assigned value เป็นค่า robust average คำนวณจาก algorithm A

s = robust standard deviation for proficiency assessment

$|z| \leq 2$ แสดงว่าผลการวิเคราะห์อยู่ในเกณฑ์น่าพอใจ

$2 < |z| < 3$ แสดงว่าผลการวิเคราะห์อยู่ในเกณฑ์น่าสงสัย

$|z| \geq 3$ แสดงว่าผลการวิเคราะห์อยู่ในเกณฑ์ไม่น่าพอใจ

การประเมินความสามารถแต่ละห้องปฏิบัติการในระยะยาว (Long-term evaluation)

การเปรียบเทียบความสามารถของห้องปฏิบัติการในแต่ละปีที่ผ่านๆ มา โดยนำร้อยละค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานสัมพัทธ์ (%rsd) ในการทดสอบแต่ละรายการทดสอบแต่ละรอบ มาคำนวณหาค่าร้อยละส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานสัมพัทธ์รวม ($\%rsd_{pooled}$) และนำค่า $\%rsd_{pooled}$ ที่ได้มาใช้คำนวณค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน (s) ในแต่ละรอบการวิเคราะห์ จะได้ค่า z-score ใหม่ แล้วบันทึก z-score ของรอบต่างๆ

$$\text{z-score} = \frac{(\text{Lab result} - X^*)}{s_{\text{pooled}}}$$

$$s_{\text{pooled}} = \frac{\text{rsd}_{\text{pooled}} \times X^*}{100}$$

s_{pooled} = robust standard deviation for proficiency assessment ซึ่งใช้ในการประเมิน ระยะยาวคำนวณจาก

$\text{rsd}_{\text{pooled}}$[9] = $((n_1-1)\ \%\text{rsd}_1^2 + (n_2-1)\%\ \text{rsd}_2^2 + ...(n_7-1)\ \%\text{rsd}_7^2/(n_1-1) + (n_2-1) .....(n_7-1))^{1/2}$

$\text{rsd}_1 .... \text{rsd}_7$ = ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานสัมพัทธ์ปี 2551 – ปี 2557

การแสดงการกระจายของข้อมูลที่มีค่าเฉลี่ยที่แตกต่างกัน

% CV หรือ %robust CV = $(s/x^*) \times 100$

ผล

การทดสอบความชำนาญฯ ระหว่างปี พ.ศ. 2551-2557 (ดำเนินการปีละ 1 รอบ) จำนวนห้องปฏิบัติการที่เข้าร่วมทดสอบตะกั่ว และแคดเมียมในน้ำแต่ละรอบ (ตารางที่ 1) ห้องปฏิบัติการหลายแห่งไม่ได้เข้าร่วมทดสอบทุกรอบ บางห้องปฏิบัติการเข้าร่วมการทดสอบครั้งเดียวหรือสองครั้ง ห้องปฏิบัติการที่เข้าร่วมการทดสอบตะกั่วและแคดเมียมในน้ำครบ 7 รอบ มีจำนวน 12 แห่ง และ 8 แห่ง ตามลำดับ (ตารางที่ 1)

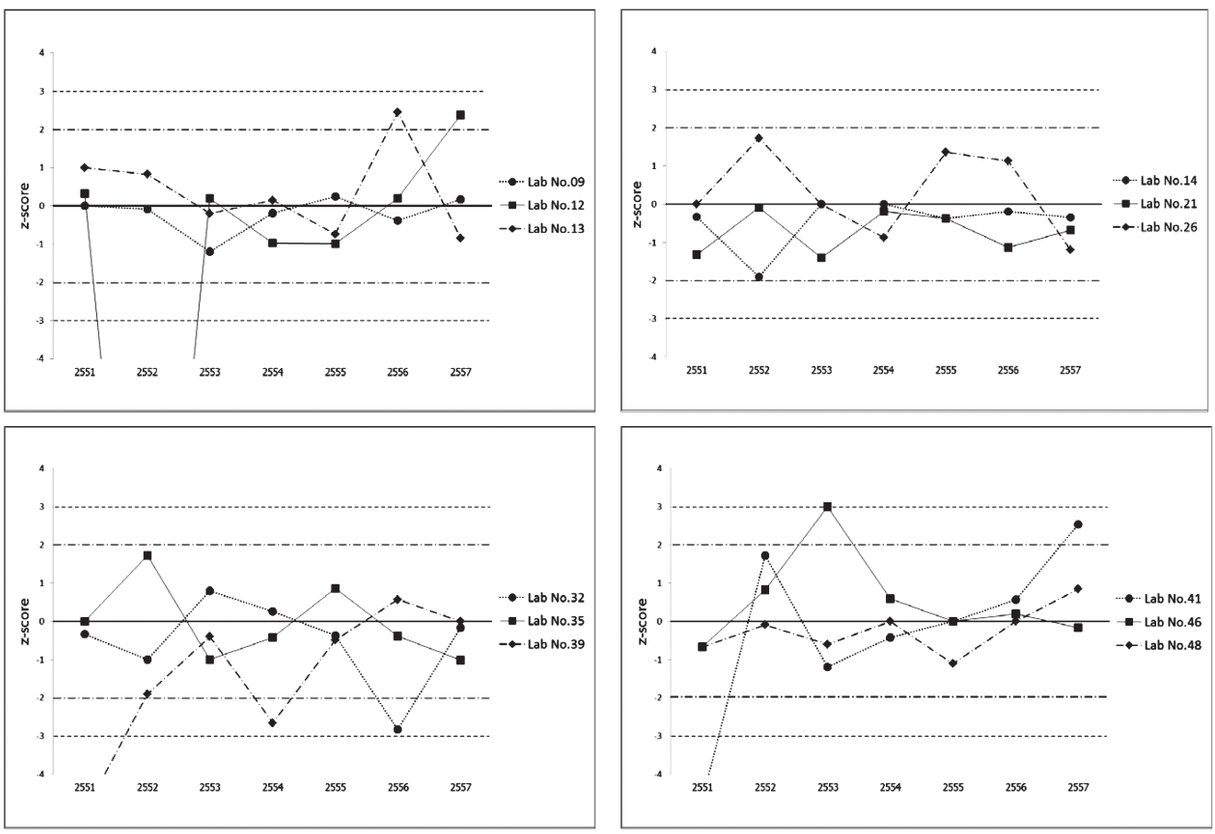
ตารางที่ 1 จำนวนห้องปฏิบัติการที่เข้าร่วมกิจกรรมทดสอบความชำนาญในแต่ละปี และจำนวนห้องปฏิบัติการที่เข้าร่วมทุกรอบ รวม 7 รอบ

