การเตรียมตัวอย่างสำหรับกิจกรรมทดสอบความชำนาญห้องปฏิบัติการของรายการโลหะหนักในน้ำ
Sample preparation for laboratory proficiency testing of heavy metals in water

รัชดา เหมปฐวี[1*], วรรณี อู่ไพบูรณ์[1]
Rachada Hemapattawee[1*], Wannee Aupaiboon[1]

บทคัดย่อ

การเตรียมตัวอย่างสำหรับกิจกรรมทดสอบความชำนาญห้องปฏิบัติการของรายการทดสอบโลหะหนักในน้ำต้องมีความถูกต้องแม่นยำและเป็นตามข้อกำหนดของ ISO/IEC 17043:2010 การวิจัยนี้เป็นการศึกษาความเหมาะสมในการเตรียมตัวอย่างที่ใช้สำหรับดำเนินกิจกรรมทดสอบความชำนาญห้องปฏิบัติการของรายการแคดเมียม (Cd) นิกเกิล (Ni) และตะกั่ว (Pb) ในน้ำ โดยการเติมสารละลายมาตรฐานของแต่ละธาตุที่ทราบค่าแน่นอนลงในน้ำปราศจากไอออน เติมกรดไนตริกให้มีค่าความเป็นกรด-ด่าง น้อยกว่า 2.0 เพื่อรักษาสภาพตัวอย่าง กวนสารละลายให้เป็นเนื้อเดียวกัน บรรจุใส่ขวดตัวอย่าง และติดฉลากเพื่อบ่งชี้ให้ชัดเจน สุ่มตัวอย่างเพื่อนำไปทดสอบความเป็นเนื้อเดียวกันและความเสถียรในช่วงเวลาที่กำหนด รูปแบบทางสถิติที่ใช้ศึกษาความเป็นเนื้อเดียวกัน และความเสถียรปฏิบัติตามมาตรฐาน ISO 13528 : 2005 โดยเปรียบเทียบกับค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานที่ใช้ในการประเมินผลการทดสอบความชำนาญ (The standard deviation for proficiency assessment) ซึ่งเป็นค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานเป้าหมาย (Target standard deviation) ที่ได้จากทั้งข้อมูลการดำเนินกิจกรรมทดสอบความชำนาญที่ผ่านมา จากวิธีทดสอบมาตรฐาน และจากความคิดเห็นของที่ปรึกษา จึงกำหนดให้มีค่าเท่ากับร้อยละ 7 ของค่ากำหนด โดยค่ากำหนดของแคดเมียม (Cd) นิกเกิล (Ni) และตะกั่ว (Pb) เป็นค่าอ้างอิง(Reference value) จากสถาบันมาตรวิทยาแห่งชาติ และจากผลการประเมินความเป็นเนื้อเดียวกันและความเสถียรของตัวอย่างทั้ง 3 ชุดที่จัดเตรียมขึ้นพบว่ามีความเหมาะสมเพียงพอตามเกณฑ์ที่จะไม่ส่งผลกระทบต่อการทดสอบตัวอย่างของห้องปฏิบัติการที่เข้าร่วมกิจกรรมทดสอบความชำนาญ

Abstract

The sample preparation for laboratory proficiency testing of heavy metals in water must be accurate, precise, and meet the requirements of ISO/IEC 17043:2010. The aim of this study is to find the suitability of sample preparation for cadmium (Cd), nickel (Ni) and lead (Pb) in water by adding known standard solutions in the deionized water, preserving with nitric acid at pH-value about 2.0, mixing, filling in bottles and labelling. The samples are randomly selected for homogeneity and stability testing. The statistical process was designed for homogeneity and stability evaluation according to the ISO 13528: 2005 by comparing with the standard deviation for proficiency assessment which is the target standard deviation by perception from previous rounds, standard method and expert judgment. It was set at 7 % of the assigned values which were the reference values from National Metrology Institute (Thailand). The results of homogeneity and stability assessment of three sets of samples showed that they were sufficiently homogeneous and stable. These ensured that all laboratories receive distribution units that do not differ significantly in the parameters to be analyzed.

