

คู่มือปฏิบัติงานหลัก

เรื่อง

การตรวจสอบความใช้ได้ของวิธีทดสอบปริมาณโลหะหนักในน้ำ ด้วยเทคนิค Flame Atomic Absorption Spectrophotometry (FAAS)

จัดทำโดย

นายปฐมศร จุฑะกนก

ศูนย์วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีเพื่อการวิจัยและพัฒนาท้องถิ่น

สถาบันวิจัยและพัฒนา

มหาวิทยาลัยราชภัฏอุดรธานี



คู่มือปฏิบัติงานหลัก

เรื่อง

การตรวจสอบความใช้ได้ของวิธีทดสอบปริมาณโลหะหนักในน้ำ ด้วยเทคนิค Flame Atomic Absorption Spectrophotometry (FAAS)

จัดทำโดย

นายปฐมศร จุฑะกนก

ศูนย์วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีเพื่อการวิจัยและพัฒนาท้องถิ่น

สถาบันวิจัยและพัฒนา

มหาวิทยาลัยราชภัฏอุดรธานี

ตรวจสอบการจัดทำ แก้ไขครั้งที่ 1

.....

ผู้อำนวยการสถาบันวิจัยและพัฒนา

วันที่.....เดือน.....พ.ศ. .....

คำนำ

คู่มือการตรวจสอบความใช้ได้ของวิธีทดสอบปริมาณโลหะหนักในน้ำด้วยเทคนิค Flame Atomic Absorption Spectrophotometry (FAAS) จัดทำขึ้นเพื่อใช้เป็นเอกสารอ้างอิงและแนวทางปฏิบัติงานสำหรับนักวิทยาศาสตร์และบุคลากรที่เกี่ยวข้องกับการทดสอบคุณภาพน้ำ โดยมุ่งเน้นให้เกิดความถูกต้อง ความน่าเชื่อถือ และความสามารถสอบกลับได้ของผลการทดสอบ ตลอดจนสามารถประยุกต์ใช้ในการแก้ไขปัญหาเชิงปฏิบัติการได้อย่างมีประสิทธิภาพ อันจะนำไปสู่การยกระดับมาตรฐานการให้บริการทดสอบของห้องปฏิบัติการให้สอดคล้องตามข้อกำหนดของ ISO/IEC 17025

วัตถุประสงค์สำคัญของคู่มือฉบับนี้ คือ เพื่อพัฒนาและจัดทำแนวทางการตรวจสอบความใช้ได้ของวิธีทดสอบ (Method Validation) สำหรับการวิเคราะห์ปริมาณโลหะหนัก ได้แก่ เหล็ก แมงกานีส และทองแดง ในตัวอย่างน้ำ โดยอธิบายหลักการ ขั้นตอนการปฏิบัติ การประเมินสมรรถนะของวิธี ทั้งนี้ได้ดัดแปลงและประยุกต์วิธีจากเอกสารมาตรฐานสากล ได้แก่ Standard Methods for the Examination of Water & Wastewater และ EURACHEM Guide: The fitness for purpose of analytical methods: A laboratory guide to method validation and related topics เพื่อให้เหมาะสมกับบริบทการปฏิบัติงานของห้องปฏิบัติการ

ผู้จัดทำหวังเป็นอย่างยิ่งว่า คู่มือฉบับนี้จะเป็นเอกสารที่มีประโยชน์ต่อการปฏิบัติงานของนักวิทยาศาสตร์และบุคลากรในห้องปฏิบัติการ สามารถใช้เป็นแนวทางในการดำเนินงาน ตรวจสอบ แก้ไขปัญหา และพัฒนาคุณภาพงานทดสอบได้อย่างต่อเนื่องและยั่งยืน หากมีข้อเสนอแนะประการใด คณะผู้จัดทำยินดีน้อมรับเพื่อนำไปปรับปรุงให้สมบูรณ์ยิ่งขึ้นต่อไป

ปฐมศร จุฑะกนก
นักวิทยาศาสตร์/ผู้จัดทำ

มีนาคม 2569

สารบัญ

หน้า

คำนำ

สารบัญ

ส่วนที่ 1 บริบทของมหาวิทยาลัย

ประวัติมหาวิทยาลัยราชภัฏอุดรธานี 1

เอกลักษณ์และอัตลักษณ์ของมหาวิทยาลัย 5

ปรัชญา ปรัชญาการศึกษา วิสัยทัศน์ และพันธกิจของมหาวิทยาลัย 5

นโยบายและยุทธศาสตร์มหาวิทยาลัย 5

ตราสัญลักษณ์ ดอกไม้ และสีประจำมหาวิทยาลัย 7

ส่วนที่ 2 บริบทของหน่วยงานสถาบันวิจัยและพัฒนา

ประวัติสถาบันวิจัยและพัฒนา 9

วิสัยทัศน์ สมรรถนะหลัก ค่านิยม พันธกิจ 9

ประวัติศูนย์วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีเพื่อการวิจัยและพัฒนาท้องถิ่น 11

ปรัชญา อัตลักษณ์ เอกลักษณ์ พันธกิจ 12

ส่วนที่ 3 ขั้นตอนการปฏิบัติงาน

ขั้นตอนที่ 1 คัดเลือกวิธีทดสอบ 14

ขั้นตอนที่ 2 ประเมินความสามารถวิธีทดสอบของห้องปฏิบัติการ 17

ขั้นตอนที่ 3 การเตรียมเครื่องมือและสารเคมี 20

ขั้นตอนที่ 4 การเตรียมตัวอย่าง 25

ขั้นตอนที่ 5 การทดสอบตัวอย่าง 27

ขั้นตอนที่ 6 การคำนวณและการยืนยันผลการทดสอบ 30

ขั้นตอนที่ 7 สรุปผลการตรวจสอบและการนำไปใช้งาน 37

ประวัติผู้เขียน 41

เอกสารอ้างอิง 45

เอกสารภาคผนวก 47

สารบัญภาพ

หน้า

ภาพที่ 3.1	Standard methods for the Examination of water and Wastewater ฉบับล่าสุด	14
ภาพที่ 3.2	รายการวิธีทดสอบโลหะหนักแบ่งตามเทคนิคการวิเคราะห์	15
ภาพที่ 3.3	มาตรฐานอุตสาหกรรมน้ำบริโภค พ.ศ. 2549 และมาตรฐานน้ำบาดาลเพื่อการบริโภค พ.ศ. 2551	18
ภาพที่ 3.4	ช่วงการวัดธาตุโลหะเหล็ก (Fe) ของวิธี 3111	19
ภาพที่ 3.5	ช่วงการวัดของเครื่องมือ FAAS ในการวัดโลหะเหล็ก	19
ภาพที่ 3.6	รายงานผลการ PM เครื่อง FAAS	21
ภาพที่ 3.7	ตัวอย่างรายงานผลการสอบเทียบเครื่องแก้ว	23
ภาพที่ 3.8	ตัวอย่างใบรับรองสารละลายมาตรฐานเหล็กประเภทวัสดุอ้างอิง	24
ภาพที่ 3.9	ใบรับรองผู้จัดกิจกรรมทดสอบความชำนาญ (PT Provider) ที่ได้รับการรับรอง ISO 17043	25
ภาพที่ 3.10	การบันทึกข้อมูลเพื่อใช้ในการคำนวณความเป็นเส้นตรงของช่วงวิธีทดสอบ (Linearity)	32
ภาพที่ 3.11	ใบรับรองวัสดุอ้างอิงรับรอง TMDA 54.6	36
ภาพที่ 3.12	แผนผังสรุปขั้นตอนการตรวจสอบความใช้ได้ของวิธี	40

สารบัญตาราง

ตารางที่ 3.1	ตัวอย่างหัวข้อควรมีในเอกสารวิธีปฏิบัติงานวิธีทดสอบ	16
ตารางที่ 3.2	ตัวอย่างจำนวนและประเภทของเครื่องแก้วที่ใช้ในงานทดสอบที่ต้องสอบเทียบ	21
ตารางที่ 3.3	จำนวนขวดและการบ่งชี้ Sample blank และ Spike sample ในแต่ละประเภทของน้ำตัวอย่าง	26
ตารางที่ 3.4	สรุปลำดับการทดสอบตัวอย่าง	28
ตารางที่ 3.5	ผลการทดสอบ linear dynamic range ของโลหะเหล็ก	30
ตารางที่ 3.6	ตัวอย่างผลการคำนวณ %Recovery และ %RSD	33
ตารางที่ 3.7	รายการตรวจสอบความใช้ได้ของวิธีทดสอบโลหะหนัก	37
ตารางที่ 3.8	ตัวอย่างหัวข้อควรมีในเอกสารวิธีปฏิบัติงานการตรวจสอบความใช้ได้ของวิธีทดสอบ	38

ส่วนที่ 1
บริบทมหาวิทยาลัยราชภัฏอุดรธานี

ประวัติมหาวิทยาลัยราชภัฏอุดรธานี

มหาวิทยาลัยราชภัฏอุดรธานี เดิมชื่อว่า “โรงเรียนฝึกหัดครูกสิกรรมมณฑลอุดร” ก่อตั้งเมื่อวันที่ 1 พฤศจิกายน พ.ศ. 2466 มีราชบุรุษเพิ่ม การสมศีล ทำหน้าที่แทนครูใหญ่ เปิดสอนหลักสูตรครูประกาศนียบัตรมณฑล โดยรับนักเรียนชายที่จบประถมศึกษาปีที่ 4 เข้าศึกษาต่ออีก 2 ปี นักเรียนเหล่านี้เป็นนักเรียนทุนจากจังหวัดต่าง ๆ ในมณฑล สถานที่ตั้งเดิมอยู่ที่บริเวณสโมสรเสือป่ามณฑลอุดร ซึ่งเป็นที่ตั้งชั่วคราว ต่อมาจึงมีการก่อสร้างอาคารเรียนถาวรบริเวณห้วยโซ่ (มหาวิทยาลัยราชภัฏอุดรธานี ในปัจจุบัน) มีพื้นที่ประมาณ 350 ไร่ ต่อมาได้แบ่งพื้นที่บางส่วนให้หน่วยงานอื่น ปัจจุบันมีพื้นที่ทั้งหมด 237 ไร่ 3 งาน 37 ตารางวา



โรงเรียนฝึกหัดครูกสิกรรมมณฑลอุดรต่อมาได้เปลี่ยนชื่อเป็น “โรงเรียนฝึกหัดครูมณฑลอุดร” เปิดสอนหลักสูตรประกาศนียบัตรครูมูล เช่นเดิม ในปี พ.ศ. 2473 ทางการได้จัดตั้งโรงเรียนฝึกหัดครูสตรีประกาศนียบัตรมณฑลอุดรขึ้น รับนักเรียนสตรีที่สอบไล่ได้ชั้นประถมศึกษา เข้าเรียนต่อในหลักสูตรประกาศนียบัตรมณฑล

ปี พ.ศ. 2477 ได้เปิดสอนหลักสูตรประกาศนียบัตรจังหวัด (ว.) โดยรับนักเรียนที่จบชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 หรือ ประโยคครูประชาบาล (ป.บ.) เข้าศึกษาต่ออีก 2 ปี และเปิดรับนักเรียนชายเข้าเรียน หลักสูตรประกาศนียบัตรจังหวัด ภายหลัง การเปลี่ยนแปลงการปกครองแผ่นดิน

ปี พ.ศ. 2475 โรงเรียนฝึกหัดครูมณฑลอุดรได้เปลี่ยนชื่อใหม่เป็น “โรงเรียนฝึกหัดครูจังหวัดอุดรธานี”

ปี พ.ศ. 2482 มีประกาศกระทรวงธรรมการยุบโรงเรียนฝึกหัดครูจังหวัดอุดรธานี โอนไปสังกัดโรงเรียนฝึกหัด

ปี พ.ศ. 2491 กรมสามัญศึกษาได้ส่งสำเนาประกาศกระทรวงศึกษาธิการ แจ้งเรื่องการเปลี่ยนชื่อ โรงเรียนฝึกหัดครูประกาศนียบัตรจังหวัดอุดรธานี เป็นโรงเรียนฝึกหัดครู อุดรธานี

ปี พ.ศ. 2501 กรมการฝึกหัดครูได้จัดสรรงบประมาณจำนวนหนึ่ง ย้ายโรงเรียนสตรีฝึกหัดครูอุดรธานี มารวมกับโรงเรียนฝึกหัดครูอุดรธานีและให้ใช้ชื่อเรียกรวมกันว่า “โรงเรียนฝึกหัดครูอุดรธานี” และแต่งตั้งให้ นายศิริ สุขกิจ ศึกษานิเทศก์เอก ดำรงตำแหน่งอาจารย์ใหญ่ครูประกาศนียบัตร จังหวัดอุดรธานีกรมสามัญศึกษา กระทรวงธรรมการ เปิดสอนหลักสูตรมัธยมศึกษาพิเศษ 1 โดยรับนักเรียนที่จบชั้นประถมปีที่ 4 เข้าศึกษาต่อเพื่อส่งไปเป็นครูในท้องถิ่นทุรกันดาร เพื่อแก้ปัญหาการขาดแคลนครู

ปี พ.ศ. 2503 กระทรวงศึกษาธิการได้ประกาศยกฐานะโรงเรียนฝึกหัดครูอุดรธานีเป็น “วิทยาลัยครูอุดรธานี” เมื่อวันที่ 29 กุมภาพันธ์ 2503 พร้อมกับเปิดสอนในหลักสูตร ประกาศนียบัตรวิชาการศึกษาชั้นสูง (ป.กศ. สูง) ตั้งแต่วันที่ 1 พฤษภาคม พ.ศ. 2503



ปี พ.ศ. 2519 จากพระราชบัญญัติวิทยาลัยครู พ.ศ. 2518 กำหนดให้วิทยาลัยครูอุดรธานีเป็นสถาบันอุดมศึกษา สังกัดกระทรวงศึกษาธิการ เปิดสอนถึงระดับปริญญาตรี และเปิดสอนนักศึกษาระดับปริญญาตรีสาขาครุศาสตร์ หลักสูตร สภาการฝึกหัดครู ทำให้เกิดคณะวิชาครุศาสตร์ คณะวิชาวิทยาศาสตร์ และคณะวิชามนุษยศาสตร์และสังคมศาสตร์ และในปี พ.ศ. 2520 วิทยาลัยครูอุดรธานีได้ร่วมกับวิทยาลัยครูอีก 7 แห่ง ในภาค

ตะวันออกเฉียงเหนือ ดำเนินงานต่าง ๆ ร่วมกันในนามกลุ่มวิทยาลัยครูภาคตะวันออกเฉียงเหนือ ซึ่งต่อมาในปี พ.ศ. 2528 มีการแก้ไขเพิ่มเติมพระราชบัญญัติวิทยาลัยครู พ.ศ. 2518 (ฉบับที่ 2) พ.ศ. 2527 กำหนดให้วิทยาลัยครูรวมกันเป็นกลุ่มและสภาฝึกหัดครูได้ออกข้อบังคับ ว่าด้วยกลุ่มวิทยาลัยครู พ.ศ. 2528 เป็นผลให้วิทยาลัยครู 4 แห่งในภาคอีสานตอนบนรวมกันเป็น สหวิทยาลัยอีสานเหนือ มีสำนักงานตั้งอยู่ที่วิทยาลัยครูอุดรธานี และผลจากการแก้ไขพระราชบัญญัตินี้เอง วิทยาลัยได้เปิดสอนระดับปริญญาตรีในสาขาอื่น ๆ นอกเหนือจากสาขาวิชาการศึกษา และได้จัดตั้งคณะวิทยาการจัดการขึ้นอีกคณะหนึ่ง