รายการ	จำนวนห้องปฏิบัติการที่เข้าร่วมในแต่ละปี พ.ศ.							จำนวนห้องปฏิบัติการที่เข้าร่วม ครบ 7 รอบ
	2551	2552	2553	2554	2555	2556	2557	
ตะกั่ว	30	31	39	30	37	33	30	12
แคดเมียม	26	25	35	26	33	26	23	8

ผลการประเมินค่า z-score ของห้องปฏิบัติการที่เข้าร่วมทดสอบความชำนาญการวิเคราะห์ตะกั่ว จำนวน 12 ห้องปฏิบัติการ พบว่า 6 ห้องปฏิบัติการ (lab no. 9, 14, 21, 26, 35 และ 48) มีค่า z–score อยู่ในเกณฑ์ที่น่าพอใจทุกรอบ คิดเป็นร้อยละ 50.1, 1 ห้องปฏิบัติการ (lab no 12) มีค่า z–score เป็น outlier ในรอบที่สอง และน่าสงสัยในรอบที่ 7, 2 ห้องปฏิบัติการ (lab no 13, 32) มีค่า z–score อยู่ในเกณฑ์น่าสงสัยในรอบที่ 6, 2 ห้องปฏิบัติการ (lab no 39, 41) มีค่า z–score เป็น outlier ในรอบแรก และน่าสงสัยในรอบที่ 4 และ 7 ตามลำดับ 1 ห้องปฏิบัติการ (lab no 46) มีค่า z–score อยู่ในเกณฑ์ไม่น่าพอใจในรอบที่ 3 (ตารางที่ 2) เมื่อนำค่า z-score มา plot จะได้แผนภูมิ (ภาพที่ 1)

ตารางที่ 2 ค่า z-score ของผลวิเคราะห์จาก 12 ห้องปฏิบัติการที่เข้าร่วมทดสอบฯ ตะกั่ว ในน้ำในแต่ละปี

lab code	ปี พ.ศ. ที่ดำเนินการ						
	2551	2552	2553	2554	2555	2556	2557
	X^* = 0.050 mg/L s = 0.003 mg/L % robust CV = 6.0	X^* = 0.201 mg/L s = 0.011 mg/L % robust CV = 5.5	X^* = 0.052 mg/L s = 0.005 mg/L %robust CV = 9.6	X^* = 0.073 mg/L s = 0.009 mg/L %robust CV = 12.3	X^* = 0.081 mg/L s = 0.0081 mg/L %robust CV = 10.0	X^* = 0.055 mg/L s = 0.0052 mg/L % robust CV = 9.4	X^* = 0.071 mg/L s = 0.0059 mg/L %robust CV = 8.3
09	0.00	−0.09	−1.20	−0.19	0.25	−0.38	0.17
12	0.33	**−16.36**	0.20	−0.98	−0.99	0.19	2.37
13	1.00	0.82	−0.20	0.15	−0.74	2.45	−0.85
14	−0.33	−1.91	0.00	0.00	−0.37	−0.19	−0.35
21	−1.33	−0.09	−1.40	−0.19	−0.37	−1.13	−0.68
26	0.00	1.73	0.00	−0.87	1.36	1.13	−1.19
32	−0.33	−1.00	0.80	0.26	−0.37	−2.83	−0.17
35	0.00	1.73	−1.00	−0.42	0.86	−0.38	−1.02
39	**−5.00**	−1.91	−0.40	−2.66	−0.49	0.57	0.00
41	**−4.67**	1.73	−1.20	−0.42	0.00	0.57	2.54
46	−0.67	0.82	**3.00**	0.60	0.00	0.19	−0.17
48	−0.67	−0.09	−0.60	0.00	−1.11	0.00	0.85