คำสำคัญ : กิจกรรมทดสอบความชำนาญห้องปฏิบัติการ, ความเป็นเนื้อเดียวกัน, ความเสถียร
Keywords : Laboratory proficiency testing , homogeneity , stability

[1]กรมวิทยาศาสตร์บริการ
*Corresponding author E-mail address : rachada@dss.go.th

1. บทนำ (Introduction)

กิจกรรมทดสอบความชำนาญห้องปฏิบัติการเป็นเครื่องมือหนึ่งที่ใช้ในการบ่งชี้ขีดความสามารถในการทดสอบของห้องปฏิบัติการ สามารถสร้างความเชื่อมั่นในผลทดสอบของห้องปฏิบัติการ ซึ่งกิจกรรมทดสอบความชำนาญห้องปฏิบัติการเป็นวิธีการควบคุมคุณภาพจากภายนอก (External quality control) ของห้องปฏิบัติการเพื่อประกอบการยื่นขอการรับรองระบบงานห้องปฏิบัติการตามมาตรฐาน ISO/IEC 17025-2005(1) และสามารถบ่งชี้สมรรถนะของห้องปฏิบัติการ (Laboratory's performance) และใช้เป็นเครื่องมือเฝ้าระวังการควบคุมคุณภาพของห้องปฏิบัติการอย่างต่อเนื่อง สร้างความเชื่อมั่นในการตรวจสอบคุณภาพสินค้าให้สามารถแข่งขันได้ในเวทีสากลและสร้างมาตรฐานการประกันความปลอดภัยแก่ผู้บริโภค

ผู้ดำเนินกิจกรรมทดสอบความชำนาญห้องปฏิบัติการ (Proficiency testing provider) ต้องมีระบบการดำเนินงานที่เป็นไปตามมาตรฐานสากล ISO / IEC 1704-2010 (2) เพื่อให้การประเมินสมรรถนะห้องปฏิบัติการที่เข้าร่วมกิจกรรมมีความถูกต้องน่าเชื่อถือ ชุดตัวอย่างที่ใช้ในกิจกรรมทดสอบความชำนาญห้องปฏิบัติการมีบทบาทสำคัญมากต่อการดำเนินกิจกรรม โดยปัจจัยที่จะต้องพิจารณาเกี่ยวกับการจัดเตรียมตัวอย่างสำหรับแต่ละกิจกรรม ได้แก่ ประเภทของตัวอย่างซึ่งจำแนกตามลักษณะตัวอย่างโดยทั่วไปมีลักษณะเป็น ของแข็ง ของเหลว กึ่งของแข็ง และก๊าซ องค์ประกอบ (Matrix) ของตัวอย่าง และช่วงความเข้มข้นของรายการทดสอบตัวอย่างที่จะต้องสอดคล้องกับลักษณะของตัวอย่างที่ห้องปฏิบัติการทดสอบอยู่เป็นประจำ

สำหรับกิจกรรมทดสอบความชำนาญห้องปฏิบัติการรายการทดสอบโลหะหนักในน้ำ (Heavy metals in water) เป็นกิจกรรมที่มีความสำคัญมากในการบ่งชี้ขีดความสามารถของห้องปฏิบัติการในการตรวจสอบปริมาณโลหะหนักในน้ำ ซึ่งการเตรียมตัวอย่างสำหรับกิจกรรมนั้นมีความสำคัญอย่างยิ่ง จะต้องอาศัยความรู้และประสบการณ์ในการเตรียมตัวอย่างที่ถูกต้องและเป็นไปตามข้อกำหนด เพื่อลดปัจจัยที่อาจส่งผลกระทบในการทดสอบตัวอย่างของกลุ่มห้องปฏิบัติการที่เข้าร่วมกิจกรรม และเป็นการสร้างความเชื่อมั่นในการดำเนินงานของผู้จัดกิจกรรมทดสอบความชำนาญห้องปฏิบัติการ กิจกรรมนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาวิธีการเตรียมตัวอย่างโลหะหนักในน้ำให้มีความเป็นเนื้อเดียวกัน (Homogeneity) และความเสถียร (Stability) ตลอดช่วงระยะเวลาที่กำหนดให้ห้องปฏิบัติการดำเนินการทดสอบด้วยวิธีการประเมินผลทางสถิติที่เหมาะสม ซึ่งขอบเขตของการวิจัยครั้งนี้จะศึกษาความเป็นเนื้อเดียวกันและความเสถียรของรายการแคดเมียม (Cd) นิกเกิล (Ni) และตะกั่ว (Pb) ในตัวอย่างน้ำที่จัดเตรียมขึ้น