ปี พ.ศ. 2535 พระบาทสมเด็จพระเจ้าอยู่หัวทรงพระกรุณาโปรดเกล้าฯ พระราชทานชื่อ “สถาบันราชภัฏ” ให้กับวิทยาลัยครูทั่วประเทศ เมื่อวันที่ 14 กุมภาพันธ์ พ.ศ. 2535 ครั้นต่อมา เมื่อวันที่ 6 มีนาคม พ.ศ. 2538 ทรงมีพระมหากรุณาธิคุณต่อชาวราชภัฏเป็นล้นพ้นด้วยทรงพระเมตตา โปรดกล้าฯ พระราชทานพระราชลัญจกรประจำพระองค์ให้เป็น “สัญลักษณ์ประจำสถาบัน ราชภัฏ” นับเป็นมหาสิริมงคลอันควรที่ชาวราชภัฏทั้งมวล จักได้ภาคภูมิใจ และพร้อมใจกันปฏิบัติหน้าที่สนองพระมหากรุณาธิคุณให้เต็มความสามารถ ในอันที่จะพัฒนาสถาบันราชภัฏให้เป็น สถาบันอุดมศึกษา เพื่อการพัฒนาท้องถิ่นอย่างแท้จริง



สถาบันราชภัฏอุดรธานีได้เปิดสอนในสาขาวิชาการศึกษา สาขาวิชาวิทยาศาสตร์และสาขาวิชาศิลปศาสตร์ตามหลักสูตรวิทยาลัยครู ฉบับปรับปรุง พุทธศักราช 2536 และปรับปรุง พ.ศ. 2543 ในระดับอนุปริญญา ปริญญาตรี และบัณฑิตศึกษา และมีภารกิจตามพระราชบัญญัติสถาบันราชภัฏ พ.ศ. 2538 มาตรา 7 คือ “ให้สถาบันราชภัฏเป็นสถาบัน อุดมศึกษาเพื่อการพัฒนาท้องถิ่น มีวัตถุประสงค์ให้การศึกษาวิชาการและวิชาชีพชั้นสูง ทำการวิจัย

ให้บริการวิชาการแก่สังคม ปรับปรุง ถ่ายทอดและพัฒนาเทคโนโลยี ทะนุบำรุงศิลปวัฒนธรรม ผลิตครูและส่งเสริมวิทยฐานะครู”

ปี พ.ศ. 2547 พระบาทสมเด็จพระเจ้าอยู่หัวภูมิพลอดุลยเดช ทรงลงพระปรมาภิไธย พระราชบัญญัติมหาวิทยาลัยราชภัฏ พ.ศ. 2547 และประกาศในราชกิจจานุเบกษา เมื่อวันที่ 14 มิถุนายน พ.ศ. 2547 ส่งผลให้สถาบันราชภัฏอุดรธานี ได้รับการยกฐานะและปรับเปลี่ยนสถานภาพเป็น “มหาวิทยาลัยราชภัฏอุดรธานี” ตั้งแต่วันที่ 15 มิถุนายน พ.ศ. 2547 เป็นต้นมา



ปัจจุบันมหาวิทยาลัยราชภัฏอุดรธานี มีภารกิจตาม มาตรา 7 คือ “ให้มหาวิทยาลัยเป็นสถาบันอุดมศึกษาเพื่อการพัฒนาท้องถิ่นที่เสริมสร้างพลังปัญญาของแผ่นดิน ฟื้นฟูพลังการเรียนรู้ เชิดชูภูมิปัญญาของท้องถิ่น สร้างสรรค์ ศิลปวิทยา เพื่อความเจริญก้าวหน้าอย่างมั่นคงและยั่งยืนของปวงชน มีส่วนร่วมในการจัดการ การบำรุงรักษาการใช้ประโยชน์จากทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อมอย่างสมดุล และยั่งยืน โดยมีวัตถุประสงค์ให้การศึกษา ส่งเสริมวิชาการและวิชาชีพชั้นสูง ทำการสอน วิจัย ให้บริการทางวิชาการแก่สังคม ปรับปรุง ถ่ายทอดและพัฒนาเทคโนโลยี ทะนุบำรุง ศิลปะและวัฒนธรรม ผลิตครูและส่งเสริมวิทยฐานะครู”

เอกลักษณ์และอัตลักษณ์ของมหาวิทยาลัย

เอกลักษณ์ : แหล่งสร้างปัญญา ที่พึ่งพาวิชาการ สู่การพัฒนาท้องถิ่น

อัตลักษณ์ : ผู้นำทางปัญญา ที่พึ่งพาของท้องถิ่นด้วยความซื่อสัตย์และโปร่งใส

ปรัชญา ปรัชญาการศึกษา วิสัยทัศน์ และพันธกิจของมหาวิทยาลัย

ปรัชญา : สถาบันอุดมศึกษาเพื่อการพัฒนาท้องถิ่น

ปรัชญาการศึกษา : การจัดการศึกษาที่มุ่งเน้นให้ผู้เรียนเกิดสมรรถนะมืออาชีพ ผ่านประสบการณ์ภาคปฏิบัติและการมีส่วนร่วมกับส่วนรวม (Educational Philosophy Professional competency Practical experience Public engagement)

วิสัยทัศน์ : สถาบันอุดมศึกษาแห่งการเรียนรู้สู่การพัฒนาท้องถิ่น ผลิตผู้นำทางวิชาการ แหล่งสร้างนวัตกรรมและปัญญา

พันธกิจ :

1. จัดการศึกษาตลอดชีวิต ผลิตผู้นำทางวิชาการที่สอดคล้องกับความต้องการกำลังคนของท้องถิ่น ประเทศและสากล
2. สร้างสรรค์งานวิจัย นวัตกรรม และการบริการวิชาการที่เหมาะสมกับความต้องการของท้องถิ่นและประเทศ
3. สืบสาน สร้างสรรค์ ยกระดับคุณค่า และมูลค่าบนฐานทรัพยากร สิ่งแวดล้อม องค์ความรู้ด้านศิลปะและวัฒนธรรมท้องถิ่น และส่งเสริมโครงการอันเนื่องมาจากแนวพระราชดำริ
4. ผลิต พัฒนา ครูและบุคลากรทางการศึกษาให้มีจิตวิญญาณความเป็นครู เสริมสร้างความเข้มแข็งของวิชาชีพครูให้มีคุณภาพและมาตรฐานที่เหมาะสมกับการเป็นวิชาชีพชั้นสูง

นโยบายและยุทธศาสตร์มหาวิทยาลัย

นโยบายมหาวิทยาลัย : NEXT UDRU ผู้นำทางปัญญา พัฒนาคน พัฒนาชาติ

1. ส่งเสริมการเรียนรู้ตลอดชีวิต (Lifelong learning) และพัฒนากำลังคนแห่งอนาคต
2. บูรณาการองค์ความรู้ เพื่อสร้างความเสมอภาคทางสังคม และขจัดความยากจนทุกรูปแบบ
3. ยกระดับคุณภาพการจัดการศึกษาเพื่อท้องถิ่น
4. เพิ่มขีดความสามารถในการแข่งขันให้กับผู้ประกอบการท้องถิ่น (Local enterprise)

ยุทธศาสตร์มหาวิทยาลัย

1. การพัฒนาและยกระดับชุมชนท้องถิ่น มีเป้าหมายเพื่อยกระดับคุณภาพชีวิตชุมชนท้องถิ่นให้มีความเข้มแข็ง พึ่งตนเองได้
2. การจัดการศึกษาที่มุ่งเน้นสมรรถนะและการเรียนรู้ทุกช่วงวัย มีเป้าหมายคือ
    2.1) พัฒนาคุณลักษณะของนักศึกษาและบัณฑิตให้มีสมรรถนะในศตวรรษที่ 21 ตามความต้องการในการพัฒนาประเทศ
    2.2) สร้างวิศวกรสังคมเพื่อให้เป็นผู้นำการเปลี่ยนแปลง
    2.3) ยกระดับคุณภาพการศึกษามุ่งสู่ความเป็นสากล
3. การวิจัยนวัตกรรมและบริการวิชาการ มีเป้าหมาย คือ
    3.1) พัฒนางานวิจัยนวัตกรรมผลงานรับใช้สังคม งานสร้างสรรค์ที่ตอบสนองความต้องการเชิงพื้นที่
    3.2) พัฒนาระบบการบริหารและจัดการทรัพย์สินทางปัญญา เพื่อขับเคลื่อนการนำผลงานวิจัยนวัตกรรมไปใช้ประโยชน์
4. การผลิตพัฒนาครูและบุคลากรทางการศึกษาสมรรถนะสูง มีเป้าหมายคือ
    4.1) พัฒนาหลักสูตรการจัดการเรียนการสอน ยกระดับทักษะและสมรรถนะใหม่ของนักศึกษาและบัณฑิตครู (Teacher Capacity Building)
    4.2) พัฒนาระบบพัฒนาครูและการส่งเสริมวิชาชีพครูและบุคลากรทางการศึกษาคุณภาพสูง
5. พัฒนาระบบบริหารจัดการมุ่งสู่องค์กรคุณภาพและยั่งยืน มีเป้าหมายคือ
    5.1) มหาวิทยาลัยมีการบริหาร จัดการที่มีคุณภาพ สามารถสร้างรายได้จากทรัพย์สินของมหาวิทยาลัยได้อย่างเป็นรูปธรรมและมีประสิทธิภาพ
    5.2) พัฒนาบุคลากรสายวิชาการและบุคลากรสายสนับสนุนวิชาการให้มีความชำนาญงาน มีทักษะในการปฏิบัติงานมุ่งผลสัมฤทธิ์ของงาน
6. บูรณาการศิลปวัฒนธรรมภูมิปัญญาในท้องถิ่นด้วยเศรษฐกิจสร้างสรรค์ มีเป้าหมายคือ
    6.1) สร้างคุณค่าแหล่งเรียนรู้ด้านศิลปวัฒนธรรมภูมิปัญญาท้องถิ่นและ Soft Power
    6.2) เพิ่มมูลค่าด้านศิลปวัฒนธรรมภูมิปัญญาท้องถิ่น และ Soft Power ด้วยองค์ความรู้งานวิจัย

ตราสัญลักษณ์ ดอกไม้ และสีประจำมหาวิทยาลัย



ตราสัญลักษณ์มหาวิทยาลัย : เป็นรูปวงรี 2 วงซ้อนกัน บนเขียนว่า “มหาวิทยาลัยราชภัฏอุดรธานี” ส่วนล่างเขียนว่า “UDON THANI RAJABHAT UNIVERSITY” ภายใต้วงรีด้านในมีตราพระราชลัญจกรประจำพระบาทสมเด็จพระบรมชนกาธิเบศร มหาภูมิพลอดุลยเดชมหาราช บรมนาถบพิตร (รัชกาลที่ 9)

สีประจำมหาวิทยาลัย : เขียว เหลือง

ดอกไม้ประจำมหาวิทยาลัย : ดอกจาน

มหาวิทยาลัยราชภัฏอุดรธานีเป็นสถาบันอุดมศึกษาของรัฐในกลุ่มมหาวิทยาลัยราชภัฏ มีบทบาทสำคัญในการผลิตบัณฑิต พัฒนางานวิจัย ถ่ายทอดองค์ความรู้ และให้บริการวิชาการเพื่อยกระดับคุณภาพชีวิตของประชาชนในจังหวัดอุดรธานีและภูมิภาคตะวันออกเฉียงเหนือตอนบน โดยยึดแนวทางการเป็น "มหาวิทยาลัยเพื่อการพัฒนาท้องถิ่น" ที่มุ่งบูรณาการการเรียนการสอน การวิจัย และการบริการวิชาการให้ตอบสนองต่อความต้องการของชุมชน ภาคธุรกิจ ภาคอุตสาหกรรม และหน่วยงานภาครัฐ พร้อมทั้งส่งเสริมการอนุรักษ์ศิลปวัฒนธรรม ภูมิปัญญาท้องถิ่น และการพัฒนาที่ยั่งยืน ภายใต้การสร้างเครือข่ายความร่วมมือกับทุกภาคส่วน เพื่อพัฒนากำลังคนและนวัตกรรมที่สอดคล้องกับบริบทของพื้นที่และทิศทางการพัฒนาประเทศ


โครงสร้าง
การบริหารมหาวิทยาลัยราชภัฏอุดรธานี
สภามหาวิทยาลัย
คณะกรรมการตรวจสอบและติดตาม การดำเนินงานของมหาวิทยาลัยและอธิการบดี
คณะกรรมการตรวจสอบและติดตามการดำเนินงานของคณบดี ผู้อำนวยการสำนัก,สถาบันและหัวหน้าหน่วยงานเทียบเท่าคณะ
สภาวิชาการ
คณะกรรมการส่งเสริมกิจการมหาวิทยาลัย
สภาคณาจารย์และข้าราชการ
อธิการบดี
คณะกรรมการผู้บริหารมหาวิทยาลัย
คณะกรรมการผู้บริหารงานบุคคล สำหรับพนักงานมหาวิทยาลัย (ก.บ.ม.)
หน่วยตรวจสอบภายใน
สำนักงานบริหารจัดการและทรัพย์สิน
- งานบริหารงานทั่วไป
- งานจัดการทรัพย์สินและการหารายได้
หน่วยงานวิชาการ
หน่วยงานสนับสนุนวิชาการ
คณะครุศาสตร์
สำนักงานคณบดี
- งานบริหารงานทั่วไป
- งานวิชาการและบริการศึกษา
- ศูนย์ส่งเสริมและพัฒนาวิชาชีพครู
คณะมนุษยศาสตร์ฯ
สำนักงานคณบดี
- งานบริหารงานทั่วไป
- งานวิชาการและบริการศึกษา
คณะวิทยาการจัดการ
สำนักงานคณบดี
- งานบริหารงานทั่วไป
- งานวิชาการและบริการศึกษา
คณะวิทยาศาสตร์
สำนักงานคณบดี
- งานบริหารงานทั่วไป
- งานวิชาการและบริการศึกษา
คณะเทคโนโลยีฯ
สำนักงานคณบดี
- งานบริหารงานทั่วไป
- งานวิชาการและบริการศึกษา
คณะพยาบาลศาสตร์*
สำนักงานคณบดี
- งานบริหารงานทั่วไป
- งานวิชาการและบริการศึกษา
สำนักวิชาศึกษาทั่วไป*
สำนักงานผู้อำนวยการ
- งานบริหารงานทั่วไป
- งานวิชาการและบริการศึกษา
วิทยาลัยนานาชาติ*
สำนักงานคณบดี
- งานบริหารงานทั่วไป
- งานวิชาการและบริการศึกษา
โรงเรียนสาธิตฯ
สำนักงานผู้อำนวยการ
- งานบริหารงานทั่วไป
- งานวิชาการและบริการศึกษา
บัณฑิตวิทยาลัย*
สำนักงานคณบดี
- งานบริหารงานทั่วไป
- งานวิชาการและบริการศึกษา
โครงการจัดตั้งวิทยาลัยนวัตกรรมแห่งมืองภาพ*
สำนักงานคณบดี
- งานบริหารงานทั่วไป
- งานวิชาการและบริการศึกษา
*หน่วยงานที่จัดตั้งโดยสภามหาวิทยาลัย
สำนักงานอธิการบดี
กองกลาง
- งานบริหารงานทั่วไป
- งานสารบรรณและอำนวยการกลาง
- งานเลขานุการและการประชุม
- งานสื่อสารองค์กรและประชาสัมพันธ์
กองนโยบายและแผน
- งานบริหารงานทั่วไป
- งานงบประมาณและติดตามประเมินผล
- งานประกันคุณภาพการศึกษา
กองบริหารงานบุคคล
- งานบริหารงานทั่วไป**
- งานบริหารทรัพยากรบุคคล
- งานนิติการ
กองพัฒนานักศึกษา
- งานบริหารงานทั่วไป
- งานพัฒนาคุณภาพนักศึกษา
- งานบริหารและสวัสดิการ
กองคลังและพัสดุ
- งานบริหารงานทั่วไป
- งานการเงิน
- งานบัญชี
- งานพัสดุ
กองอาคารและสถานที่
- งานบริหารงานทั่วไป
- งานออกแบบและก่อสร้าง
- งานอาคารและสถานที่
สำนักงานกิจการสภามหาวิทยาลัย
- งานบริหารงานทั่วไป
- งานประชุม ติดตามประเมินผล
สำนักวิทยบริการและเทคโนโลยีฯ
สำนักงานผู้อำนวยการ
- งานบริหารงานทั่วไป
- งานศูนย์คอมพิวเตอร์
- งานศูนย์วิทยบริการ
- งานศูนย์ภาษา
สำนักส่งเสริมวิชาการฯ
สำนักงานผู้อำนวยการ
- งานบริหารงานทั่วไป
- งานส่งเสริมวิชาการ
- งานทะเบียนและวัดผล
สำนักศิลปะและวัฒนธรรม
สำนักงานผู้อำนวยการ
- งานบริหารงานทั่วไป
- งานเผยแพร่ อนุรักษ์ศิลปวัฒนธรรม และเศรษฐกิจสร้างสรรค์
สถาบันวิจัยและพัฒนา
สำนักงานผู้อำนวยการ
- งานบริหารงานทั่วไป
- งานส่งเสริมการวิจัยและบริการวิชาการ
- งานมาตรฐานการวิจัยและทรัพย์สินทางปัญญา
- งานศูนย์วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีเพื่อการวิจัยและพัฒนาท้องถิ่น