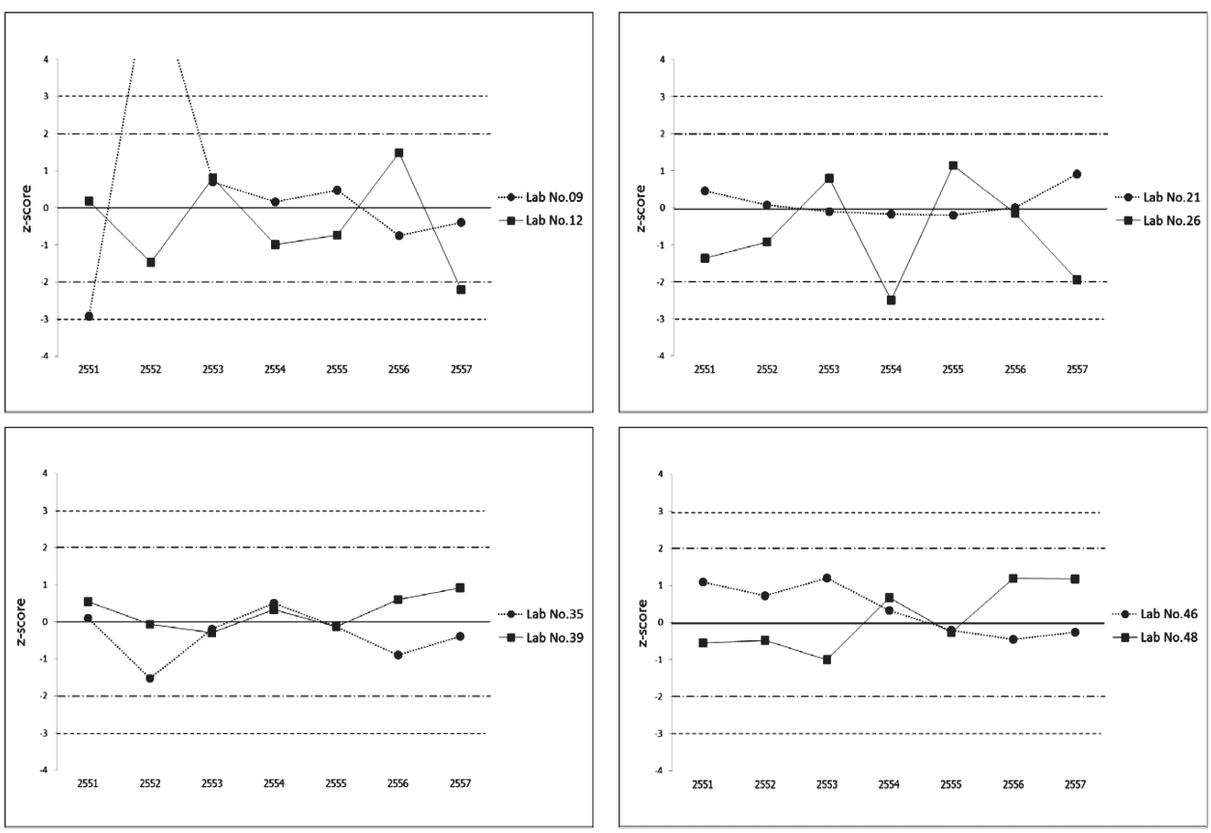


ภาพที่ 1 ค่า z-score ของผลวิเคราะห์จาก 12 ห้องปฏิบัติการ ที่เข้าร่วมทดสอบฯ ตะกั่ว ในน้ำในแต่ละปี

ผลการประเมินค่า z-score ของห้องปฏิบัติการที่เข้าร่วมทดสอบความชำนาญการวิเคราะห์แคดเมียม จำนวน 8 ห้องปฏิบัติการ พบว่า 5 ห้องปฏิบัติการ (lab no. 21, 35, 39, 46 และ 48) มีค่า z-score อยู่ในเกณฑ์ที่น่าพอใจทุกรอบ คิดเป็น ร้อยละ 62.5, 1 ห้องปฏิบัติการ (lab no. 09) ที่ค่า z-score อยู่ในเกณฑ์ที่น่าสงสัยในรอบแรกและเป็น outlier ในรอบที่ 2, 2 ห้องปฏิบัติการ (lab no. 12, 26) ค่า z-score อยู่ในเกณฑ์ที่น่าสงสัยในรอบที่ 7 และรอบที่ 4 ตามลำดับ (ตารางที่ 3) เมื่อนำค่า z-score มา plot จะได้แผนภูมิ (ภาพที่ 2)

ตารางที่ 3 ค่า z-score ของผลวิเคราะห์จาก 8 ห้องปฏิบัติการที่เข้าร่วมทดสอบฯ แคดเมียมในน้ำในแต่ละปี

lab code	ปี พ.ศ. ที่ดำเนินการ						
	2551	2552	2553	2554	2555	2556	2557
	X^* = 0.0082 mg/L s = 0.0011 mg/L % robust CV = 13.4	X^* = 0.0087 mg/L s = 0.0015 mg/L % robust CV = 17.2	X^* = 0.0072 mg/L s = 0.0010 mg/L %robust CV = 13.9	X^* = 0.0056 mg/L s = 0.0006 mg/L %robust CV = 10.7	X^* = 0.0080 mg/L s = 0.0015 mg/L %robust CV = 18.8	X^* = 0.0042 mg/L s = 0.00067 mg/L % robust CV = 16.0	X^* = 0.0059 mg/L s = 0.00077 mg/L %robust CV = 13.0
09	-2.91	**6.53**	0.70	0.17	0.47	-0.75	-0.39
12	0.18	-1.47	0.80	-1.00	-0.73	1.49	-2.21
21	0.45	0.07	-0.10	-0.17	-0.20	0.00	0.91
26	-1.36	-0.93	0.80	-2.50	1.13	-0.15	-1.95
35	0.09	-1.53	-0.20	0.50	-0.13	-0.90	-0.39
39	0.55	-0.07	-0.30	0.33	-0.13	0.60	0.91
46	1.09	0.73	1.20	0.33	-0.20	-0.45	-0.26
48	-0.55	-0.47	-1.00	0.67	-0.27	1.19	1.17



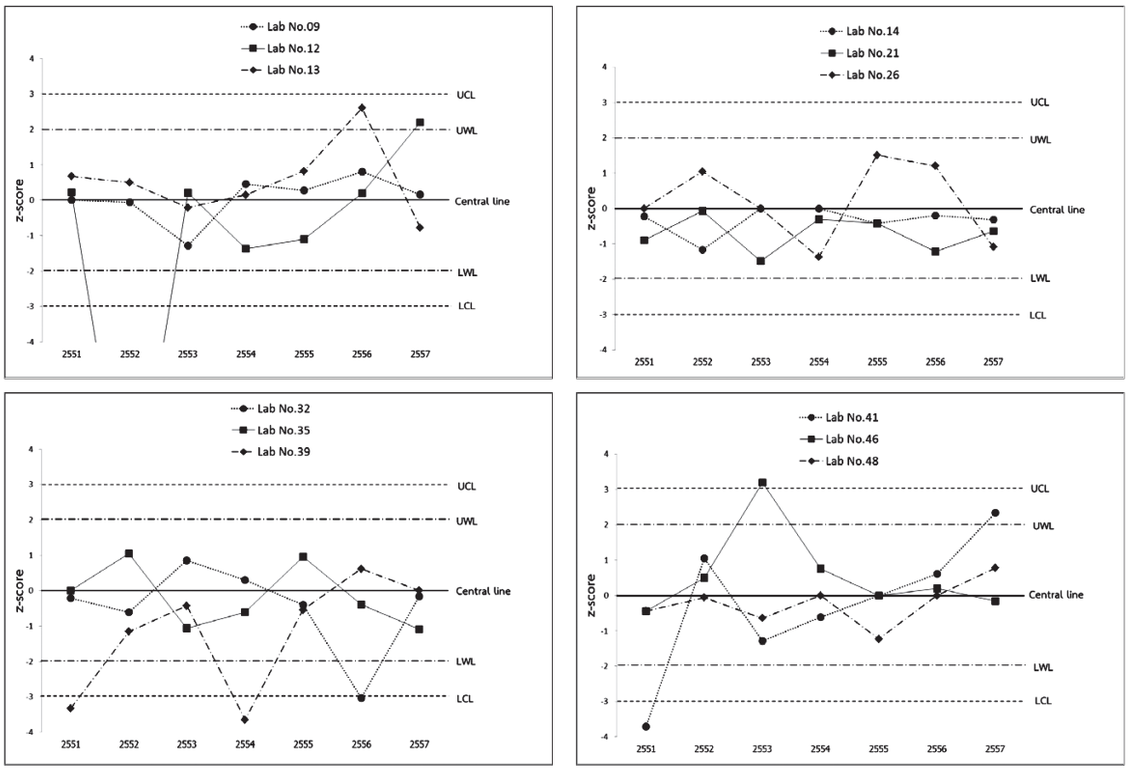
ภาพที่ 2 ค่า z-score ของผลวิเคราะห์จาก 8 ห้องปฏิบัติการที่เข้าร่วมทดสอบฯ แคดเมียมในน้ำในแต่ละปี