2. วิธีการวิจัย (Experimental)

2.1 เครื่องมือ

2.1.1 เครื่องชั่งน้ำหนัก Sartorius CCI100K2 น้ำหนักสูงสุด 150 kg

2.2 วัสดุอ้างอิงและวัสดุอุปกรณ์

2.2.1 วัสดุอ้างอิง (standard reference material) ได้แก่ สารละลายมาตรฐานอ้างอิงแคดเมียม, สารละลายมาตรฐานอ้างอิงตะกั่ว และสารละลายมาตรฐานอ้างอิงนิกเกิล

2.2.2 วัสดุอุปกรณ์

2.2.2.1 ขวดบรรจุตัวอย่างชนิด High density polyethylene ขนาดปริมาตร 500 L

2.2.2.2 ถังสำหรับเตรียมสารละลายตัวอย่างชนิด High density polyethylene tank ขนาดปริมาตร 200 L พร้อมอุปกรณ์กวนสารละลาย

2.3 ขั้นตอนการเตรียมสารละลายตัวอย่าง

2.3.1 คำนวณปริมาตรสารละลายมาตรฐานที่ใช้ในการเตรียมตัวอย่างน้ำ โดยมีสูตรการคำนวณปริมาตรสารละลายมาตรฐานที่ใช้ในการเตรียมตัวอย่างน้ำ ดังนี้

$$V1 = (V2 \times C2) / V2$$

V1 = ปริมาตรสารละลายมาตรฐาน (L)

V2 = ปริมาตรสารละลายตัวอย่าง (L) ที่ต้องการเตรียม

C1 = ความเข้มข้นของสารละลายมาตรฐาน (mg/L)

C2 = ความเข้มข้นของสารละลายตัวอย่าง (mg/L)

2.3.2 ทำความสะอาดภาชนะสำหรับบรรจุตัวอย่าง ด้วยผลิตภัณฑ์ทำความสะอาด (Detergent)

และล้างด้วยน้ำประปาให้สะอาด นำไปแช่ในสารละลายกรดไนตริกหรือกรดไฮโดรคลอริกเข้มข้นร้อยละ 10 เป็นเวลา 24 ชั่วโมง และล้างด้วยน้ำกลั่น ผึ่งให้แห้ง

2.3.3 บรรจุน้ำปราศจากไอออนในถังสำหรับเตรียมสารละลาย โดยวิธีชั่งน้ำหนักและปิเปตสารละลายมาตรฐานแต่ละธาตุ ตามปริมาตรที่คำนวณได้ในข้อ 2.3.1

2.3.4 เติมกรดไนตริกให้สารละลายตัวอย่างมีค่าความเป็นกรด-ด่าง (pH-value) น้อยกว่า 2.0 เพื่อรักษาความเสถียรของสารละลายตัวอย่าง กวนสารละลายให้เป็นเนื้อเดียวกัน

2.3.5 บรรจุสารละลายใส่ขวดตัวอย่างปริมาตร 500 L ปิดฝาให้สนิท ติดฉลากเพื่อบ่งชี้ตัวอย่างให้ชัดเจน