ส่วนที่ 2
บริบทหน่วยงานสถาบันวิจัยและพัฒนา

ประวัติสถาบันวิจัยและพัฒนา

สถาบันวิจัยและพัฒนา เป็นหน่วยงานตามโครงสร้างการแบ่งส่วนราชการของมหาวิทยาลัยราชภัฏอุดรธานี ตาม พรบ. วิทยาลัยครู พ.ศ. 2518 ภายหลังการออก พรบ. สถาบันราชภัฏ พ.ศ. 2538 ได้ยกฐานะเป็น “สำนักวิจัยและบริการวิชาการ” และเปลี่ยนเป็น “สถาบันวิจัยและพัฒนา” ตาม พรบ. มหาวิทยาลัยราชภัฏอุดรธานี พ.ศ. 2547 และด้วยบทบาทหน้าที่ในด้านการสนับสนุนการวิจัย และการบริการวิชาการของมหาวิทยาลัยจึงมีการรวม “ศูนย์วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีเพื่อการวิจัยและพัฒนาท้องถิ่น” ให้เป็นหน่วยงานในสังกัด เมื่อ พ.ศ. 2556

สถาบันวิจัยและพัฒนาเป็นหน่วยงานสนับสนุนวิชาการตาม พรบ.มหาวิทยาลัยราชภัฏอุดรธานี พ.ศ. 2547 มีฐานะเทียบเท่าคณะ ขึ้นตรงต่ออธิการบดีและรองอธิการบดี (ฝ่ายวิจัย) มีผู้อำนวยการ เป็นผู้นำสูงสุด ทำหน้าที่กำหนดนโยบาย สื่อสาร กำกับติดตามและทบทวนการทำงาน มีวาระบริหารงาน 4 ปี มีรองผู้อำนวยการกำกับดูแลและขับเคลื่อนพันธกิจในส่วนงาน โครงสร้างสถาบันวิจัยและพัฒนา ประกอบด้วย 1) งานบริหารงานทั่วไป 2) งานส่งเสริมการวิจัยและบริการวิชาการ 3) งานมาตรฐานการวิจัยและทรัพย์สินทางปัญญา และ 4) งานศูนย์วิทยาศาสตร์ฯ ขับเคลื่อนพันธกิจ 2 ด้าน คือ ด้านการวิจัย และด้านการบริการวิชาการ โดยการบูรณาการการทำงานร่วมกับหน่วยจัดการเรียนการสอนในมหาวิทยาลัยและให้บริการหน่วยงานภายนอก ในการผลิตผลงาน สร้างองค์ความรู้และพัฒนานวัตกรรมจากการวิจัย ให้บริการวิชาการด้วยศาสตร์และความเชี่ยวชาญของมหาวิทยาลัย

วิสัยทัศน์ : เป็นหน่วยงานมุ่งส่งเสริมการวิจัย นวัตกรรม และบริการวิชาการ สู่การเป็นศูนย์กลางการใช้ประโยชน์และประเมินผลกระทบทางสังคม ระดับภูมิภาค

สมรรถนะหลัก : การบริหารจัดการงานวิจัยและการบูรณาการเพื่อสังคม

ความสามารถในการบริหารจัดการงานวิจัยและบริการวิชาการอย่างเป็นระบบ ยึดมาตรฐานการวิจัยและจริยธรรมทางวิชาการ บริหารจัดการทรัพย์สินทางปัญญา และสร้างเครือข่ายความร่วมมือเพื่อการบูรณาการองค์ความรู้ที่ก่อให้เกิดประโยชน์ต่อองค์กร ชุมชน และสังคมอย่างยั่งยืน

ค่านิยม : มุ่งมั่น เป็นหนึ่งเดียว (STAR)

S หมายถึง Spirit and Service Mind มีจิตบริการ

T หมายถึง Teamwork ร่วมประสานขับเคลื่อนองค์กร

A หมายถึง Accountability รับผิดชอบงานตามภารกิจ

R หมายถึง Resolute มุ่งมั่น ตั้งใจ ไปสู่เป้าหมายของพันธกิจหน่วยงาน

พันธกิจ :

1. ส่งเสริม สนับสนุน และยกระดับงานวิจัย นวัตกรรม งานสร้างสรรค์ เพื่อรับใช้ท้องถิ่นและสังคม
2. ส่งเสริม สนับสนุน สร้างเครือข่ายความร่วมมือ และยกระดับการให้บริการวิชาการสู่การพัฒนาท้องถิ่นและสังคมอย่างยั่งยืน
3. พัฒนาสถาบันวิจัยและพัฒนาให้มีสมรรถนะสูง และมีระบบการบริหารจัดการองค์กรที่เป็นเลิศ

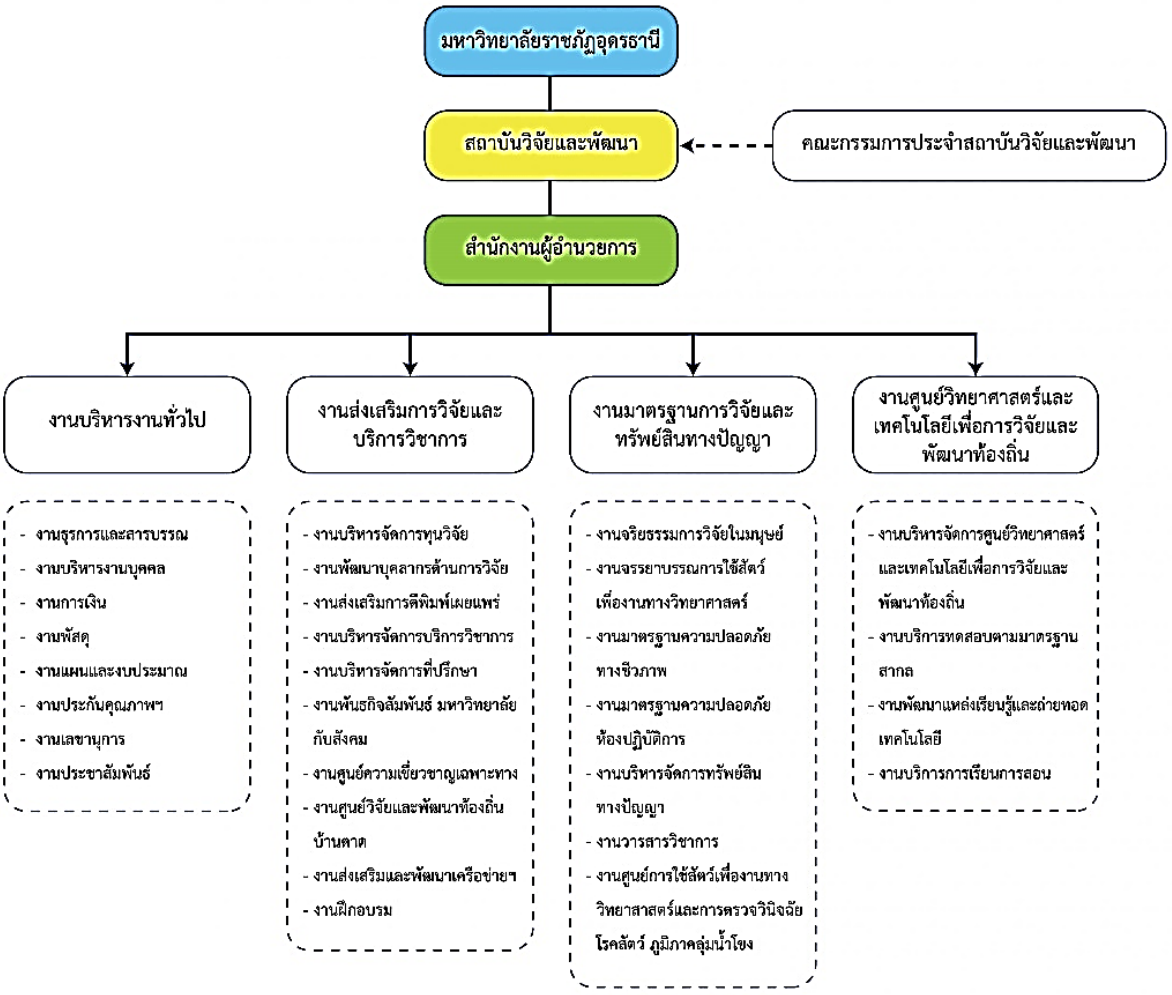
เป้าประสงค์ :

1. ส่งเสริมงานวิจัย มาตรฐานการวิจัย และบริการวิชาการ ที่สามารถแก้ปัญหาและตอบสนองความต้องการชุมชน ท้องถิ่น และประเทศ
2. ส่งเสริมและสนับสนุนการพัฒนาศักยภาพบุคลากรด้านงานวิจัยในทุกมิติอย่างมีประสิทธิภาพ
3. จัดหาแหล่งทุนสนับสนุนการวิจัยและการบริการวิชาการที่หลากหลาย
4. มีเครือข่ายความร่วมมือทางการวิจัย ถ่ายทอดองค์ความรู้ นวัตกรรม เทคโนโลยีจากงานวิจัยและบริการวิชาการร่วมกับชุมชนและองค์กรที่เกี่ยวข้อง
5. มีการตีพิมพ์ เผยแพร่ผลงานวิจัย การคุ้มครองทรัพย์สินทางปัญญา และการนำผลงานวิจัยไปใช้ประโยชน์

วัฒนธรรมองค์กร : เสรีทางความคิด จิตบริการ เน้นธรรมาภิบาล มุ่งงานเพื่อสังคม

สถาบันวิจัยและพัฒนา มหาวิทยาลัยราชภัฏอุดรธานี เป็นกลไกสำคัญในการแปลงยุทธศาสตร์ของมหาวิทยาลัยให้เกิดผลในทางปฏิบัติ โดยใช้ งานวิจัย นวัตกรรม และการบริการวิชาการ เป็นเครื่องมือในการพัฒนาท้องถิ่น ภารกิจดังกล่าวสอดคล้องกับพันธกิจของมหาวิทยาลัยราชภัฏในการเป็น "มหาวิทยาลัยเพื่อการพัฒนาท้องถิ่น" และสนับสนุนเป้าหมายการพัฒนาที่ยั่งยืน (SDGs) หลายด้าน โดยเฉพาะด้านการศึกษา (SDG 4) นวัตกรรม (SDG 9) เมืองและชุมชนยั่งยืน (SDG 11) การรับมือการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ (SDG 13) และการสร้างหุ้นส่วนเพื่อการพัฒนา (SDG 17) ผ่านการสร้างองค์ความรู้ที่สามารถนำไปใช้แก้ไขปัญหาและสร้างคุณค่าให้แก่สังคมและชุมชนอย่างเป็นรูปธรรมและยั่งยืน

โครงสร้างสถาบันวิจัยและพัฒนา มหาวิทยาลัยราชภัฏอุดรธานี



ประวัติศูนย์วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีฯ

ศูนย์วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีเพื่อการวิจัยและพัฒนาท้องถิ่น (Center of Science and Technology for Research and Community Development) อยู่ภายใต้การกำกับดูแลของสถาบันวิจัยและพัฒนา ตามโครงสร้างการบริหารงานของมหาวิทยาลัยราชภัฏอุดรธานี จัดตั้งขึ้นในช่วงปีการศึกษา 2535 – 2539 เพื่อจัดหาสนับสนุนวัสดุ เครื่องมือทางวิทยาศาสตร์ ห้องปฏิบัติการทดลองทางวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี ที่เหมาะสมและมีคุณภาพไว้สำหรับบริการทางวิชาการ

ปรัชญา : มุ่งมั่นบริการพัฒนางานก้าวไกล รับใช้ท้องถิ่น

อัตลักษณ์ : บริการวิชาการสนับสนุนงานวิจัยร่วมพัฒนามหาวิทยาลัยเข้าใจท้องถิ่น

เอกลักษณ์ : บริการวิชาการเข้มแข็งพัฒนาแหล่งเรียนรู้มุ่งสู่สากล

พันธกิจ : ให้บริการวิชาการด้านต่าง ๆ เพื่อสนับสนุนการเรียนการสอนและการพัฒนาท้องถิ่นให้กับบุคลากรภายในและภายนอกมหาวิทยาลัยดังนี้

1. การใช้ห้องปฏิบัติการทางวิทยาศาสตร์ในการจัดการเรียนการสอน โดยเน้นการเรียนรู้จากการปฏิบัติจริง
2. สนับสนุนการค้นคว้าวิจัยทางวิทยาศาสตร์ ผ่านการจัดหา สาธิตและให้คำปรึกษาการปฏิบัติการใช้เครื่องมือและอุปกรณ์ทางวิทยาศาสตร์แก่อาจารย์และนักศึกษา
3. บริการวิชาการแก่ท้องถิ่น โดยจัดฝึกอบรม ถ่ายทอดองค์ความรู้และเทคโนโลยี ที่จะช่วยแก้ไขปัญหาและสอดคล้องกับความต้องการของท้องถิ่น บริการทดสอบตามระบบมาตรฐานสากล รวมทั้งรวบรวมข้อเสนอข้อสนเทศและองค์ความรู้ต่าง ๆ เพื่อเผยแพร่ผลงานและบริการข้อมูลข่าวสารทางวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีให้กับชุมชนและท้องถิ่น