การวิเคราะห์แนวโน้มคุณภาพแต่ละห้องปฏิบัติการในการวิเคราะห์ตะกั่ว และแคดเมียมในน้ำโดย PT Provider ใช้ค่า assigned value (X^*) และ standard deviation (s) ซึ่งเป็นค่าที่คำนวณมาจาก robust analysis: Algorithm A ในแต่ละรอบ จะมีค่าเฉลี่ย (X^*) หรือการกระจาย (s) ของข้อมูลที่แตกต่างกัน เพื่อเปรียบเทียบคะแนนข้อมูลของแต่ละรอบต้อง Standardized scores หรือ Normalized scores ก่อน โดยคำนวณ s_{pooled} (ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานรวม) แล้วใช้ s_{pooled} แทนค่า s ในสูตร คำนวณ z-score ในแต่ละรอบใหม่ นำค่า z-score ใหม่มา plot กราฟในรูป control chart[10] และดูว่าอยู่ใน statistical control หรือไม่ เพื่อดูแนวโน้ม (trend) ที่อาจมีซึ่งวิธีการควบคุมคุณภาพอื่น ๆ ไม่สามารถบอกได้ เป็นการสร้างความเชื่อมั่นในคุณภาพของผลการวิเคราะห์ และสะท้อนถึงความสามารถของห้องปฏิบัติการ (performance lab) ในการตรวจวิเคราะห์รายการตรวจนั้น ๆ

ผลการวิเคราะห์แนวโน้มคุณภาพแต่ละห้องปฏิบัติการวิเคราะห์ตะกั่วในน้ำ ในประเทศไทยจากการเข้าร่วมทดสอบความชำนาญอย่างต่อเนื่องครบ 7 รอบ จำนวน 12 ห้องปฏิบัติการ พบว่า 5 ห้องปฏิบัติการ (lab no. 9, 14, 26, 35 และ 48) มีผลการประเมินอยู่ในเกณฑ์ที่กำหนด (control limit) คือมีการกระจายข้อมูลอยู่สองข้าง central line อย่างสม่ำเสมอ, 1 ห้องปฏิบัติการ (lab 21) ผลการประเมิน 7 จุด ต่อเนื่องอยู่ใกล้ central line, 2 ห้องปฏิบัติการ (lab no. 12, 41) ผลการประเมิน 1 จุด ออกนอกเกณฑ์ที่กำหนด อีก 1 จุด อยู่ระหว่าง warning limit และ control limit, 2 ห้องปฏิบัติการ (lab no. 32, 46) ผลการประเมิน 1 จุด ออกนอกเกณฑ์ที่กำหนด, 1 ห้องปฏิบัติการ (lab no. 13) ผลการประเมิน 1 จุด อยู่ระหว่าง warning limit และ control limit, 1 ห้องปฏิบัติการ (lab no. 39) ผลการประเมิน 2 จุด ออกนอกเกณฑ์ (ตารางที่ 4) และเมื่อนำค่า z-score ใหม่มา plot จะได้แผนภูมิที่ใช้ควบคุมคุณภาพ (ภาพที่ 3)

ตารางที่ 4 ค่า z-score ของผลวิเคราะห์จาก 12 ห้องปฏิบัติการที่เข้าร่วมทดสอบฯ ตะกั่วในน้ำอย่างต่อเนื่อง เมื่อคำนวณโดยใช้ rsd_{pooled}

lab code	ปี พ.ศ. ที่ดำเนินการ						
	2551	2552	2553	2554	2555	2556	2557
	X^* = 0.050 mg/L s = 0.0045 mg/L % robust CV = 9.0	X^* = 0.201 mg/L s = 0.0181 mg/L % robust CV = 9.0	X^* = 0.052 mg/L s = 0.0047 mg/L %robust CV = 9.0	X^* = 0.073 mg/L s = 0.0066 mg/L %robust CV = 9.0	X^* = 0.081 mg/L s = 0.0073 mg/L %robust CV = 9.0	X^* = 0.055 mg/L s = 0.0050 mg/L % robust CV = 9.1	X^* = 0.071 mg/L s = 0.0064 mg/L %robust CV = 9.0
09	0.00	-0.06	-1.28	0.46	0.27	0.81	0.16
12	0.22	**-9.94**	0.21	-1.37	-1.10	0.20	2.19
13	0.67	0.50	-0.21	0.15	0.82	2.60	-0.78
14	-0.22	-1.16	0.00	0.00	-0.41	-0.20	-0.31
21	-0.89	-0.06	-1.49	-0.30	-0.41	-1.21	-0.63
26	0.00	1.05	0.00	-1.37	1.51	1.21	-1.09
32	-0.22	-0.61	0.85	0.30	-0.41	**-3.03**	-0.16
35	0.00	1.05	-1.07	-0.61	0.96	-0.40	-1.09
39	**-3.33**	-1.16	-0.43	**-3.65**	-0.55	0.61	0.00
41	**-3.71**	1.05	-1.28	-0.61	0.00	0.61	2.34
46	-0.44	0.50	**3.20**	0.76	0.00	0.20	-0.16
48	-0.44	-0.06	-0.64	0.00	-1.23	0.00	0.78