2.4 การสุ่มตัวอย่าง (Random sampling)

วิธีการสุ่มตัวอย่างมีความสำคัญมากต่อการศึกษาความเป็นเนื้อเดียวกัน และความเสถียรของชุดตัวอย่างที่จัดเตรียมขึ้น เป็นวิธีการที่จะทำให้ได้ตัวอย่างที่เหมาะสมสำหรับเป็นตัวแทนของกลุ่มประชากรทั้งหมด โดยมีสูตรการสุ่มตัวอย่าง ดังนี้

$$R+xI,\ I = N/n \text{ และ } x \text{ มีค่าเป็น } 0, 1, 2\ldots$$

โดย I = Sampling Interval, N = จำนวนตัวอย่างทั้งหมดที่เตรียม, n = จำนวนตัวอย่างที่ต้องการสุ่ม และ R = หมายเลขของตัวอย่างขวดแรกที่ถูกสุ่ม

ตัวอย่างการคำนวณ จำนวนตัวอย่างทั้งหมดที่เตรียม (N)= 200 ขวด หมายเลขตั้งแต่ 001 ถึง 200 จำนวนตัวอย่างที่ต้องการสุ่ม (n)= 10 ขวด ดังนั้น I = 200/10 = 20 และ R= ตัวอย่างขวดแรกที่ถูกสุ่ม ถ้าตัวอย่างแรกที่ถูกสุ่มคือหมายเลข 2 ดังนั้นตัวอย่างทั้ง 10 ขวดที่ถูกสุ่มจะมีหมายเลขดังแสดงในตารางที่ 1

ตารางที่ 1 : หมายเลขของตัวอย่างที่ถูกสุ่มจำนวน 10 ขวด

R	R+I	R+2I	R+3I	R+4I	R+5I	R+6I	R+7I	R+8I	R+9I
2	22	42	62	82	102	122	142	162	182

2.5 การทดสอบความเป็นเนื้อเดียวกัน (Homogeneity testing)

ตัวอย่างที่จัดเตรียมขึ้นนั้นจะต้องมีข้อมูลบ่งชี้ความเป็นเนื้อเดียวกัน ก่อนที่จะดำเนินการแจกจ่ายให้ห้องปฏิบัติการที่เข้าร่วมกิจกรรมเพื่อทำการทดสอบ โดยตัวอย่างจำนวน 10 ตัวอย่างจะถูกสุ่มเพื่อเป็นตัวแทนของชุดตัวอย่างทั้งหมดโดยวิธีสุ่มตัวอย่าง(random sampling) นำไปทดสอบรายการ แคดเมียม นิกเกิล และตะกั่ว ตามวิธี Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater, AWWA, APHA, 21st ed. 2005 (4) ซึ่งแต่ละตัวอย่างจะทดสอบแบบ duplicate และในการประเมินผลเพื่อตรวจสอบความเป็นเนื้อเดียวกันของตัวอย่างจะวิเคราะห์ผลด้วยการเปรียบเทียบค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานระหว่างตัวอย่าง (The between-samples standard deviation) กับค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานที่ใช้ในการประเมินผลการทดสอบความชำนาญ (The standard deviation for proficiency assessment) โดยใช้เกณฑ์การยอมรับตามมาตรฐาน ISO 13528 : 2005(3)

2.6 การทดสอบความเสถียร (Stability testing)

เพื่อบ่งชี้ความเสถียรตลอดช่วงระยะเวลาที่กำหนดให้ห้องปฏิบัติการดำเนินการทดสอบ โดยสุ่มตัวอย่างจำนวน 5 ตัวอย่างจากชุดตัวอย่างเดียวกับที่แจกจ่ายให้แก่ห้องปฏิบัติการที่เข้าร่วมกิจกรรม นำไปทดสอบให้ปฏิบัติเช่นเดียวกับการทดสอบความเป็นเนื้อเดียวกัน โดยวันที่ทำการทดสอบจะต้องเป็นวันหลังจากที่กำหนดให้ห้องปฏิบัติการทำการทดสอบเป็นวันสุดท้าย นำข้อมูลที่ได้มาหาค่าเฉลี่ยและเปรียบเทียบกับค่าเฉลี่ยของชุดข้อมูลที่ทดสอบความเป็นเนื้อเดียวกัน โดยใช้เกณฑ์การยอมรับตามมาตรฐาน ISO 13528 : 2005(3)