ศูนย์วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีฯ เป็นหน่วยงานสายสนับสนุนที่มีบทบาทสำคัญในการให้บริการทั้งในด้านการเรียนการสอน งานวิจัย งานบริการวิชาการ ให้คำปรึกษา สนับสนุนงานอบรมเชิงวิชาการแก่บุคคลกรทั้งภายในและภายนอก โดยเฉพาะงานบริการด้านการทดสอบและวิเคราะห์ตัวอย่างทางสิ่งแวดล้อมทางวิทยาศาสตร์แก่หน่วยงานภาครัฐ ภาคเอกชน ผู้ประกอบการ ชุมชน และประชาชนในจังหวัดอุดรธานีและภูมิภาคตะวันออกเฉียงเหนือตอนบน มุ่งพัฒนาห้องปฏิบัติการให้เป็นศูนย์บริการที่มีมาตรฐานในระดับสากลที่มีความน่าเชื่อถือ ซึ่งปัจจุบันห้องปฏิบัติการศูนย์วิทยาศาสตร์ฯ ได้รับการรับรองและดำเนินงานบริการทดสอบภายใต้ระบบคุณภาพ ISO/IEC 17025 สร้างความเชื่อมั่นแก่ผู้รับบริการและยกระดับขีดความสามารถในการแข่งขันของงานบริการทดสอบในพื้นที่ ภายใต้บทบาทการเป็นศูนย์บริการวิทยาศาสตร์เพื่อการพัฒนาท้องถิ่นที่เชื่อมโยงงานวิจัย นวัตกรรม และการบริการวิชาการเข้ากับการแก้ไขปัญหาและการพัฒนาเศรษฐกิจ สังคม และสิ่งแวดล้อมอย่างยั่งยืน สอดคล้องกับยุทธศาสตร์ของมหาวิทยาลัยราชภัฏอุดรธานีและเป้าหมายการพัฒนาที่ยั่งยืน (SDGs) โดยเฉพาะด้านน้ำสะอาดและการสุขาภิบาล (SDG 6) อุตสาหกรรม นวัตกรรม และโครงสร้างพื้นฐาน (SDG 9

ส่วนที่ 3
ขั้นตอนการปฏิบัติการ

การตรวจสอบความใช้ได้ของวิธี (Method validation) โดยพื้นฐานแล้ว เป็นกระบวนการกำหนดเกณฑ์ทางด้านการวิเคราะห์ทดสอบ (analytical requirement) และเป็นการยืนยันถึงความสอดคล้องระหว่างสมรรถนะของวิธีทดสอบกับสิ่งที่ต้องการทดสอบ ซึ่งมิใช่เพียงแค่การประเมินลักษณะสมรรถนะของวิธีเพียงอย่างเดียว แต่การตรวจสอบนี้ยังรวมไปถึงความจำเป็นในการประเมินสมรรถนะของวิธีการทดสอบที่จะไปมีผลต่อการตัดสินความเหมาะสมและความถูกต้องของผลการทดสอบอีกด้วย นอกจากนี้การตรวจสอบความใช้ได้ของวิธียังมีความเกี่ยวข้องกับการพัฒนาวิธี (method development) โดยมีลักษณะการประเมินในระดับเบื้องต้นคล้ายกับขั้นตอนของการพัฒนาวิธีทดสอบ ถือเป็นกระบวนการที่มีการพัฒนาผสมผสานอยู่ในขั้นตอนการตรวจสอบ นอกจากนี้การตรวจสอบความใช้ได้ของวิธียังเป็นข้อกำหนดสำคัญที่ต้องดำเนินการตามมาตรฐานสากล ISO/IEC 17025 ว่าด้วยเรื่องงานห้องปฏิบัติการทดสอบและห้องปฏิบัติการสอบเทียบ

งานการบริการทดสอบ เป็นหนึ่งในงานบริการวิชาการของศูนย์วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีเพื่อการวิจัยและพัฒนาท้องถิ่น ซึ่งเป็นหน่วยงานย่อยภายใต้สถาบันวิจัยและพัฒนา มหาวิทยาลัยราชภัฏอุดรธานี มีหน้าให้บริการทดสอบตัวอย่างทางสิ่งแวดล้อม ได้แก่ น้ำ น้ำเสีย ดิน ปุ๋ย อาหาร และอื่น ๆ ตามศักยภาพของห้องปฏิบัติการให้บริการแก่หน่วยงานภายนอก เช่น หน่วยงานภาครัฐ องค์กรปกครองส่วนท้องถิ่น โรงพยาบาล โรงเรียน หน่วยงานเอกชน ผู้ประกอบการโรงงาน ธุรกิจอาคาร โรงแรม ประชาชนทั่วไป ฯลฯ ที่ต้องการใช้บริการทดสอบ รวมไปถึงงานบริการการเรียนการสอน งานวิจัย โครงงานวิทยาศาสตร์ และกิจกรรมอื่น ๆ ที่เกี่ยวข้องกับการทดสอบตัวอย่าง ซึ่งในปัจจุบันงานบริการทดสอบของห้องปฏิบัติการศูนย์วิทยาศาสตร์ฯ ได้รับการรับรองระบบคุณภาพห้องปฏิบัติการทดสอบตามมาตรฐานสากล ISO/IEC 17025 ถือเป็นระบบสำคัญที่ยกระดับการบริการเป็นมืออาชีพและความน่าเชื่อถือในงานบริการทดสอบ และเพื่อให้เกิดการพัฒนางานด้านการบริการทดสอบอย่างต่อเนื่อง และเป็นการรักษาระบบคุณภาพไว้ ห้องปฏิบัติการจึงจำเป็นต้องดำเนินการตรวจสอบความใช้ได้ของวิธีทดสอบในรายการทดสอบที่ได้รับการรับรองอยู่เป็นระยะ ๆ ดังนั้นการจัดทำคู่มือการตรวจสอบความใช้ได้ของวิธีในครั้งนี้จะเป็นประโยชน์แก่เจ้าหน้าที่และหน่วยงาน สามารถใช้เป็นแนวทางในการปฏิบัติงานได้อย่างมีประสิทธิภาพ และสามารถนำไปพัฒนาขยายขอบข่ายการทดสอบ เพื่อเพิ่มขีดความสามารถในการให้บริการทดสอบต่อไปในอนาคต

คู่มือการตรวจสอบความใช้ได้ของวิธีทดสอบปริมาณโลหะหนักในน้ำด้วยเทคนิค Flame Atomic Absorption Spectrophotometry (FAAS) ของห้องปฏิบัติการศูนย์วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีเพื่อการวิจัยและพัฒนาท้องถิ่นฉบับนี้ อ้างอิงรายละเอียดและเกณฑ์กำหนดจากคู่มือ The Fitness for Purpose of Analytical Methods: A Laboratory Guide to Method Validation and Related Topics ที่มีเนื้อหาเกี่ยวกับ ขั้นตอน แนวทาง และตัวอย่างวิธีการปฏิบัติงานการตรวจสอบ ทวนสอบ ซึ่งเป็นหนึ่งในงานควบคุมคุณภาพของห้องปฏิบัติการตามมาตรฐาน มีการดำเนินงานดังนี้

ขั้นตอนที่ 1 คัดเลือกวิธีทดสอบ

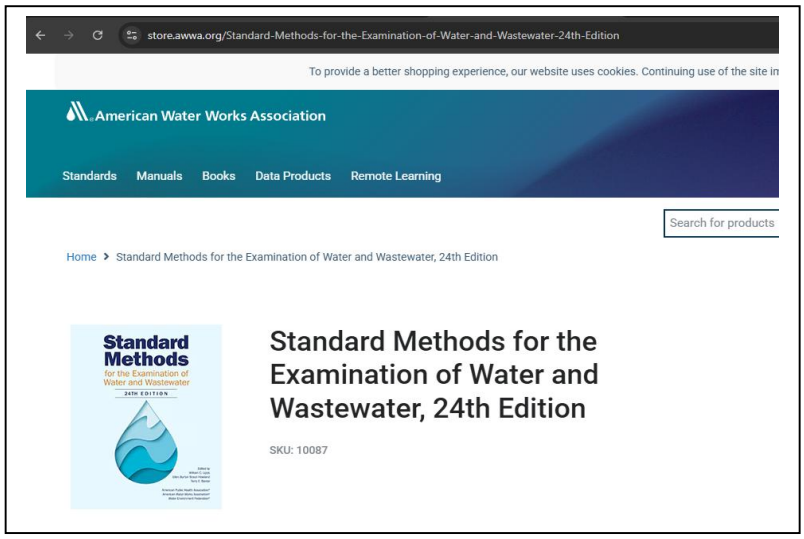
เพื่อให้ได้วิธีทดสอบที่เป็นไปตามหลักทางวิชาการ มีความน่าเชื่อถือ เป็นที่ยอมรับ เหมาะสมกับประเภทตัวอย่าง และเป็นไปตามข้อกำหนดฯ เราควรพิจารณาและเลือกวิธีทดสอบ โดยให้ดำเนินการดังนี้

1. ให้ศึกษาและคัดเลือกวิธีที่มีการตีพิมพ์ในคู่มือวิธีทดสอบมาตรฐานระหว่างประเทศ ระดับภูมิภาค หรือระดับประเทศ หรือโดยองค์กรทางวิชาการที่มีชื่อเสียงหรือในตำรา หรือวารสารทางวิทยาศาสตร์ที่เกี่ยวข้อง

ผู้เขียนแนะนำให้เลือกวิธีทดสอบจากคู่มือวิธีมาตรฐานที่เป็นการทดสอบน้ำโดยเฉพาะ คือ คู่มือ Standard methods for the Examination of water and Wastewater (ซึ่งจะใช้คู่มือนี้เป็นตัวอย่างในการปฏิบัติงาน) หรือหากต้องการใช้งานในวิธีมาตรฐานหรือตัวอย่างประเภทอื่น ๆ ให้เริ่มคัดเลือกจากคู่มือที่มีการตีพิมพ์ในมาตรฐานระหว่างประเทศก่อน หากไม่พบ ก็ให้เลือกจากระดับภูมิภาค หรือระดับประเทศ จากนั้นจึงเป็นวิธีทดสอบจากวารสารงานวิจัย และวิธีการใช้งานของเครื่องมือตามลำดับ เช่น คู่มือ ASTM's water testing standards, คู่มือ US EPA method, คู่มือ AOAC เป็นต้น

2. ให้ตรวจสอบว่าคู่มือหรือวิธีทดสอบนั้นเป็นฉบับล่าสุดหรือไม่ ซึ่งตามข้อกำหนดฯ กำหนดให้คู่มือหรือวิธีการทดสอบต้องเป็นฉบับล่าสุดเสมอ

โดยทำการตรวจสอบข้อมูลคู่มือ Standard methods for the Examination of water and Wastewater ฉบับล่าสุดได้จากเว็ปไซต์ https://www.awwa.org/ ดัง**ภาพที่ 3.1**



ภาพที่ 3.1 *Standard methods for the Examination of water and Wastewater ฉบับล่าสุด*
ที่มา: American Water Work Association, 2026, https://www.awwa.org

3. ศึกษากระบวนการขั้นตอนวิธีทดสอบ รวมทั้งตรวจเครื่องมือและอุปกรณ์ที่ต้องใช้งานในวิธีทดสอบ จากคู่มือ Standard methods for the Examination of water and Wastewater เพื่อใช้กำหนดเป็นเอกสารวิธีปฏิบัติงาน และให้มั่นใจว่าห้องปฏิบัติการสามารถปฏิบัติตามวิธีทดสอบได้ โดยให้มีเนื้อหาเป็นไปดัง**ตารางที่ 3.1**

คู่มือ Standard methods for the Examination of water and Wastewater 24th หน้า 188 (**ภาพที่ 3.2**) แสดงวิธีการทดสอบโลหะหนักโดยแบ่งตามเทคนิคเครื่องมือที่ใช้งาน โดยห้องปฏิบัติการกำหนดวิธีทดสอบเหล็ก 3111 B ที่ใช้เครื่อง Atomic Absorption Spectrometer แบบ Flame ที่ห้องปฏิบัติการมี

3010 METALS IN WATER AND WASTEWATER: Introduction

Table 3010:1. Applicable Methods for Elemental Analysis

Element	Flame Atomic Absorption (Direct)	Flame Atomic Absorption (Extracted)	Flame photometry	Electrothermal Atomic Absorption	Hydride/ Cold Vapor Atomic Absorption	Inductively Coupled plasma (ICP)	ICP/Mass spectrometry (ICP/MS)
Aluminum	3111 D	3111 E		3113 B		3120 B	3125
Antimony	3111 B			3113 B		3120 B	3125
Arsenic				3113 B	3114 B	3120 B	3125
Barium	3111 D	3111 E		3113 B		3120 B	3125
Beryllium	3111 D	3111 E		3113 B		3120 B	3125
Bismuth	3111 B			3113 B			3125 [a]
Boron						3120 B	3125 [a]
Cadmium	3111 B	3111 C		3113 B		3120 B	3125
Calcium	3111 B,D	3111 E				3120 B	3125 [a]
Cesium	3111 B						3125 [a]
Chromium	3111 B	3111 C		3113 B		3120 B	3125
Cobalt	3111 B	3111 C		3113 B		3120 B	3125
Copper	3111 B	3111 C		3113 B		3120 B	3125
Gallium				3113 B			3125 [a]
Germanium				3113 B			3125 [a]
Gold	3111 B			3113 B			3125 [a]
Indium				3113 B			3125 [a]
Iridium	3111 B						3125 [a]
Iron	3111 B	3111 C		3113 B		3120 B	3125 [a]
Lead	3111 B	3111 C		3113 B		3120 B	3125
Lithium	3111 B		3500-Li B			3120 B	3125 [a]
Magnesium	3111 B					3120 B	3125 [a]
Manganese	3111 B	3111 C		3113 B		3120 B	3125 [a]
Mercury					3112 B		3125 [a]
Molybdenum	3111 D	3111 E		3113 B		3120 B	3125
Nickel	3111 B	3111 C		3113 B		3120 B	3125
Osmium	3111 D	3111 E					3125 [a]
Palladium	3111 B						3125 [a]
Platinum	3111 B						3125 [a]
Potassium	3111 B		3500-K B			3120 B	3125 [a]
Rhenium	3111 D	3111 E					3125 [a]
Rhodium	3111 B						3125 [a]
Ruthenium	3111 B						3125 [a]
Selenium				3113 B	3114 B,C	3120 B	3125
Silicon	3111 D	3111 E				3120 B	3125 [a]
Silver	3111 B	3111 C		3113 B		3120 B	3125
Sodium	3111 B		3500-Na B			3120 B	3125 [a]
Strontium	3111 B		3500-Sr B			3120 B	3125
Tellurium				3113 B			3125 [a]
Thallium	3111 B			3113 B		3120 B	3125
Thorium	3111 D	3111 E					3125 [a]
Tin	3111 B			3113 B			3125 [a]
Titanium	3111 D	3111 E					3125 [a]
Uranium							3125
Vanadium	3111 D	3111 E		3113 B		3120 B	3125
Zinc	3111 B	3111 C		3113 B		3120 B	3125

[a] Metal is not specifically mentioned in the method, but 3125 may be used successfully in most cases.