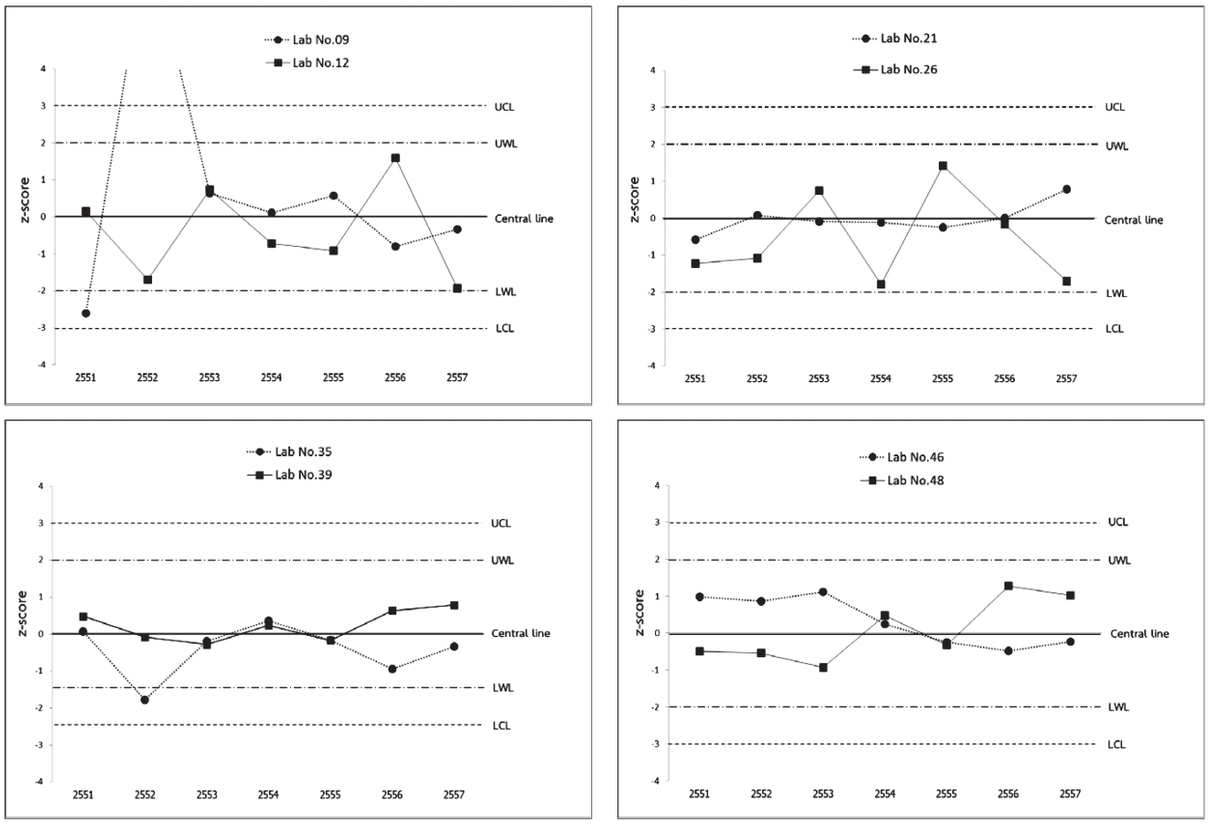


ภาพที่ 3 ค่า z-score ของผลวิเคราะห์จาก 12 ห้องปฏิบัติการที่เข้าร่วมทดสอบฯ ตะกั่วในน้ำอย่างต่อเนื่อง

ผลการวิเคราะห์แนวโน้มคุณภาพแต่ละห้องปฏิบัติการวิเคราะห์แคดเมียมในน้ำ ในประเทศไทยจากการเข้าร่วมทดสอบความชำนาญอย่างต่อเนื่องครบ 7 รอบ จำนวน 8 ห้องปฏิบัติการ พบว่า 7 ห้องปฏิบัติการ (lab no. 12, 21, 26, 35, 39, 46 และ 48) มีผลการประเมินอยู่ในเกณฑ์ที่กำหนด (control limit) คือ มีการกระจายข้อมูลอยู่สองข้าง central line อย่างสม่ำเสมอ, 1 ห้องปฏิบัติการ (lab no. 9) ผลการประเมิน 1 จุด อยู่ระหว่าง warning limit และ control limit และ 1 จุด ออกนอกเกณฑ์ที่กำหนด (ตารางที่ 5) และเมื่อนำค่า z-score ใหม่มา plot จะได้แผนภูมิที่ใช้ควบคุมคุณภาพ (ภาพที่ 4)

ตารางที่ 5 ค่า z-score ของผลวิเคราะห์จาก 8 ห้องปฏิบัติการที่เข้าร่วมทดสอบฯ แคดเมียมในน้ำอย่างต่อเนื่อง เมื่อคำนวณโดยใช้ rsd_{pooled}

	ปี พ.ศ. ที่ดำเนินการ						
	2551	2552	2553	2554	2555	2556	2557
	X^* = 0.0082 mg/L s = 0.0012 mg/Lmg/L % robust CV = 14.6	X^* = 0.0087 mg/L s = 0.0013 mg/L % robust CV = 17.2	X^* = 0.0072 mg/L s = 0.0011 mg/L %robust CV = 15.3	X^* = 0.0056 mg/L s = 0.0084 mg/L %robust CV = 12.7	X^* = 0.0080 mg/L s = 0.0012 mg/L %robust CV = 15.0	X^* = 0.0042 mg/L s = 0.00063 mg/L % robust CV = 15.0	X^* = 0.0059 mg/L s = 0.00088 mg/L %robust CV = 14.9
09	-2.61	**7.54**	0.65	0.12	0.58	-0.80	-0.34
12	0.16	-1.69	0.74	-0.72	-0.92	1.59	-1.93
21	-0.57	0.08	-0.09	-0.12	-0.25	0.00	0.79
26	-1.23	-1.08	0.74	-1.79	1.42	-0.16	-1.70
35	0.08	-1.77	-0.19	0.36	-0.17	-0.95	-0.34
39	0.49	-0.08	-0.28	0.24	-0.17	0.64	0.79
46	0.98	0.86	1.12	0.24	-0.25	-0.48	-0.23
48	-0.49	-0.54	-0.93	0.48	-0.33	1.28	1.02