2.7 การออกแบบทางสถิติ (Statistical designs)

รูปแบบทางสถิติเพื่อใช้ศึกษาความเป็นเนื้อเดียวกันและความเสถียรของชุดตัวอย่างที่จัดเตรียมขึ้น เพื่อบ่งชี้ความเหมาะสมของตัวอย่างสำหรับการดำเนินกิจกรรมการทดสอบความชำนาญ ปฏิบัติตามตามวิธีในมาตรฐาน ISO 13528 : 2005(3) การศึกษาความเป็นเนื้อเดียวกันทำโดยการเปรียบเทียบค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานระหว่างตัวอย่างเทียบกับค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานที่ใช้ในการ

ประเมินผลการทดสอบความชำนาญ ซึ่งมีเกณฑ์ยอมรับความเป็นเนื้อเดียวกัน ดังนี้

$$s_S \leq 0.3 \hat{\sigma}_p$$

s_S = The between-samples standard deviation

$\hat{\sigma}_p$ = The standard deviation for proficiency assessment

สำหรับการศึกษาความเสถียรของตัวอย่างโดยการเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยชุดข้อมูลที่ต้องการศึกษาความเสถียรตามระยะเวลาที่กำหนดเทียบกับค่าเฉลี่ยของชุดข้อมูลที่ทดสอบความเป็นเนื้อเดียวกัน เกณฑ์การยอมรับความเสถียร ดังนี้

$$|A - B| \leq 0.3 \hat{\sigma}_p$$

A = The general average of the measurements obtained in the homogeneity check

B = The general average of the results obtained in the stability check

สำหรับ The standard deviation for proficiency assessment($\hat{\sigma}$) ในกิจกรรมนี้เลือกใช้ค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานเป้าหมาย (Target standard deviation) ซึ่งแหล่งของข้อมูลที่นำมาใช้ประกอบการกำหนดเกณฑ์ค่าเป้าหมายของกิจกรรมนั้นได้จากข้อมูลของค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานจากกิจกรรมทดสอบความชำนาญที่ผ่านมา (Experience with previous rounds) และจากความคิดเห็นของที่ปรึกษา(Perception of experts) ดังนั้นค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานเป้าหมายของรายการแคดเมียม นิกเกิล และตะกั่วในน้ำ กำหนดค่าในรูปแบบ % CV (Coefficient of variation) โดยมีเกณฑ์เท่ากับ 7 % ของค่ากำหนด เพื่อใช้ในการประเมินความเป็นเนื้อเดียวกันและความเสถียรของชุดตัวอย่างที่จัดเตรียมขึ้น และได้ทำการศึกษาเพื่อยืนยันความเหมาะสมของการกำหนดเกณฑ์ประเมินดังกล่าวโดย เปรียบเทียบกับค่า % CV ที่คำนวณได้จาก Horwitz equation ซึ่งมีสูตรการคำนวณดังนี้

$$\% CV = 2^{(1-0.5 \log C)}$$

(C = The concentration ratio of assigned value)

3. ผลและวิจารณ์ (Results and Discussion)

การเตรียมตัวอย่างสำหรับกิจกรรมทดสอบความชำนาญห้องปฏิบัติการรายการโลหะหนักในน้ำ ขอบเขตของการศึกษานี้เฉพาะรายการแคดเมียม นิกเกิล และตะกั่วในน้ำ ซึ่งเตรียมจากสารละลายมาตรฐานรับรอง (Certified reference material) ของแต่ละธาตุ และรักษาสภาพสารละลายตัวอย่างด้วยกรดไนตริกให้มีค่าความเป็นกรด-ด่างน้อยกว่า 2.0