ภาพที่ 3.2 *รายการวิธีทดสอบโลหะหนักแบ่งตามเทคนิคการวิเคราะห์*

ที่มา: American Water Work Association, (2023), Standard methods for the Examination of water and Wastewater 24th p 188

เมื่อกำหนดวิธีทดสอบเป็น 3111 B แล้ว ให้ทำการศึกษาขั้นตอนวิธีทดสอบ และจัดทำเป็นเอกสารวิธีปฏิบัติงานที่มีการแจกแจงขั้นตอนการปฏิบัติงานทดสอบเป็นลำดับ รวมทั้งระบุเครื่องมือ อุปกรณ์และสารเคมีที่ต้องใช้ในวิธีการปฏิบัติงานให้ครบถ้วน (อ้างอิงรูปแบบเอกสารตามระบบคุณภาพ ISO/IEC 17025 ตัวอย่างดัง **ภาคผนวก**) ในบางขั้นตอนที่ห้องปฏิบัติการไม่สามารถทำตามได้ ให้ใช้ความรู้และประสบการณ์เพื่อปรับเปลี่ยนขั้นตอนให้มีผลกระทบต่อผลการทดสอบน้อยที่สุด กรณีที่ห้องปฏิบัติการมีวิธีทดสอบอยู่แล้วหรือเป็นการตรวจสอบความใช้ได้ของวิธีเดิม ให้พิจารณาขั้นตอนวิธีทดสอบจากคู่มือฉบับล่าสุด หากมีการปรับเปลี่ยน ให้ทำการแก้ไขเพิ่มเติม หรือปรับปรุงขั้นตอนให้ใกล้เคียงกันมากที่สุด

ตารางที่ 3.1 ตัวอย่างหัวข้อควรมีในเอกสารวิธีปฏิบัติงานวิธีทดสอบ

ลำดับ	หัวข้อ	รายละเอียด
1	วัตถุประสงค์	แสดง/อธิบายจุดมุ่งหมายของวิธีทดสอบ เช่น เพื่อให้ผลทดสอบของงานบริการทดสอบเป็นไปด้วยความถูกต้อง แม่นยำ ตามเกณฑ์ที่กำหนด
2	ขอบข่าย	ประเภทตัวอย่าง และช่วงการทดสอบ (Working range) ของวิธีทดสอบ
3	เอกสารอ้างอิง/เอกสารที่เกี่ยวข้อง	ชื่อเอกสาร ตำรา งานวิจัย และข้อกำหนดที่เกี่ยวข้องกับการปฏิบัติงานทดสอบ
4	คำนิยาม	ให้ความหมายของศัพท์เทคนิค (Technical term) และตีกรอบความหมายให้เกิดความชัดเจนมากที่สุด
5	หลักการของวิธีการทดสอบ	อธิบายถึงหลักการวัด ความจำเพาะ ข้อจำกัด ข้อควรระวังของวิธีทดสอบ
6	เครื่องมือ อุปกรณ์ และสารเคมี	แจกแจงเครื่องมือ วัสดุอุปกรณ์ และสารเคมีที่เกี่ยวข้องกับวิธีทดสอบ พร้อมทั้งบ่งชี้ถึงลักษณะและคุณภาพให้ชัดเจน
7	ตัวอย่าง	อธิบายลักษณะตัวอย่างที่เหมาะสมสำหรับการทดสอบ เช่น ปริมาณตัวอย่าง ลักษณะตัวอย่าง การเตรียมตัวอย่าง และการรักษาสภาพตัวอย่าง
8	วิธีการทดสอบ	อธิบายขั้นตอนวิธีทดสอบอย่างเป็นลำดับ เช่น การเตรียมเครื่องมือ การเตรียมสารเคมี การเตรียมตัวอย่าง การทดสอบตัวอย่างและตัวอย่างที่ใช้ควบคุมคุณภาพ รวมทั้งการคำนวณผลการทดสอบที่อ้างอิงจากวิธีมาตรฐานอย่างเคร่งครัด
9	การควบคุมคุณภาพผลการทดสอบ	กำหนดและระบุวิธีการพิจารณาเกณฑ์การยอมรับของผลการทดสอบด้วยกิจกรรมการควบคุมคุณภาพผลการทดสอบตามที่วิธีทดสอบได้กำหนด
10	การรายงานผล	กำหนดวิธีรายงานผลให้สอดคล้องกับค่ามาตรฐาน และผลการตรวจสอบความใช้ได้ของวิธี เช่น หน่วย จำนวนทศนิยม ค่าต่ำสุดที่รายงานเป็นตัวเลขได้ เป็นต้น

ปัญหาและอุปสรรค : การทำความเข้าใจคู่มือซึ่งเป็นภาษาอังกฤษและมีการใช้ศัพท์เฉพาะทาง อาจทำให้เข้าใจในขั้นตอนได้ยาก คลาดเคลื่อน และไม่ครบถ้วน

แนวทางการแก้ไขปัญหา : ควรผ่านการอบรบในหัวข้อ การตรวจสอบความใช้ได้ของวิธี การควบคุมคุณภาพผลการทดสอบ การประกันคุณภาพของการทดสอบ และสถิติที่ใช้ในงานทดสอบ รวมทั้งการอบรมการทดสอบโลหะหนักในน้ำจากหน่วยงานที่น่าเชื่อถือ (เบื้องต้นผู้เขียนแนะนำการอบรมผ่านระบบ e-learning ของกรมวิทยาศาสตร์บริการก่อน แล้วจึงศึกษาหาความรู้เพิ่มเติมและสมัครฝึกอบรมแบบเข้มข้น เพื่อให้เกิดทักษะและความเข้าใจได้อย่างรวดเร็ว)

ข้อเสนอแนะ : ควรเลือกวิธีทดสอบที่ห้องปฏิบัติการสามารถดำเนินงานทดสอบได้อยู่แล้วในปัจจุบัน แต่ยังไม่ได้ตรวจสอบความใช้ได้ของวิธี และให้ศึกษาเพิ่มเติมเนื้อหาในคู่มือ Standard methods for the Examination of water and Wastewater เพื่อปรับเปลี่ยนวิธีการทดสอบให้เป็นไปตามรายละเอียดของวิธี (3111B) และให้ศึกษาส่วน 3020 การประกันคุณภาพ/การควบคุมคุณภาพการทดสอบโลหะหนักควบคู่ไปด้วย

ขั้นตอนที่ 2 ประเมินความสามารถวิธีทดสอบของห้องปฏิบัติการ

เพื่อให้มั่นใจว่าผลการทดสอบจากวิธีการทดสอบที่ปฏิบัติงานด้วยความสามารถของห้องปฏิบัติการสามารถนำไปใช้งานได้จริง (ใช้ตัดสินผลการทดสอบว่า ผ่าน หรือ ไม่ผ่านเกณฑ์มาตรฐานของตัวอย่างน้ำได้) ให้พิจารณาช่วงการทดสอบ หรือช่วงการวัด (Range) ของวิธีการทดสอบที่ปฏิบัติงานด้วยความสามารถของห้องปฏิบัติการ ว่าครอบคลุมหรือใกล้เคียงค่ามาตรฐานประเภทตัวอย่างที่เราต้องการให้บริการทดสอบหรือไม่ โดยพิจารณาตามลำดับดังนี้

1. ตรวจสอบค่ามาตรฐาน ปริมาณโลหะหนักในน้ำประเภทต่าง ๆ จากเว็ปไซต์ของหน่วยงานที่เกี่ยวข้อง หรือ พระราชบัญญัติ กฎกระทรวง ประกาศ ระเบียบ ข้อกำหนดต่าง ๆ ฉบับล่าสุด

ตัวอย่าง ตรวจสอบมาตรฐานอุตสาหกรรมน้ำบริโภค พ.ศ. 2549 และมาตรฐานน้ำบาดาลเพื่อการบริโภค พ.ศ. 2551 พบว่ามี ค่าเกณฑ์มาตรฐานของเหล็กคือ ไม่เกิน 0.3 และ ไม่เกิน 0.5 mg/L ตามลำดับ **ดังภาพที่ 3.3**

ลำดับที่	รายการ	เกณฑ์ที่กำหนดสูงสุด มิลลิกรัมต่อลูกบาศก์เดซิเมตร	วิธีวิเคราะห์*
1	ปริมาณสารที่ละลายทั้งหมด (total dissolved solids)	500	ข้อ 2540 C
2	เหล็ก	0.3	ข้อ 3111B หรือข้อ 3111C
3	แมงกานีส	0.05	ข้อ 3111B
4	ทองแดง	1.0	ข้อ 3111 B
5	สังกะสี	3	ข้อ 3111 B
6	ความกระด้างทั้งหมด (คำนวณเป็นแคลเซียมคาร์บอเนต)	100	ข้อ 2340C
7	ซัลเฟต	200	ข้อ 4500-SO_4^{2-} E
8	คลอไรด์	250	ข้อ 4500-Cl^- B
9	ฟลูออไรด์	0.7	ข้อ 4500-F^- C
10	ไนเทรต (คำนวณเป็น ไนโตรเจน)	4	ข้อ 4500-NO_3^- D
11	ลิเนียร์อัลคิลเบนซีนซัลโฟเนต	0.2	ข้อ 5540 C
12	ฟีนอลิกซับสแตนซ์	0.001	ข้อ 5530 C

มาตรฐานน้ำบาดาลที่จะใช้บริโภคได้

กุณลักษณะทางกายภาพ		
รายการ	เกณฑ์กำหนดที่เหมาะสม	เกณฑ์อนุโลมสูงสุด
สี (Color)	5 (หน่วยแพลทินัม-โคบอลต์)	15 (หน่วยแพลทินัม- โคบอลต์)
ความขุ่น (Turbidity)	5 (หน่วยความขุ่น)	20 (หน่วยความขุ่น)
ความเป็นกรด-ด่าง (pH)	7.0-8.5	6.5-9.2

กุณลักษณะทางเคมี		
รายการ	เกณฑ์กำหนดที่เหมาะสม (มิลลิกรัมต่อลิตร)	เกณฑ์อนุโลมสูงสุด (มิลลิกรัมต่อลิตร)
เหล็ก (Fe)	ไม่เกิน 0.5	1.0
แมงกานีส (Mn)	ไม่เกิน 0.3	0.5
ทองแดง (Cu)	ไม่เกิน 1.0	1.5

ภาพที่ 3.3 *มาตรฐานอุตสาหกรรมน้ำบริโภค พ.ศ. 2549 และมาตรฐานน้ำบาดาลเพื่อการบริโภค พ.ศ. 2551*
ที่มา: สำนักงานเลขารัฐมนตรี, 2569, *https://ratchakitcha.soc.go.th/*

2. ตรวจสอบความสามารถของวิธีทดสอบที่เลือก และความสามารถในการวัดของเครื่องมือ Atomic Absorption Spectrometer แบบ Flame (FAAS) ในรุ่นที่ห้องปฏิบัติการใช้งานอยู่ โดยพิจารณาช่วงการทดสอบหรือช่วงการวัด (ความสามารถในการวัดค่าต่ำสุดและค่าสูงสุดของธาตุโลหะหนัก)

ตัวอย่าง ช่วงการทดสอบของวิธีทดสอบเหล็ก 3111 ที่เหมาะสม (Optimum Concentration Range) คือช่วงต่ำ 0.4 ถึงช่วงสูง 10 mg/L ซึ่งค้นหาได้จากคู่มือ Standard methods for the Examination of water and Wastewater 24th หน้า 203 **ดังภาพที่ 3.4** ส่วนช่วงการวัดของเครื่องมือ FAAS ยี่ห้อ Perkin รุ่น Analyst200 ในการวัดโลหะหลัก เหล็ก สำหรับเครื่องมือของห้องปฏิบัติการฯ คือ ช่วงต่ำ0.04 ถึงช่วงสูง 3 mg/L ซึ่งสามารถพิจารณาได้จากโปรแกรม WinLab32 ที่คอมพิวเตอร์สำหรับควบคุมเครื่องมือ โดยเมื่อเปิดโปรแกรมแล้ว ไปที่ Tool > Recommend Condition >เลือกธาตุโลหะหนักที่เป็นวิธีทดสอบเหล็ก ซึ่งจะได้

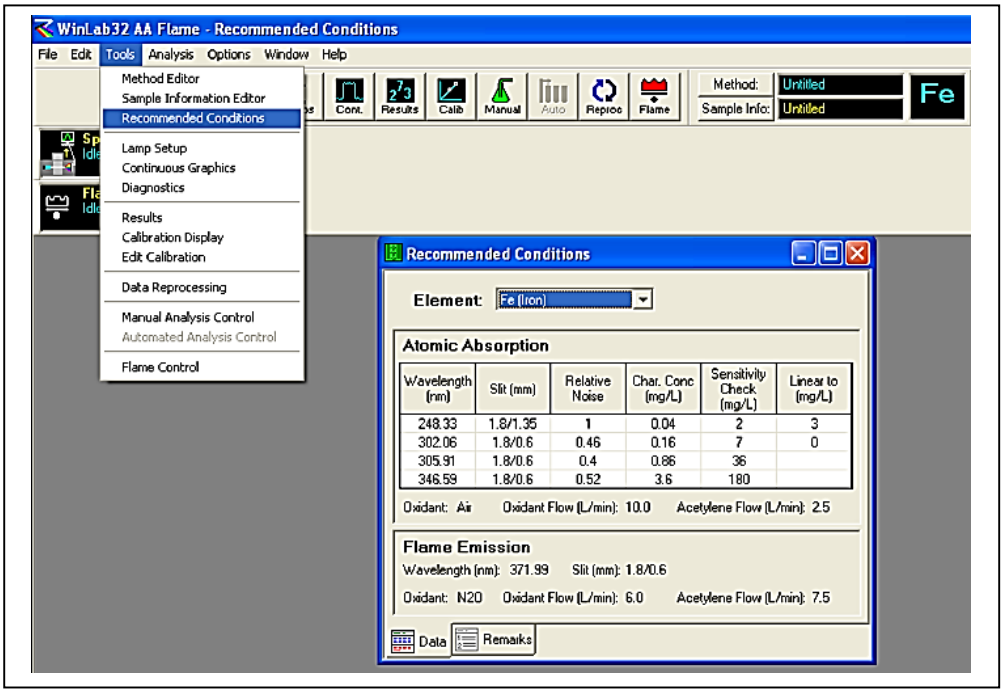
ว่าที่ความยาวคลื่น 248.33 nm มีค่า Characteristic Concentration (ความเข้มข้นที่ให้ค่าการดูดกลืนแสงที่ 0.0044 abs หรือ 1% ของหน่วยการวัดแสงโดยทั่วไป) เท่ากับ 0.04 mg/L และมีค่า Linearity to (ความเข้มข้นสูงสุดที่ยังให้ความสัมพันธ์เชิงเส้นของผลการทดสอบอยู่เกณฑ์ที่กำหนด) เท่ากับ 3 mg/L **ดังภาพที่ 3.5** ดังนั้น ช่วงการวัดด้วยวิธีและเครื่องมือนี้จะมีค่าประมาณ 0.04 – 10 mg/L

Table 3111:1. Atomic Absorption Concentration Ranges with Direct Aspiration Atomic Absorption

Element	Wave-length (nm)	Flame Gases	Instrument Detection Level (mg/L)	Sensitivity (mg/L)	Optimum Concentration Range (mg/L)
Ag	328.1	A-Ac	0.01	0.06	0.1–4
Al	309.3	N-Ac	0.1	1	5–100
Au	242.8	A-Ac	0.01	0.25	0.5–20
Ba	553.6	N-Ac	0.03	0.4	1–20
Be	234.9	N-Ac	0.005	0.03	0.05–2
Bi	223.1	A-Ac	0.06	0.4	1–50
Ca	422.7	A-Ac	0.003	0.08	0.2–20
Cd	228.8	A-Ac	0.002	0.025	0.05–2
Co	240.7	A-Ac	0.03	0.2	0.5–10
Cr	357.9	A-Ac	0.02	0.1	0.2–10
Cs	852.1	A-Ac	0.02	0.3	0.5–15
Cu	324.7	A-Ac	0.01	0.1	0.2–10
Fe	248.3	A-Ac	0.02	0.12	0.3–10
Ir	264.0	A-Ac	0.6	8	—
K	766.5	A-Ac	0.005	0.04	0.1–2

ภาพที่ 3.4 *ช่วงการวัดธาตุโลหะเหล็ก (Fe) ของวิธี 3111*

ที่มา: American Water Work Association, (2023), Standard methods for the Examination of water and Wastewater 24th p 203



ภาพที่ 3.5 *ช่วงการวัดของเครื่องมือ FAAS ในการวัดโลหะเหล็ก*

ที่มา: PerkinElmer, โปรแกรม WinLab32 (2551)

3. พิจารณาค่ามาตรฐานของน้ำตัวอย่าง (0.3 และ 0.5 mg/L) อยู่ในช่วงการวัดวิธีทดสอบและช่วงการวัดของเครื่องมือ (0.04 – 10 mg/L) จึงสามารถประเมินได้ว่าวิธีทดสอบด้วยเครื่องมือนี้สามารถนำไปใช้งานได้