ภาพที่ 4 ค่า z-score ของผลวิเคราะห์จาก 8 ห้องปฏิบัติการที่เข้าร่วมทดสอบฯ แคดเมียมในน้ำอย่างต่อเนื่อง

วิจารณ์

การทดสอบความชำนาญการวิเคราะห์โลหะในน้ำ เป็นการประเมินความสามารถห้องปฏิบัติการโดยการเปรียบเทียบผลระหว่างห้องปฏิบัติการต่าง ๆ ตัวอย่างที่ส่งไปยังห้องปฏิบัติการจึงมีความสำคัญต้องมีความเป็นเนื้อเดียวกัน แผนการทดสอบความชำนาญนี้ได้ยืนยันความเป็นเนื้อเดียวกันทุกรายการ โดยการทดสอบด้วยสถิติ One-Way ANOVA พบว่าทุกรายการไม่มีความแตกต่างระหว่างขวด ($p>0.05$) ดังนั้นผลวิเคราะห์จากสมาชิกที่มีค่า z-score>2 จึงไม่ได้เกิดจากความแปรปรวนของตัวอย่าง

ในการประเมินผลความสามารถของห้องปฏิบัติการสมาชิกใช้สถิติ robust analysis: Algorithm A ตาม ISO 13528 เป็นกระบวนการทางสถิติที่ใช้แก้ปัญหาการเกิดค่าที่ผิดปกติ โดยใช้การปฏิเสธ (rejection value) เพื่อหลีกเลี่ยงผลกระทบของการเบี่ยงเบนจากข้อมูลอย่างมีระบบ แล้วจึงคำนวณค่าประมาณของค่าเฉลี่ยที่เหลือ ค่าที่ได้นี้จะมีความทนสูง เพราะไม่ได้รับผลกระทบจากการมี outlier

แผนการทดสอบความชำนาญการตรวจวิเคราะห์น้ำทางเคมี ของสำนักคุณภาพและความปลอดภัยอาหาร ได้รับการรับรองความสามารถผู้จัดโปรแกรมทดสอบความชำนาญจากกรมวิทยาศาสตร์บริการ ตั้งแต่ปี พ.ศ. 2556 จึงเป็นหลักประกันให้สมาชิกมั่นใจได้ว่าการบริหารจัดการตัวอย่าง ข้อมูลทุกอย่าง จะเป็นไปตามมาตรฐานสากลระบบ ISO/IEC 17043:2010 นอกจากการจัดสัมมนาให้ความรู้สมาชิกเป็นครั้งคราวแล้ว สมาชิกสามารถสอบถามปรึกษา หรือมีปัญหาเทคนิคการตรวจวิเคราะห์ได้

ข้อมูลที่ได้จากห้องปฏิบัติการพบว่าส่วนใหญ่ใช้วิธีวิเคราะห์หรือเทคนิคที่เหมือนกัน หรือคล้ายคลึงกัน โดยอ้างอิงวิธีวิเคราะห์จาก Standard methods for the examination of water and wastewater (APHA) และ

ใช้เทคนิค atomic absorption spectrometry (AAS) หรือ induced couple plasma optical emission spectrometry หรือ mass spectrometry (ICP-OES, ICP-MS) ซึ่งไม่พบความแตกต่างระหว่างผลวิเคราะห์ที่ได้จากเทคนิคที่ต่างกันเหล่านี้ ห้องปฏิบัติการที่มีค่า z-score อยู่ในเกณฑ์ที่ไม่น่าพอใจ และที่เป็น outlier ในรอบแรก ๆ สามารถพัฒนาผลการตรวจวิเคราะห์ให้อยู่ในเกณฑ์ที่น่าพอใจ ค่า z-score ที่อยู่ในเกณฑ์ไม่น่าพอใจในรอบที่ 6, 7 แสดงถึงความไม่สม่ำเสมอของการตรวจวิเคราะห์ห้องปฏิบัติการที่มีผลทดสอบไม่สอดคล้องกับห้องปฏิบัติการอื่น ควรพิจารณาหาสาเหตุที่ผลกระทบต่อการทดสอบ ได้แก่ เครื่องมือ เครื่องแก้วที่ใช้ต้องมีระยะเวลาการสอบเทียบ มีการควบคุมคุณภาพของเครื่องมือ การล้างเครื่องแก้วต้องถูกต้องตามวิธีที่กำหนด แยกพื้นที่สำหรับงานวิเคราะห์โลหะปริมาณต่ำ เพื่อลดการปนเปื้อนที่จะส่งผลกระทบต่อผลการวิเคราะห์ การใช้สารเคมี หรือวัสดุอ้างอิงต้องมีมาตรฐานรับรอง ช่วงกราฟความเข้มข้นของสารมาตรฐานต้องมีความเหมาะสมไม่สูงเกินไป การเตรียมตัวอย่างมีความสำคัญ ต้องเตรียมตัวอย่างให้มีความเข้มข้นอยู่ในช่วงกราฟมาตรฐานที่อ่านได้จากเครื่อง มีระบบควบคุมคุณภาพภายใน เช่น ค่าที่อ่านได้จาก method blank ต้องไม่เกินขีดจำกัดของการตรวจพบ (LOD) มีการเติมสารมาตรฐานลงในตัวอย่างเพื่อหาค่าการกลับคืน (% recovery) ตรวจสอบการคำนวณ การถ่ายโอนข้อมูลให้มีความถูกต้อง วิธีทดสอบที่มีหลายขั้นตอน อาจมีเทคนิคยุ่งยากต้องฝึกฝนผู้ปฏิบัติงานให้มีความสามารถและประสบการณ์