การประเมินความเป็นเนื้อเดียวกันและความเสถียรของชุดตัวอย่างที่จัดเตรียมขึ้นสำหรับกิจกรรมใช้ค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานเป้าหมายของแต่ละธาตุ มีค่าเท่ากับ 7 % ของค่ากำหนด (Assigned value) ซึ่งค่ากำหนดของทั้ง 3 ธาตุเป็นค่าอ้างอิง (Reference value) ที่ได้จากห้องปฏิบัติการอ้างอิงของสถาบันมาตรวิทยาแห่งชาติที่ใช้เทคนิคการวัดค่าแบบ Isotope Dilution Mass Spectrometry (IDMS) ผลการศึกษาความเป็นเนื้อเดียวกันและความเสถียรของชุดตัวอย่างที่จัดเตรียมขึ้นทั้ง 3 ชุด มีค่าเป็นไปตามเกณฑ์ยอมรับของความเป็นเนื้อเดียวกันและความเสถียร นั่นแสดงว่าชุดตัวอย่างมีความเหมาะสมเพียงพอสำหรับการดำเนินกิจกรรมทดสอบความชำนาญห้องปฏิบัติการดังแสดงในตารางที่ 2 — 5 และข้อมูลที่สนับสนุนความเหมาะสมของการกำหนดค่า Target standard deviation ของกิจกรรมคือ การคำนวณ %CV ด้วย Horwitz equation ของทั้ง 3 ธาตุ พบว่ามีค่ามากกว่า 13% CV ของค่ากำหนด ซึ่งสูงกว่าค่า Target standard deviation ที่กำหนดไว้เท่ากับ 7% CV ของค่ากำหนด ดังแสดงในตารางที่ 6 และเมื่อนำค่าเฉลี่ยของผลทดสอบความเป็นเนื้อเดียวกันและค่าเฉลี่ยของผลทดสอบความเสถียรเปรียบเทียบกับค่าอ้างอิง พบว่าผลทดสอบของตัวอย่างทั้ง 3 ชุดมีค่าแตกต่างน้อยกว่าร้อยละ 10 ดังแสดงในตารางที่ 7 ซึ่งแสดงถึงความสามารถของห้องปฏิบัติการทดสอบตัวอย่างสำหรับการศึกษาความเป็นเนื้อเดียวกันและความเสถียร

ตารางที่ 2 ข้อมูลการศึกษาความเป็นเนื้อเดียวกันของตัวอย่างน้ำชุดที่ 1

Sample		Cadmium (mg/L)		Lead (mg/L)		Nickel (mg/L)	
		replicate 1	replicate 1	replicate 1	replicate 1	replicate 1	replicate 2
1		0.667	0.673	1.405	1.43	3.971	3.999
2		0.674	0.668	1.408	1.404	3.971	4.008
3		0.679	0.672	1.413	1.421	3.984	4.035
4		0.663	0.685	1.393	1.437	4.008	4.055
5		0.673	0.675	1.408	1.417	4.011	4.072
6		0.680	0.681	1.431	1.411	3.986	4.068
7		0.667	0.670	1.401	1.403	4.048	4.007
8		0.672	0.675	1.424	1.422	4.059	4.051
9		0.671	0.671	1.415	1.417	3.962	4.036
10		0.678	0.670	1.402	1.409	4.040	3.970
Between Sample analysis	mean	0.673		1.414		4.017	
	s_S	0.000		0.000		0.000	
	$\hat{\sigma}_p$	0.043		0.093		0.277	
	$0.3\hat{\sigma}_p$	0.013		0.028		0.083	
	$s_S \leq 0.3\hat{\sigma}_p$	SUFFICIENT		SUFFICIENT		SUFFICIENT	