ปัญหาและอุปสรรค : 1 ค่ามาตรฐานของตัวอย่างตามที่กฎหมายกำหนดอาจมีการเปลี่ยนแปลงจนมีค่าอยู่นอกช่วงวิธีทดสอบ
2. รายการทดสอบนั้น ๆ ไม่ได้กำหนดค่ามาตรฐาน

แนวทางการแก้ไขปัญหา : 1. ทำการตรวจสอบค่ามาตรฐานตัวอย่างเป็นระยะ ๆ หากค่ามาตรฐานมีค่าน้อยกว่าช่วงวิธีการทดสอบ ให้ปรับวิธีทดสอบด้วยเทคนิคการเพิ่มความเข้มข้นของตัวอย่าง
2. ให้กำหนดค่ามาตรฐานด้วยการสอบถามความต้องการของผู้รับบริการหรืออาจใช้มาตรฐานตัวอย่างประเภทที่ใกล้เคียง

ข้อเสนอแนะ : การพิจารณาช่วงวิธีทดสอบ ให้ยึดช่วงวิธีทดสอบของเครื่องมือเป็นหลัก เนื่องจากเครื่องมือมีหลายคุณลักษณะ ซึ่งบางรุ่นอาจให้ช่วงวิธีทดสอบที่กว้างกว่าที่วิธีทดสอบระบุไว้ อย่างไรก็ตามในขั้นตอนนี้เป็นเพียงการประเมินจากคุณสมบัติเครื่องมือและวิธีทดสอบ ช่วงการทดสอบที่แน่นอนจะสรุปได้ในขั้นตอนถัดไป

ขั้นตอนที่ 3 การเตรียมเครื่องมือและสารเคมี

เพื่อให้เกิดความมั่นใจในประสิทธิภาพของเครื่องมือ เครื่องแก้วที่ใช้ในงานทดสอบ และการจัดซื้อสารเคมีให้มีคุณภาพเป็นไปตามเกณฑ์และข้อกำหนดฯ ให้ดำเนินการตามหัวข้อดังนี้

1. ตรวจสอบสภาพเครื่องมือหลักในงานทดสอบ ซึ่งเครื่องมือหลักในวิธีนี้ คือ เครื่อง Atomic Absorption Spectrophotometry เพื่อให้มั่นใจว่าเครื่องมือไม่มีความผิดปกติ และยังสามารถใช้งานได้เต็มประสิทธิภาพ ให้ดำเนินการดังนี้

1.1) ติดต่อประสานงานกับบริษัทที่จัดจำหน่ายเครื่อง FAAS เพื่อขอให้ดำเนินการ Preventive Maintenance (PM) เครื่องมือตามขั้นตอนด้วยช่างที่ชำนาญงาน และได้รับการรับรอง (Certificate of Training) จากผู้ผลิตเครื่องมือ

1.2) เมื่อ PM แล้วเสร็จ ทางบริษัทจะจัดส่งรายงานผลการ PM ให้พิจารณารายงานผล โดยผลการตรวจสอบ (Actual Value) ต้องอยู่ในเกณฑ์ (Specification) ตามที่รายงานกำหนดทุกหัวข้อ ดัง**ภาพที่ 3.6**

1.3) กรณีที่มีผลไม่ผ่านเกณฑ์ ให้ดำเนินงานซ่อมแซมให้เสร็จก่อนเริ่มใช้ในการทดสอบความใช้ได้ของวิธีฯ

1.4) วันที่ดำเนินการ PM เครื่องมือ ต้องห่างจากวันที่ทำการทดสอบความใช้ได้ของวิธีไม่เกิน 1 ปี (แนะนำไม่เกิน 6 เดือน เพื่อเผื่อเวลาในการทดสอบซ้ำหรือจำเป็นต้องสั่งซื้อวัสดุอ้างอิงใหม่)

PREVENTIVE MAINTENANCE REPORT

ATOMIC ABSORPTION SPECTROPHOTOMETER MODEL

AAnalyst 200/400

SERIAL NUMBER 200S9031302	**DATE TESTED** 24-May-2024	
PARAMETER	**SPECIFICATION**	**ACTUAL VAULE**
5. PERFORMANCE TESTS		
1. Detector-Linearity with Barium (553.55 nm).		
Neutral Density Filter 0.2 :	0.1903 Abs. ± 5%	0.1843 Abs.
Neutral Density Filter 1.0 :	1.0547 Abs. ± 5%	1.0433 Abs.
2. Baseline Noise at 1 Abs with Barium (553.55 nm). (at an integration time of 0.5 seconds and 99 replicates)	SD ≤ 0.010 Abs.	0.0041 Abs.
3. AA Baseline with Copper (Cu 324.75 nm). (at an integration time of 0.5 seconds and 99 replicates)	SD ≤ 0.001 Abs.	0.0002 Abs.
4. D_2 Background Compensation (Copper 324.75 nm). with Neutral Density Filter 1.0	Absorbance ≤ 0.010 Abs	-0.0132 Abs.

ภาพที่ 3.6 *รายงานผลการ PM เครื่อง FAAS*

ที่มา: เอกสารห้องปฏิบัติการศูนย์วิทยาศาสตร์ฯ มหาวิทยาลัยราชภัฏอุดรธานี (2567)

2. สอบเทียบเครื่องแก้วที่ใช้ในงานทดสอบ เพื่อให้มั่นใจว่าเครื่องแก้วที่ใช้ในงานทดสอบมีความแม่นยำอยู่ในเกณฑ์ที่เหมาะสม ดำเนินการดังนี้

2.1) กำหนดจำนวนและประเภทของเครื่องแก้วที่ใช้ในงานทดสอบ ให้พิจารณาประเภทเครื่องแก้วที่มีการใช้ในการตวงปริมาตรตัวอย่างและใช้ในการเตรียมสารละลายมาตรฐาน สำหรับการกำหนดจำนวนที่ต้องส่งสอบเทียบให้พิจารณาดังนี้ กรณีเครื่องแก้วเป็นเกรด A ให้สุ่มจำนวนไม่น้อยกว่าร้อยละ 10 จากจำนวนทั้งหมดในแต่ละประเภท กรณีเครื่องแก้วเป็นกรด B ให้ส่งสอบเทียบทั้งหมด (แนะนำให้ใช้เครื่องแก้วเกรด A เพื่อความแม่นยำที่ดีกว่า และเสียค่าใช้จ่ายในการสอบเทียบน้อยกว่า) ตัวอย่างดัง**ตารางที่ 3.2**

ตารางที่ 3.2 ตัวอย่างจำนวนและประเภทของเครื่องแก้วที่ใช้ในงานทดสอบที่ต้องสอบเทียบ

ประเภทเครื่องแก้ว	เกรด	ค่า Tolerance (mL)	จำนวนทั้งหมดที่ใช้ในงานทดสอบ	จำนวนที่ต้องส่งสอบเทียบ
Volumetric pipette 100 mL	A	±0.08	5	1
Volumetric pipette 10 mL	A	±0.02	10	1
Volumetric pipette 5 mL	A	±0.015	10	1
Volumetric pipette 3 mL	A	±0.01	10	1
Volumetric pipette 2 mL	A	±0.01	10	1
Volumetric pipette 1 mL	A	±0.008	10	1
Volumetric Flask 1000 mL	A	±0.4	5	1
Volumetric Flask 100 mL	A	±0.1	20	2

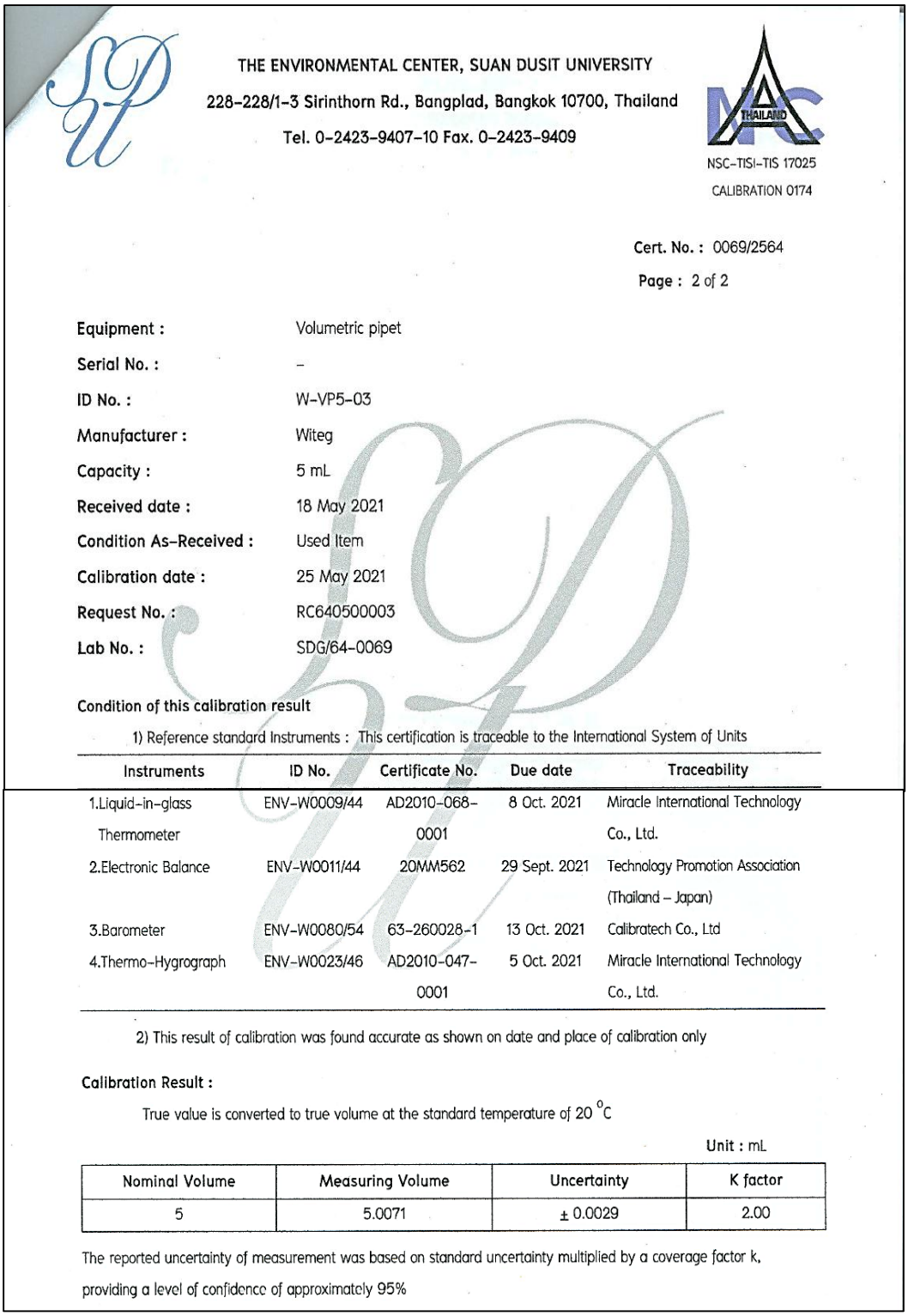
2.2) ติดต่อประสานงานกับบริษัทหรือหน่วยงานสอบเทียบเครื่องแก้วที่ได้รับการรับรอง ISO/IEC 17025 ดำเนินการส่งเครื่องแก้วที่กำหนดเพื่อสอบเทียบ

2.3) เมื่อสอบเทียบแล้วเสร็จ ทางบริษัทหรือหน่วยงานสอบเทียบจะจัดส่งรายงานผลการสอบเทียบของเครื่องแก้วแต่ละชิ้น ให้เราพิจารณาข้อมูลจากรายงานผลการสอบเทียบ ดัง**ภาพที่ 3.7** เพื่อใช้ในการทวนสอบผลการสอบเทียบโดยการคำนวณและตัดสินผลการสอบเทียบว่าผ่าน หรือไม่ผ่านเกณฑ์ โดยผลรวมสัมบูรณ์ของค่าความคลาดเคลื่อน (Error) กับค่าความไม่แน่นอน (Uncertainty) ที่ได้ต้องมีค่าไม่เกินค่าความทนทาน (Tolerance) ของเครื่องแก้วแต่ละประเภท ดัง**ตารางที่ 3.2** โดยห้องปฏิบัติการกำหนดให้เครื่องแก้วที่ใช้งานต้องมีผลการสอบเทียบผ่านเกณฑ์ที่กำหนดทั้งหมด

ตัวอย่าง การคำนวณและตัดสินผลการสอบเทียบ Volumetric pipette ขนาด 5 mL

เมื่อ ค่าความคลาดเคลื่อน (Error) คำนวณได้จาก ผลการสอบเทียบ (Measurement Volume) ลบด้วย ปริมาตรของเครื่องแก้ว (Nominal Volume) แทนค่าจะได้ 5.0071 – 5.0 = 0.0071

และการสอบเทียบเครื่องแก้วชิ้นนี้มีค่าความไม่แน่นอน = ±0.0029 , เมื่อนำมารวมกันแบบสัมบูรณ์กับค่าความคลาดเคลื่อน (Error) แทนค่าจะได้ $|(0.0071) + (\pm 0.0029)|$= 0.01 mL ซึ่งค่าดังกล่าวไม่เกินกว่าค่า Tolerance ของเครื่องแก้ว (0.015 mL) ผลการตัดสินถือว่าการสอบเทียบผ่านเกณฑ์ที่กำหนด



THE ENVIRONMENTAL CENTER, SUAN DUSIT UNIVERSITY
228-228/1-3 Sirinthorn Rd., Bangplad, Bangkok 10700, Thailand
Tel. 0-2423-9407-10 Fax. 0-2423-9409

NSC-TISI-TIS 17025
CALIBRATION 0174

Cert. No. : 0069/2564
Page : 2 of 2

Equipment :	Volumetric pipet
Serial No. :	-
ID No. :	W-VP5-03
Manufacturer :	Witeg
Capacity :	5 mL
Received date :	18 May 2021
Condition As-Received :	Used Item
Calibration date :	25 May 2021
Request No. :	RC640500003
Lab No. :	SDG/64-0069

Condition of this calibration result

1) Reference standard Instruments : This certification is traceable to the International System of Units

Instruments	ID No.	Certificate No.	Due date	Traceability
1.Liquid-in-glass Thermometer	ENV-W0009/44	AD2010-068-0001	8 Oct. 2021	Miracle International Technology Co., Ltd.
2.Electronic Balance	ENV-W0011/44	20MM562	29 Sept. 2021	Technology Promotion Association (Thailand – Japan)
3.Barometer	ENV-W0080/54	63-260028-1	13 Oct. 2021	Calibratech Co., Ltd
4.Thermo-Hygrograph	ENV-W0023/46	AD2010-047-0001	5 Oct. 2021	Miracle International Technology Co., Ltd.