การประเมินความสามารถแต่ละห้องปฏิบัติการในระยะยาว โดยนำผลวิเคราะห์ที่ได้มา plot graph ในรูป control chart ซึ่งเป็นแผนภูมิในการควบคุมคุณภาพการตรวจวิเคราะห์ โดยมีหลักการทางคณิตศาสตร์ที่แสดง control limit ของพิกัดบน upper control limit (UCL) พิกัดล่าง lower control limit (LCL) และเส้นกลาง central line (CL) ถ้าค่าที่ได้กระจายอยู่ภายใต้ขอบเขตแสดงว่าผลการวิเคราะห์อยู่ภายใต้การควบคุม (statistic control) ถ้าค่าที่ได้อยู่นอกเหนือขีดจำกัดทั้งสองแสดงว่าผลการวิเคราะห์อยู่เหนือการควบคุม คือ เกิดการแปรผันเกินขอบเขตที่กำหนดโดยอาศัยหลักทางสถิติ ในรายการตะกั่ว พบว่า 1 ห้องปฏิบัติการ (lab no.21) มีผลการประเมินอยู่ในเกณฑ์ที่น่าพอใจทุกรอบ เมื่อนำมา plot graph ในรูป control chart เห็นได้ชัดเจนว่าห้องปฏิบัติการมีผลวิเคราะห์ต่ำกว่า assigned values ทุกครั้งอย่างต่อเนื่อง 7 จุด ซึ่งไม่เป็นไปตาม statistic control อาจกล่าวได้ว่าการตรวจวิเคราะห์ของห้องปฏิบัติการเกิดความผิดพลาด (error) ซึ่งอาจมาจากเครื่องมือที่ใช้ วิธีวิเคราะห์ หรือจากผู้ปฏิบัติงานเอง การใช้เครื่องมือวัด (instrument) และเทคนิคการวัดมีความสำคัญ จากข้อมูลผลการทดสอบของสมาชิกพบว่า ห้องปฏิบัติการใช้เทคนิค (AAS) Flame ทุกครั้งในการตรวจวิเคราะห์ ซึ่งเทคนิคนี้เหมาะกับธาตุที่มีค่าการดูดกลืนแสง (absorb) ที่สูงและค่า absorb ที่อ่านได้ต้องคงที่ (นิ่ง) แต่ตะกั่วมีค่าการ (absorb) ต่ำ ค่าที่อ่านได้จึงไม่คงที่ดังนั้นการเตรียมตัวอย่างต้องให้มีความเข้มข้นมากพอเพื่อให้ค่าที่อ่านมีค่า absorb สูงตามเกณฑ์ที่คู่มือกำหนด วิธีนี้จึงอาจไม่เหมาะกับตัวอย่างที่มีความเข้มข้นต่ำ ๆ แต่ความคลาดเคลื่อนชนิดนี้สามารถนำเทคนิคอื่นมาปรับแก้ช่วยลดความคลาดเคลื่อนได้ ในรายการแคดเมียมพบว่าห้องปฏิบัติการทุกแห่งมีมาตรฐานในการตรวจวิเคราะห์ โดยเฉพาะห้องปฏิบัติการที่ 9 มีการพัฒนาการตรวจวิเคราะห์ที่เห็นได้อย่างชัดเจน หลายห้องปฏิบัติการเลือกใช้เครื่องมือที่มีเทคโนโลยีระดับสูง เช่น ICP-MS, ICP-OES เครื่องมือเหล่านี้จะให้ผลการวิเคราะห์ที่รวดเร็ว แต่จำเป็นต้องอาศัยความรู้ ความเข้าใจในเทคนิคที่จะวิเคราะห์ และมีประสบการณ์อย่างเพียงพอ ที่สำคัญผู้ปฏิบัติงานต้องมีความรู้ ความเข้าใจ ในงานที่ตนปฏิบัติ ผลการวิเคราะห์ที่ได้จึงมีความถูกต้อง แม่นยำ และน่าเชื่อถือ

การทดสอบความชำนาญฯ เป็นการประเมินจากหน่วยงานภายนอก จึงมีความน่าเชื่อถือ เนื่องจากปราศจากการเอนเอียง และใช้มาตรฐานเดียวกัน ผลการประเมินเป็นการบอกถึงความสามารถของห้องปฏิบัติการเมื่อเทียบกับห้องปฏิบัติการอื่นที่เข้าร่วมการทดสอบในรอบเดียวกัน ผลการประเมินในแต่ละรอบ หรือระยะยาวจะชี้ให้เห็นถึงความแตกต่างระหว่างห้องปฏิบัติการ และการเข้าร่วมทดสอบความชำนาญฯ อย่างต่อเนื่องยังบ่งบอกถึงคุณภาพและมาตรฐานในการปฏิบัติงาน ซึ่งจะนำไปสู่การพัฒนาห้องปฏิบัติการด้วย

สรุป

การประเมินห้องปฏิบัติการวิเคราะห์ตะกั่วและแคดเมียมในน้ำ ในประเทศไทย ระหว่างปี พ.ศ. 2551-2557 พบว่าห้องปฏิบัติการวิเคราะห์ตะกั่ว และแคดเมียม ส่วนใหญ่มีผลการวิเคราะห์อยู่ในเกณฑ์ที่น่าพอใจ ห้องปฏิบัติการที่มีผลการประเมินในรอบแรก ๆ อยู่ในเกณฑ์ที่น่าสงสัย หรือไม่น่าพอใจสามารถแก้ปัญหาที่เกิดขึ้นในห้องปฏิบัติการและพัฒนาการตรวจวิเคราะห์ให้มีความถูกต้อง แม่นยำ การนำผลการทดสอบความชำนาญฯ หลายครั้งอย่างต่อเนื่องมาวิเคราะห์เพื่อดูแนวโน้มด้านการพัฒนาคุณภาพของแต่ละห้องปฏิบัติการโดยใช้ control chart เป็นกลไกในระบบคุณภาพ จะบอกถึงคุณภาพ และประสิทธิภาพของห้องปฏิบัติการ (performance lab) ในรายการตรวจนั้น ๆ ซึ่งจะทำให้ห้องปฏิบัติการมีการปรับปรุง และพัฒนาอย่างต่อเนื่อง ทำให้ผลการตรวจวิเคราะห์มีความถูกต้อง น่าเชื่อถือ ซึ่งจะส่งผลให้ผู้บริโภคได้รับการคุ้มครองจากการบริโภคอาหารและดื่มน้ำที่ปลอดภัย