ตารางที่ 3 ข้อมูลการศึกษาความเป็นเนื้อเดียวกันของตัวอย่างน้ำ ชุดที่ 2

Sample		Cadmium (mg/L)		Lead (mg/L)		Nickel (mg/L)	
		replicate 1	replicate 1	replicate 1	replicate 1	replicate 1	replicate 2
1		0.04	0.04	0.408	0.407	0.31	0.31
2		0.04	0.04	0.406	0.405	0.30	0.31
3		0.04	0.04	0.400	0.408	0.30	0.31
4		0.04	0.04	0.404	0.404	0.30	0.30
5		0.04	0.04	0.408	0.404	0.30	0.30
6		0.04	0.04	0.408	0.405	0.30	0.30
7		0.04	0.04	0.407	0.402	0.31	0.31
8		0.04	0.04	0.402	0.408	0.30	0.30
9		0.04	0.04	0.406	0.408	0.30	0.30
10		0.04	0.04	0.407	0.409	0.30	0.31
Between Sample analysis	mean	0.040		0.406		0.304	
	s_S	0.000		0.000		0.003	
	$\hat{\sigma}_p$	0.003		0.029		0.021	
	$0.3\hat{\sigma}_p$	0.001		0.009		0.006	
	$s_S \leq 0.3\hat{\sigma}_p$	SUFFICIENT		SUFFICIENT		SUFFICIENT	

ตารางที่ 4 ข้อมูลการศึกษาความเป็นเนื้อเดียวกันของตัวอย่างน้ำ ชุดที่ 3

Sample		Cadmium (mg/L)		Lead (mg/L)		Nickel (mg/L)	
		replicate 1	replicate 1	replicate 1	replicate 1	replicate 1	replicate 2
1		1.11	1.11	0.70	0.70	0.78	0.78
2		1.11	1.11	0.70	0.70	0.77	0.77
3		1.12	1.12	0.70	0.70	0.77	0.78
4		1.12	1.11	0.70	0.70	0.77	0.77
5		1.11	1.12	0.69	0.70	0.78	0.78
6		1.11	1.11	0.69	0.70	0.79	0.76
7		1.10	1.13	0.69	0.70	0.77	0.78
8		1.11	1.10	0.70	0.70	0.78	0.78
9		1.11	1.11	0.70	0.69	0.77	0.77
10		1.11	1.11	0.70	0.70	0.78	0.78
Between Sample analysis	mean	1.112		0.698		0.776	
	s_S	0.000		0.000		0.000	
	$\hat{\sigma}_p$	0.064		0.058		0.048	
	$0.3\hat{\sigma}_p$	0.019		0.017		0.014	
	$s_S \leq 0.3\hat{\sigma}_p$	SUFFICIENT		SUFFICIENT		SUFFICIENT	

ตารางที่ 5 ข้อมูลการศึกษาความเสถียรของตัวอย่างน้ำทั้ง 3 ชุด

Item	ตัวอย่างน้ำชุดที่ 1			ตัวอย่างน้ำชุดที่ 2			ตัวอย่างน้ำชุดที่ 3		
	Cadmium	Lead	Nickel	Cadmium	Lead	Nickel	Cadmium	Lead	Nickel
Conc. (mg/L) (Reference value)	0.621	1.324	3.962	0.043	0.411	0.312	1.127	0.712	0.815
%CV (Target standard deviation, $\hat{\sigma}_p$)	7.0	7.0	7.0	7.0	7.0	7.0	7.0	7.0	7.0
%CV (Horwitz equation)	17.2	15.2	13.0	25.7	18.3	19.1	15.7	16.8	16.5

ตารางที่ 6 เปรียบเทียบค่า%CV ของ Target standard deviation ($\hat{\sigma}_p$) และ Horwitz equation