2) This result of calibration was found accurate as shown on date and place of calibration only

Calibration Result :

True value is converted to true volume at the standard temperature of 20 °C

Unit : mL

Nominal Volume	Measuring Volume	Uncertainty	K factor
5	5.0071	± 0.0029	2.00

The reported uncertainty of measurement was based on standard uncertainty multiplied by a coverage factor k, providing a level of confidence of approximately 95%

ภาพที่ 3.7 *ตัวอย่างรายงานผลการสอบเทียบเครื่องแก้ว*

ที่มา: เอกสารห้องปฏิบัติการศูนย์วิทยาศาสตร์ฯ มหาวิทยาลัยราชภัฏอุดรธานี (2565)

3. จัดซื้อสารเคมีในการตรวจสอบความใช้ได้ของวิธี นอกเหนือจากวัสดุและสารเคมีที่กำหนดให้ใช้ในงานทดสอบแล้ว ยังต้องจัดซื้อสารเคมีเพื่อใช้ในการเตรียมตัวอย่างและใช้ยืนยันความถูกต้องของวิธีทดสอบ ได้แก่

3.1) สารละลายมาตรฐานเหล็ก (Iron Standard Solution) ประเภทวัสดุอ้างอิง (Reference Material: RM) ความเข้มข้น 1,000 mg/L ต่างยี่ห้อกับสารละลายมาตรฐานเหล็กที่ใช้ในงานทดสอบ อย่างน้อยต้องมีคุณสมบัติเป็นเนื้อเดียวกัน มีการระบุค่าความเข้มข้น ระบุค่าความไม่แน่นอนและสามารถสอบกลับได้ รวมทั้งได้รับการรับรองความสามารถในการผลิตวัสดุอ้างอิงตามมาตรฐาน ISO/IEC 17034 โดยสารละลายมาตรฐานเหล็กนี้จะใช้ในการเตรียมตัวอย่างด้วยเทคนิค spike sample ดัง**ภาพที่ 3.8**



125 Market Street
New Haven, CT 06513
USA

AccuStandard® Inc.

Tel (203)786-5290
Fax (203)786-5287
www.AccuStandard.com

CERTIFICATE OF ANALYSIS

AccuTrace™ Reference Standard

Catalog No: AA27N-1
Description: Iron AA Standard
Element: Iron (Fe)
SRM: 3126a
Lot: 223125063
Matrix: 2-5% Nitric acid
Hazards: *Refer to SDS for complete safety information*

Signal Word: Danger

Date Certified: Dec 15, 2023
Expiration: Dec 15, 2028
Sample Size: 100 mL
Components: 1
Storage Condition: Ambient (>5 °C)

Certified Reference Material

ANAB ACCREDITED REFERENCE MATERIAL PRODUCER AR-1463

ilac-MRA

Component		SRM #	Prepared Concentration (µg/mL)
Fe	Iron	3126a	1000

This Certified Reference Material was verified in accordance with ISO/IEC 17025 (AT-1339) and ISO 17034 (AR-1463)
A product with a suffix (-1A, -2B, etc. or -01, -02, etc.) on its lot number has had its expiration date extended and is identical to the same lot number without the suffix.
The gravimetric uncertainty for this product is ±0.24%. The CRM uncertainty is ±2.4%.
In order to verify the concentration(s), the final solution was checked by plasma emission spectroscopy (ICP) against material traceable to the above listed NIST SRM(s).
This standard was prepared using ACS grade or better starting materials, high purity acids and ASTM Type I 18 megohm deionized water.
All glassware used in preparation is Class A.
All weights are traceable through NIST, Test No. 684/291344-18 & 684/292805-19
Shake bottle prior to use and do not pipette directly out of the bottle. Use only cleaned Class A volumetric glassware. Keep bottle tightly capped.

Certified By: Meigan O'Leary
Meigan O'Leary, Inorganic QC Manager

Page 1 of 1

For use in routine laboratory analysis.

AccuStandard is accredited to ISO 17034, ISO/IEC 17025 and certified to ISO 9001:2015

QR-ORG/INO-001
Rev. 5/18

AccuStandard

ภาพที่ 3.8 *ตัวอย่างใบรับรองสารละลายมาตรฐานเหล็กประเภทวัสดุอ้างอิง*
ที่มา: เอกสารห้องปฏิบัติการศูนย์วิทยาศาสตร์ฯ มหาวิทยาลัยราชภัฏอุดรธานี (2567)

3.2) สารละลายวัสดุอ้างอิงที่มีการรับรองค่าปริมาณเหล็กปริมาณหนึ่ง ได้รับรองมาตรฐาน ISO 17034 หรือเป็นตัวอย่างที่เตรียมโดยผู้จัดกิจกรรมทดสอบความชำนาญ (PT Provider) ที่ได้รับการรับรอง ISO 17043 ดัง **ภาพที่ 3.9** และมีความเข้มข้นโลหะหนักที่ต้องการทดสอบใกล้เคียงกับค่ามาตรฐานตัวอย่างโดยที่ไม่ต้องเจือจางหรือเพิ่มความเข้มข้น (ตัวอย่างดัง**ภาพที่ 3.11** ในขั้นตอนที่ 6)



ilac-MRA A2LA

Accredited Proficiency Testing Provider

A2LA has accredited

INFORMATION AND QUALITY MANAGEMENT
ENVIRONMENTAL SCIENCE AND TECHNOLOGY LABORATORIES
ENVIRONMENT AND CLIMATE CHANGE CANADA

Burlington, Ontario, CANADA

This accreditation covers the specific proficiency testing schemes listed on the agreed upon Scope of Accreditation. This provider is accredited in accordance with the recognized International Standard ISO/IEC 17043: 2023 *Conformity assessment - General requirements for proficiency testing.* This accreditation demonstrates technical competence for a defined scope and the operation of a quality management system.

Presented this 17th day of September 2021.

Vice President, Accreditation Services
For the Accreditation Council
Certificate Number 2867.01
Valid to September 30, 2025

For the proficiency testing schemes to which this accreditation applies, please refer to the provider's Scope of Accreditation.

ภาพที่ 3.9 *ใบรับรองผู้จัดกิจกรรมทดสอบความชำนาญ (PT Provider) ที่ได้รับการรับรอง ISO 17043*
ที่มา: เอกสารห้องปฏิบัติการศูนย์วิทยาศาสตร์ฯ มหาวิทยาลัยราชภัฏอุดรธานี (2567)

ปัญหาและอุปสรรค : การสอบเทียบเครื่องแก้วมักมีผลไม่ผ่านเกณฑ์ ทำให้ต้องเสียเวลาในการสอบเทียบใหม่

แนวทางการแก้ไขปัญหา : ให้ส่งเครื่องแก้วชุดสำรองไปสอบเทียบพร้อมกับเครื่องแก้วชุดหลัก

ข้อเสนอแนะ : การจัดซื้อวัสดุอ้างอิงรับรอง อาจใช้ระยะเวลาในการจัดส่งนานกว่าปกติ (60-90 วัน) ควรประมาณการณ์ให้ทันต่อรอบของการทดสอบการตรวจสอบความใช้ได้ของวิธีทดสอบและการ PM เครื่องมือหลัก

ขั้นตอนที่ 4 การเตรียมตัวอย่าง

เป็นขั้นตอนการเตรียมตัวอย่างน้ำแต่ละประเภทที่ห้องปฏิบัติการฯ ให้บริการทดสอบ และได้รับ/อยู่ระหว่างขอการรับรอง ได้แก่ น้ำผ่านเครื่องกรอง น้ำประปา น้ำบาดาล และน้ำผิวดิน โดยสุ่มเก็บตัวอย่างน้ำมาปรับปรุงคุณสมบัติของน้ำให้มีความเหมาะสมต่อการทดสอบตามที่วิธีทดสอบกำหนด และเก็บไว้ในตู้เย็นสำหรับเก็บตัวอย่างเพื่อรอการทดสอบ แบ่งเป็น 2 แบบ คือ แบบ spike sample ที่มีการเติมโลหะหนักลงไป และ แบบ sample blank ที่ปราศจากหรือมีปริมาณโลหะที่น้อยมาก ๆ มีขั้นตอนดังนี้

1. การเตรียม sample blank ให้คัดเลือกและเก็บตัวอย่างน้ำในแต่ละประเภทจากแหล่งต่าง ๆ โดยน้ำตัวอย่างควรมีคุณลักษณะเบื้องต้นคือ น้ำใส ไม่มีตะกอน มีค่าความขุ่นและมีปริมาณเหล็กหรือธาตุที่เราต้องการทดสอบอยู่น้อยมาก ๆ เก็บมาประเภทละไม่น้อยกว่า 3 ลิตร เช่น เก็บตัวอย่างจากเครื่องกรองน้ำเพื่อบริโภคของหน่วยงาน เก็บตัวอย่างน้ำประปาจากจุดส่งน้ำประปาส่วนภูมิภาคเข้ามหาวิทยาลัยราชภัฏอุดรธานี เก็บน้ำบาดาลจากระบบน้ำบาดาลของหมู่บ้าน และเก็บน้ำผิวดินจากแหล่งน้ำผิวดินหนองประจักษ์ หรืออาจขอความอนุเคราะห์จากผู้รับบริการให้เก็บตัวอย่างน้ำมาให้

2. ทำการรักษาสภาพตัวอย่างแต่ละประเภทด้วยการเติมกรด Nitric เข้มข้น 2 mL/น้ำตัวอย่าง 1 L ทันทีที่ตัวอย่างมาถึงห้องปฏิบัติการ จากนั้นกวนตัวอย่างด้วยเครื่องกวนสารละลายประมาณ 30 นาที

3. นำตัวอย่างจากข้อ 2 มาวัดค่าความขุ่นและทดสอบปริมาณเหล็กของตัวอย่างแต่ละประเภท หากพบว่ามีค่าความขุ่นเกิน 1 NTU และ/หรือ ผลการทดสอบเหล็กมีค่ามากกว่า 0.01 mg/L ให้เจือจางน้ำตัวอย่างด้วย 2%Nitric ในอัตราส่วน 20% และทำการทดสอบซ้ำ หากมีผลเป็นไปตามที่กำหนด เราจะได้ Sample Blank เพื่อนำไปใช้งานต่อ

4. การเตรียม Spike sample ให้นำ Sample Blank มาเติมปริมาณโลหะเหล็กที่มีความเข้มข้น 3 ระดับ (ระดับต่ำ กลาง และสูงครอบคลุมช่วงการทดสอบที่กำหนด) ได้แก่ ความเข้มข้นที่ 0.1, 1.0 และ 3.0 mg/L โดยการเติม (Spike) สารละลายมาตรฐานเหล็กแล้วปรับปริมาตรเป็น 100 mL ด้วย Sample Blank ของน้ำตัวอย่างแต่ละประเภท ให้เตรียมความเข้มข้นละ 4 ครั้ง (4 Duplicate) และเก็บตัวอย่างทั้งหมดด้วยขวดพลาสติก PE (Polyethylene) มีรายละเอียดดังนี้

4.1) Spike sample เข้มข้น 0.1 mg/L เตรียมโดยปิเปตสารละลายเหล็กมาตรฐานเหล็กความเข้มข้น 10 mg/L ปริมาตร 1 mL ลงใน Volumetric Flask ขนาด 100 mL แล้วปรับปริมาตรด้วย Sample Blank ของน้ำตัวอย่างแต่ละประเภท

4.2) Spike sample เข้มข้น 1.0 mg/L เตรียมโดยปิเปตสารละลายเหล็กมาตรฐานเหล็กความเข้มข้น 10 mg/L ปริมาตร 10 mL ลงใน Volumetric Flask ขนาด 100 mL แล้วปรับปริมาตรด้วย Sample Blank ของน้ำตัวอย่างแต่ละประเภท

4.3) Spike sample เข้มข้น 3.0 mg/L เตรียมโดยปิเปตสารละลายเหล็กมาตรฐานเหล็กความเข้มข้น 100 mg/L ปริมาตร 3 mL ลงใน Volumetric Flask ขนาด 100 mL แล้วปรับปริมาตรด้วย Sample Blank ของน้ำตัวอย่างแต่ละประเภท

จากขั้นตอนนี้ เราจะได้จำนวนตัวอย่างน้ำดัง**ตารางที่ 3.3**

ตารางที่ 3.3 จำนวนขวดและการบ่งชี้ Sample blank และ Spike sample ในแต่ละประเภทของน้ำตัวอย่าง

ลำดับ	ประเภทของน้ำตัวอย่าง	ความเข้มข้นที่เติม (mg/L)	จำนวนซ้ำ (Duplicate)	ตัวอย่างรหัสบ่งชี้ตัวอย่าง
1	น้ำผ่านเครื่องกรอง	Sample blank ไม่เติม	4 ขวด	Fb1, Fb2, Fb3, Fb4
		Spiked sample 0.1	4 ขวด	FL1, FL2, FL3, FL4
		Spiked sample 1.0	4 ขวด	FM1, FM2, FM3, FM4
		Spiked sample 3.0	4 ขวด	FH1, FH2, FH3, FH4
2	น้ำประปา	Sample blank ไม่เติม	4 ขวด	Pb1, Pb2, Pb3, Pb4
		Spiked sample 0.1	4 ขวด	PL1, PL2, PL3, PL4
		Spiked sample 1.0	4 ขวด	PM1, PM2, PM3, PM4
		Spiked sample 3.0	4 ขวด	PH1, PH2, PH3, PH4
3	น้ำบาดาล	Sample blank ไม่เติม	4 ขวด	Ub1, Ub2, Ub3, Ub4
		Spiked sample 0.1	4 ขวด	UL1, UL2, UL3, UL4
		Spiked sample 1.0	4 ขวด	UM1, UM2, UM3, UM4
		Spiked sample 3.0	4 ขวด	UH1, UH2, UH3, UH4
4	น้ำผิวดิน	Sample blank ไม่เติม	4 ขวด	Sb1, Sb2, Sb3, Sb4
		Spiked sample 0.1	4 ขวด	SL1, SL2, SL3, SL4
		Spiked sample 1.0	4 ขวด	SM1, SM2, SM3, SM4
		Spiked sample 3.0	4 ขวด	SH1, SH2, SH3, SH4
รวมจำนวนทั้งหมด			64 ขวด	

ปัญหาและอุปสรรค : ขวดตัวอย่างมีจำนวนมาก อาจทำให้สับสนในการทดสอบ

แนวทางการแก้ไขปัญหา : บ่งชี้ตัวอย่างแต่ละขวดด้วยรหัสที่จำได้ง่าย ป้องกันการสับสน

ข้อเสนอแนะ : 1. ไม่ควรเตรียมตัวอย่างที่มีปริมาตรน้อยกว่า 100 mL เนื่องจากในการทดสอบในแต่ละครั้งจะทำให้สูญเสียตัวอย่างไปครั้งละประมาณ 10-15 mL ซึ่งอาจทำให้ผลการทดสอบคาดเคลื่อนและไม่เป็นไปตามที่กำหนด

2. ให้เตรียมตัวอย่างที่มีความเข้มข้นต่ำ กลาง และสูงตามลำดับ เพื่อป้องกันการปนเปื้อน

ขั้นตอนที่ 5 การทดสอบตัวอย่าง

เป็นขั้นตอนการนำตัวอย่างจากขั้นตอนที่ 4 มาทดสอบตามวิธีทดสอบที่ได้จากขั้นตอนที่ 2 แบ่งการทดสอบออกเป็น 3 ครั้ง ในแต่ละครั้งต้องทำการทดสอบให้ครบทุกตัวอย่างและให้เตรียมสารละลายที่ใช้สร้างกราฟมาตรฐานเหล็กรวมทั้งตัวอย่าง CVS ใหม่ทั้งหมด (แนะนำให้ทดสอบวันละ 1 ครั้ง เพื่อให้ง่ายต่อการแบ่งกลุ่มข้อมูลและลดภาระการทำงานของเครื่องมือ) ดังนั้นในแต่ละประเภทและระดับความเข้มข้นของตัวอย่างต้องมีผลการทดสอบ 4 ข้อมูลต่อครั้ง หรือ 12 ข้อมูลเมื่อทดสอบครบ 3 ครั้ง เมื่อการทดสอบเสร็จสิ้น จะได้ข้อมูลทั้งหมด 192 ข้อมูลจากแต่ละประเภทและระดับความเข้มข้นของตัวอย่าง ปัจจุบันอ้างอิงวิธีทดสอบแบบ Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater, APHA, AWWA & WEF, 24th ed., 2023, part 3111 B, 3030 E มีขั้นตอนในการทดสอบในแต่ละวัน ดังนี้