การเป็น PT provider ด้านการตรวจวิเคราะห์โลหะในน้ำของสำนักคุณภาพและความปลอดภัยอาหาร กรมวิทยาศาสตร์การแพทย์นั้น เป็นเครื่องมือที่จะช่วยในการพัฒนาศักยภาพของห้องปฏิบัติการฯ เนื่องจากมีประชุมสมาชิก แลกเปลี่ยนความคิดเห็น หรือการจัดทำรายงานผล จะมีประเด็นหรือมีส่วนช่วยให้สมาชิกได้พิจารณา ซึ่งจะทำให้ห้องปฏิบัติการสามารถปรับปรุงและพัฒนาการตรวจวิเคราะห์ให้มีคุณภาพและมาตรฐานเท่าเทียมกัน

กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบคุณนางกัญญา พุกสุ่น นักวิทยาศาสตร์การแพทย์ชำนาญการพิเศษ กรุณาให้คำปรึกษา แนะนำ และนางลดาพรรณ แสงคล้าย นักวิทยาศาสตร์การแพทย์ชำนาญการพิเศษ กรุณาตรวจทานบทคัดย่อภาษาอังกฤษ

เอกสารอ้างอิง

1. กรรณิกา จิตติยศรา และกัญญา พุกสุ่น. คุณภาพและความปลอดภัยของน้ำแร่ธรรมชาติที่ผลิตในประเทศและที่นำเข้าจากต่างประเทศ. ว กรมวิทย พ 2557; 56(4): 193-204.
2. ประกาศกระทรวงสาธารณสุข ฉบับที่ 61 (พ.ศ. 2524) เรื่อง น้ำบริโภคในภาชนะบรรจุที่ปิดสนิท ราชกิจจานุเบกษา เล่มที่ 98 ตอนที่ 157 (ลงวันที่ 24 กันยายน 2524).
3. ประกาศกระทรวงสาธารณสุข ฉบับที่ 199 (พ.ศ. 2543) เรื่อง น้ำแร่ธรรมชาติ ราชกิจจานุเบกษา เล่มที่ 118 ตอนพิเศษ 6 ง (ลงวันที่ 24 มกราคม 2544).
4. ISO/IEC 17043:2010. Conformity assessment - General requirements for proficiency testing. Geneva, Switzerland: ISO; 2010.
5. ISO IEC 17025:2005. General requirements for the competence of testing and calibration laboratories. Geneva, Switzerland: ISO; 2005.
6. สำนักมาตรฐานห้องปฏิบัติการ. การทดสอบความชำนาญ (Proficiency testing) และการเปรียบเทียบผลวิเคราะห์ (Interlaboratory comparisons), N 07 15 003. แก้ไขครั้งที่ 8. นนทบุรี : กรมวิทยาศาสตร์การแพทย์ กระทรวงสาธารณสุข.
7. ISO 13528:2005. Statistical methods for use in proficiency testing by interlaboratory comparisons. Geneva, Switzerland: ISO; 2005.
8. Thompson M, Ellison SLR, Wood R. The international harmonized protocol for the proficiency testing of analytical chemistry laboratories (IUPAC technical report). Pure Appl Chem 2006; 78(1): 145-96.
9. Neter J, Wasserman W, Whitmore GA. Applied statistics. Boston, MA: Allyn and Bacon; 1978.
10. SOP No. 20 16 004, การสร้างและการใช้ Control Chart ในการควบคุมคุณภาพการตรวจวิเคราะห์ทางเคมี. แก้ไขครั้งที่ 1. นนทบุรี : สำนักคุณภาพและความปลอดภัยอาหาร กรมวิทยาศาสตร์การแพทย์.

Potential of Analytical Laboratories of Lead and Cadmium in Water in Thailand during 2008 – 2014

Kannika Jittiyossara Pichaya Deesri and Sakorn Singsalasaeng

Bureau of Quality and Safety of Food, Department of Medical Sciences, Tiwanond Road, Nonthaburi 11000, Thailand.

ABSTRACT Bureau of Quality and Safety of Food (BQSF), Department of Medical Sciences, conducted a proficiency testing (PT) program on analysis of heavy metals; Pb and Cd in water in order to evaluate the competence of participating laboratories during 2008-2014, (7 rounds). Homogeneous PT sample of water for analyzing lead (Pb) and cadmium (Cd) were delivered to the laboratories that would send the results back within a designated time. The results were analyzed statistically using the z-score to assess the ability of participating laboratories. More than thirty laboratories participated in the PT programs each year. There were 12 and 8 laboratories that enrolled the Pb and Cd schemes, respectively for all 7 rounds. It was revealed that there were six Pb laboratories and five Cd laboratories having satisfactory results in every round, with the percentage of 50.0 and 62.5, respectively. Trends of participating laboratories quality which their continual PT results showed by z-score calculated from *s* value can be determined. The laboratories could perform continuous self-evaluation by calculating percentage of pooled relative standard deviation ($\%rsd_{pooled}$) of previous round which was subsequently used to compute pooled standard deviation (s_{pooled}), resulting the z-score. For Pb scheme, it was found that new z-scores of a laboratory were lower than the assigned values in all rounds. Although obtaining the satisfactory z-scores, such laboratory should find out the causes and correct those problems. For Cd scheme, all laboratories could maintain quality of their performance at satisfactory level. In conclusion, the evaluation of successive PT results could indicate potentiality of laboratories by considering trends in either direction of the results. This would enable water analysis laboratories in Thailand to improve and develop their competence and to achieve the same standard.

Key words: proficiency testing, water, lead, cadmium