Item	ตัวอย่างน้ำชุดที่ 1			ตัวอย่างน้ำชุดที่ 2			ตัวอย่างน้ำชุดที่ 3		
	Cadmium	Lead	Nickel	Cadmium	Lead	Nickel	Cadmium	Lead	Nickel
Conc. (mg/L) (Reference value)	0.621	1.324	3.962	0.043	0.411	0.312	1.127	0.712	0.815
%CV (Target standard deviation, $\hat{\sigma}_p$)	7.0	7.0	7.0	7.0	7.0	7.0	7.0	7.0	7.0
%CV (Horwitz equation)	17.2	15.2	13.0	25.7	18.3	19.1	15.7	16.8	16.5

ตารางที่ 7 เปรียบเทียบค่าเฉลี่ยของผลทดสอบความเป็นเนื้อเดียวกันและความเสถียรเทียบกับค่าอ้างอิง

Item (mg/L)	ตัวอย่างน้ำชุดที่ 1			ตัวอย่างน้ำชุดที่ 2			ตัวอย่างน้ำชุดที่ 3		
	Cadmium	Lead	Nickel	Cadmium	Lead	Nickel	Cadmium	Lead	Nickel
Concentration (Reference value)	0.621	1.324	3.962	0.043	0.411	0.312	1.127	0.712	0.815
Average mean of homogeneity	0.673 (8.37%)	1.414 (6.80%)	4.017 (1.39%)	0.040 (6.98%)	0.406 (1.22%)	0.304 (2.56%)	1.112 (1.33%)	0.698 (1.97%)	0.776 (4.79%)
Average mean of stability	0.665 (7.09%)	1.408 (6.34%)	4.025 (1.59%)	0.040 (6.98%)	0.406 (1.22%)	0.300 (3.85%)	1.104 (2.04%)	0.704 (1.12%)	0.790 (3.07%)

4. สรุป (Conclusion)

การเตรียมตัวอย่างของรายการแคดเมียม นิกเกิลและตะกั่วในน้ำ มีความเหมาะสมสำหรับใช้ในกิจกรรมทดสอบความชำนาญห้องปฏิบัติการ โดยตัวอย่างมีความเป็นเนื้อเดียวกันและความเสถียรเพียงพอที่จะไม่ส่งผลกระทบต่อการดำเนินกิจกรรมทดสอบความชำนาญ โดยห้องปฏิบัติการที่ทำหน้าที่ทดสอบความเป็นเนื้อเดียวกันและความเสถียรของตัวอย่างจะต้องมีระบบการควบคุมคุณภาพผลการทดสอบที่เป็นไปตามมาตรฐานสากลเพื่อลดปัจจัยที่อาจกระทบต่อผลการทดสอบ

5. กิตติกรรมประกาศ (Acknowledgement)

ขอขอบคุณเจ้าหน้าที่ห้องปฏิบัติการของสถาบันมาตรวิทยาแห่งชาติที่ให้ค่าอ้างอิงของกิจกรรม และขอขอบคุณเจ้าหน้าที่ของศูนย์บริหารจัดการทดสอบความชำนาญห้องปฏิบัติการ กรมวิทยาศาสตร์บริการที่ให้ความอนุเคราะห์ในการวิจัยสำเร็จลุล่วงไปได้ด้วย

6. เอกสารอ้างอิง (References)

(1) INTERNATIONAL ORGANIZATION FOR STANDARDIZATION/ INTERNATIONAL ELECTROTECHNICAL COMMISSION. ISO/IEC17025 : 2005, General requirements for the competence of testing and calibration laboratories.

(2) INTERNATIONAL ORGANIZATION FOR STANDARDIZATION/ INTERNATIONAL ELECTROTECHNICAL COMMISSION. ISO/IEC 17043:2010, Conformity assessment-general requirements for proficiency testing.

(3) INTERNATIONAL ORGANIZATION FOR STANDARDIZATION. ISO 13528:2005. Statistical methods for use in proficiency testing by interlaboratory comparisons.

(4) AMERICAN WATER WORKS ASSOCIATION, AMERICAN PUBLIC HEALTH ASSOCIATION. Standard methods for the examination of water and wastewater, 21st ed. Maryland : American Public Health Association, 2005