1. เตรียมสารละลายที่ใช้สร้างกราฟมาตรฐานเหล็ก 5 ระดับความเข้มข้น ได้แก่ 0.1, 0.5, 1.0, 2.0, 3.0 mg/L เตรียมแบลงค์ (MB) และตัวอย่างที่ใช้ควบคุมคุณภาพการทดสอบ CVS (Calibration Verification of Sample)

2. เตรียมเครื่องมือหลัก (Atomic Absorption Spectrometer) ตามวิธีการใช้เครื่องมือให้พร้อมสำหรับการทดสอบ มีรายละเอียดที่สำคัญคือ

2.1) การทำ Sensitivity Check และการ Calibration เพื่อสร้างกราฟมาตรฐาน (Standard Curve) โดยให้มีผลเป็นไปตามที่วิธีและการใช้เครื่องมือกำหนด คือ การทำ Sensitivity Check ต้องคลาดเคลื่อนไม่เกิน 20% (แนะนำควรปรับให้ได้ไม่เกิน 5%) และกราฟมาตรฐานต้องมีค่า Correlation Coefficient (R) ไม่ต่ำกว่า 0.995

2.2) เมื่อทำ Calibration สำเร็จ ให้ทดสอบตัวอย่าง CCV CVS และ Blank ตามลำดับ เพื่อเป็นการทวนสอบเครื่องมือและวิธีทดสอบ ณ ช่วงเวลานั้น ๆ โดยผลการทดสอบ CCV และ CVS ต้องมีค่าร้อยละความแม่น (%Accuracy) อยู่ในช่วง 90-110% ส่วน Blank ต้องมีค่าใกล้กับค่า 0.000 และไม่ควรเกิน 0.010 mg/L

3. เมื่อผลการทดสอบตัวอย่าง CCV CVS และ Blank มีผลเป็นไปตามที่กำหนดแล้ว ให้ทำการทดสอบตัวอย่างที่เตรียมไว้ โดยให้เริ่มทดสอบ Sample Blank ของน้ำแต่ละชนิดก่อนให้ครบทุกขวด จากนั้นทำการทดสอบ CCV CVS และ Blank ตามลำดับอีกครั้ง เพื่อเป็นการยืนยันความถูกต้องของชุดผลการทดสอบ Sample Blank ที่ผ่านมา จากนั้นจึงค่อยเริ่มทดสอบ Spike Sample เข้มข้น 0.1, 1.0 และ 3.0 mg/L ตามลำดับ โดยมีทำการทดสอบ CCV CVS และตัวอย่าง Blank ก่อนที่จะเริ่มทดสอบชุดความเข้มข้นในระดับถัดไป

4. เมื่อทำการทดสอบครบทุกตัวอย่างและทดสอบ CCV CVS และ Blank อีกครั้ง เพื่อเป็นการทวนสอบความถูกต้องของชุดผลการทดสอบที่ผ่านมา จากนั้นทำการปิดเครื่องมือ และเก็บตัวอย่างเพื่อรอการทดสอบในวันที่ 2 และวันที่ 3 ต่อไป

5. ในการทดสอบวันที่ 2 และ 3 ให้ทำการเตรียมสารละลายในข้อ 1 ใหม่ทั้งหมด และทำการทดสอบอีกครั้งตามขั้นตอนการทดสอบวันที่ 1 และเพื่อให้เป็นไปตามขั้นตอนการให้บริการ การทดสอบวันที่ 1 2 และ 3 ต้องทดสอบในช่วงเวลาไม่เกิน 7 วัน นับจากวันที่เตรียมตัวอย่าง

6. ตรวจสอบลำดับการทดสอบ ผลการทดสอบและจำนวนผลการทดสอบได้จาก**ตารางที่ 3.4** เพื่อให้เกิดความครบถ้วนของข้อมูล ป้องกันการสับสน ลดโอกาสการเกิดผลการทดสอบที่ไม่เป็นไปตามที่กำหนด

ตารางที่ 3.4 สรุปลำดับการทดสอบตัวอย่าง

	ครั้งที่ทดสอบ	ลำดับการทดสอบ	ชื่อตัวอย่าง	จำนวนผลการทดสอบ	ช่วงการทดสอบที่ยอมรับและค่าแนะนำ (mg/L)
ทดสอบภายใน 7 วัน นับจากวันที่เตรียมตัวอย่างสำเร็จ	ครั้งที่ 1 เตรียมสารละลายในข้อ 1 และทดสอบตามขั้นตอน	1	CCV CVS และ Blank	1 x 1 x 1	- ตัวอย่าง CCV และ CVS ต้องมีค่าความถูกต้องอยู่ในช่วง 90-110% หรือ 0.90-1.10 mg/L - ตัวอย่าง Blank และ Sample Blank ควรมีค่าไม่เกิน 0.01 mg/L - Spike Sample ต้องมีค่าร้อยละความคืนกลับ (%Recovery) อยู่ในช่วง 90-110%
		2	Sample Blank ทุกประเภทตัวอย่าง	4 x 4	
		3	CCV CVS และ Blank	1 x 1 x 1	
		4	Spike Sample 0.1 ทุกตัวอย่าง	4 x 4	
		5	CCV CVS และ Blank	1 x 1 x 1	
		6	Spike Sample 1.0 ทุกตัวอย่าง	4 x 4	
		7	CCV CVS และ Blank	1 x 1 x 1	
		8	Spike Sample 3.0 ทุกตัวอย่าง	4 x 4	
		9	CCV CVS และ Blank	1 x 1 x 1	
	ครั้งที่ 2 เตรียมสารละลายในข้อ 1 ใหม่ทั้งหมด และทดสอบตัวอย่างเดิมจากครั้งที่ 1	1	CCV CVS และ Blank	1 x 1 x 1	
		2	Sample Blank ทุกตัวอย่าง	4 x 4	
		3	CCV CVS และ Blank	1 x 1 x 1	
		4	Spike Sample 0.1 ทุกตัวอย่าง	4 x 4	
		5	CCV CVS และ Blank	1 x 1 x 1	
		6	Spike Sample 1.0 ทุกตัวอย่าง	4 x 4	
		7	CCV CVS และ Blank	1 x 1 x 1	
		8	Spike Sample 3.0 ทุกตัวอย่าง	4 x 4	
		9	CCV CVS และ Blank	1 x 1 x 1	
	ครั้งที่ 3 เตรียมสารละลายในข้อ 1 ใหม่ทั้งหมด และทดสอบตัวอย่างเดิมจากครั้งที่ 2	1	CCV CVS และ Blank	1 x 1 x 1	
		2	Sample Blank ทุกตัวอย่าง	4 x 4	
		3	CCV CVS และ Blank	1 x 1 x 1	
		4	Spike Sample 0.1 ทุกตัวอย่าง	4 x 4	
		5	CCV CVS และ Blank	1 x 1 x 1	
		6	Spike Sample 1.0 ทุกตัวอย่าง	4 x 4	
		7	CCV CVS และ Blank	1 x 1 x 1	
		8	Spike Sample 3.0 ทุกตัวอย่าง	4 x 4	
		9	CCV CVS และ Blank	1 x 1 x 1	
	รวมข้อมูลผลการทดสอบ Sample Blank และ Spike Sample ของทุกตัวอย่างในแต่ละระดับความเข้มข้นทั้ง 3 ครั้ง			192	

ปัญหาและอุปสรรค : ผลการทดสอบ CCV CVS และ Blank มีผลไม่เป็นไปตามเกณฑ์ที่กำหนด เนื่องจากในระหว่างการทดสอบบางครั้ง อาจมีการเปลี่ยนแปลงภาวะแวดล้อมหรือภาวะของเครื่องมือ ซึ่งจะทำเกิดการคลาดเคลื่อนของการวัด

แนวทางการแก้ไขปัญหา : ให้ยกเลิกชุดผลการทดสอบก่อนหน้าที่ผลการทดสอบ CCV CVS และ Sample Blank มีผลไม่เป็นไปตามเกณฑ์ที่กำหนด แล้วทำการปรับค่าของ Blank ใหม่ โดยใช้ 2%Nitric แทนน้ำตัวอย่าง กด Analyze Blank (ที่โปรแกรม) เพื่อปรับค่า Blank ให้เข้าใกล้ 0.000 อีกครั้ง จากนั้นจึงเริ่มการทดสอบอีกครั้งโดยเริ่มจากตัวอย่าง CCV CVS และ Blank ซึ่งหากยังแก้ไขไม่ได้ให้ดำเนินการเตรียมเครื่องมือใหม่ตั้งแต่ต้น

ข้อเสนอแนะ :

1. ตัวอย่างต้องมีอุณหภูมิใกล้เคียงกับภาวะแวดล้อม ต้องไม่เย็นเกินไป และก่อนการวัดตัวอย่างในแต่ละครั้งควรเขย่าตัวอย่าง เพื่อให้ตัวอย่างเป็นเนื้อเดียวกันมากที่สุด
2. สังเกตผลการทดสอบ Spike Sample ในแต่ละระดับความเข้มข้นทุกครั้ง ซึ่งควรมีผลการทดสอบร้อยละการคืนกลับ (%Recovery) อยู่ในช่วง 92-108% ของความเข้มข้นที่เติมลงไป หากมีผลนอกช่วงดังกล่าวจะมีโอกาสต้องมาทำการทดสอบใหม่อีกครั้งได้
3. ก่อนการทำ Sensitivity check ควรเปิดเครื่องมือหลักเปิด lamp เปิด burner ทิ้งไว้ 15 นาที เพื่อให้มั่นใจว่าสัญญาณที่ได้จากเครื่องมือจะมีความเสถียรก่อนการทดสอบ

ขั้นตอนที่ 6 การคำนวณและการยืนยันผลการทดสอบ

เป็นขั้นตอนที่นำเอาข้อมูลผลการทดสอบจากขั้นตอนที่ 5 มาคำนวณเพื่อหาลักษณะของวิธีทดสอบ ซึ่งได้แก่ การพิจารณาความไวของวิธีทดสอบ (Sensitivity), ความเป็นเส้นตรงของวิธีทดสอบ (Linearity), ช่วงการทดสอบ (Working range), ค่าต่ำสุดที่สามารถพบได้ (Limit of detection; LOD หรือ Method Detection Limit; MDL), ค่าต่ำสุดที่สามารถยอมรับและรายงานผลได้ (Limit of Quantitation; LOQ), การหาค่าความแม่นและความเที่ยง (Accuracy and Precision), การทดสอบความถูกต้อง (Trueness) และการทดสอบความทนทานของวิธี (Ruggedness) ดำเนินการตามหัวข้อต่อไปนี้

1. การหา Sensitivity หรือความไวของวิธีทดสอบที่มีผลต่อปริมาณโลหะด้วยการทำ linear dynamic range ให้ดำเนินการดังนี้

1.1) เตรียมสารละลายมาตรฐานเหล็ก ความเข้มข้น 0.1, 0.5, 1.0, 2.0 และ 3.0 mg/L ตามลำดับ

1.2) สร้างกราฟมาตรฐานตามวิธีทดสอบด้วยสารละลายมาตรฐาน และพิจารณาค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ (Correlation Coefficient หรือค่า r) ที่ได้ในแต่ละระดับความเข้มข้น

1.3) กำหนดเกณฑ์การยอมรับคือ ค่า r ที่ได้ต้องมีค่าไม่น้อยกว่า 0.995 จึงจะถือว่าวิธีทดสอบมีความไวกับปริมาณโลหะหนักอย่างเหมาะสม ตัวอย่างดัง**ตารางที่ 3.5**

ตารางที่ 3.5 ผลการทดสอบ linear dynamic range ของโลหะเหล็ก

ความเข้มข้น (mg/L)	Absorbance	Correlation Coefficient (r)
0.1	0.011	1.0000
0.5	0.057	1.0000
1.0	0.112	1.0000
2.0	0.210	0.9999
3.0	0.293	0.9998

2. การคำนวณหาความเป็นเส้นตรงของช่วงวิธีทดสอบ (Linearity) ทำได้ด้วยการพิจารณาความเป็นเส้นตรงของผลการทดสอบน้ำตัวอย่างประเภทต่างๆ ที่ความเข้มข้น 0.1, 1.0, และ 3.0 mg/L โดยนำมา plot เป็นกราฟเส้นตรง ให้แกน x เป็นค่าความเข้มข้นที่เตรียม และแกน y เป็นผลการทดสอบ จากนั้นคำนวณหาค่า Correlation Coefficient ของทุกประเภทตัวอย่าง ดำเนินการดังนี้

2.1) นำผลการทดสอบทั้งหมดกรอกลงในโปรแกรม Excel **ดังภาพที่ 3.10**

2.2) คำนวณค่า r ในแต่ละประเภทของน้ำที่ทำการทดสอบ 3 ครั้ง ครั้งละ 4 ตัวอย่าง ให้แกน x เป็นค่าความเข้มข้นที่เตรียม และแกน y เป็นผลการทดสอบ spike sample โดยใช้สูตร=CORREL(C3:E3,F3:H3) และ CORREL(C4:E4,F4:H4) จนถึง CORREL(C14:E14,F14:H14)

2.3) คำนวณค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานสัมพัทธ์ (%RSD) ของค่า r ทั้ง 12 ค่า จากสูตร $\frac{SD_{R^2}}{\bar{X}_{R^2}} \times 100$

2.4) กำหนดเกณฑ์การยอมรับคือ ค่า r ทั้งหมดที่คำนวณได้ต้องอยู่ในช่วง 0.995 – 1.0 และค่า %RSD ต้องไม่เกินกว่า 15%

ครั้งที่ทดสอบ	ลำดับ	ความเข้มข้นที่เตรียม mg/L			ผลการทดสอบ spike sample (mg/L)			r
					spike sample 0.1	spike sample 1.0	spike sample 3.0	
1	1	0.1	1.0	3.0	0.103	0.979	2.818	0.9999
	2	0.1	1.0	3.0	0.106	0.976	2.820	0.9999
	3	0.1	1.0	3.0	0.099	0.973	2.799	0.9999
	4	0.1	1.0	3.0	0.097	0.979	2.819	0.9999
2	5	0.1	1.0	3.0	0.093	0.96	2.817	1.0000
	6	0.1	1.0	3.0	0.093	0.952	2.782	0.9999
	7	0.1	1.0	3.0	0.097	0.962	2.824	1.0000
	8	0.1	1.0	3.0	0.097	0.966	2.832	1.0000
3	9	0.1	1.0	3.0	0.091	0.972	2.852	1.0000
	10	0.1	1.0	3.0	0.097	0.975	2.824	0.9999
	11	0.1	1.0	3.0	0.097	0.999	2.863	0.9998
	12	0.1	1.0	3.0	0.095	0.982	2.799	0.9998

ภาพที่ 3.10 *การบันทึกข้อมูลเพื่อใช้ในการคำนวณความเป็นเส้นตรงของช่วงวิธีทดสอบ (Linearity)*

ที่มา: ข้อมูลห้องปฏิบัติการศูนย์วิทยาศาสตร์ฯ มหาวิทยาลัยราชภัฏอุดรธานี (2568)

3. การหาค่าต่ำสุดที่วิเคราะห์ได้ Method Detection; MDL หรือ Limit of detection; LOD เป็นการประมาณค่าต่ำสุดที่วิธีสามารถตรวจพบได้ แต่ยังไม่สามารถรายงานเป็นตัวเลขได้ โดยคำนวณจากผลการทดสอบ sample blank และ spike sample ที่ความเข้มข้นต่ำสุด (0.1 mg/L) ของน้ำตัวอย่างแต่ละประเภททั้ง 12 ซ้ำ จากนั้นทำการยืนยันค่า MDL ดำเนินการดังนี้

3.1) คำนวณค่าเฉลี่ยของ sample blank ($\overline{X}_{\text{sample blank}}$) และคำนวณส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของ spike sample ($SD_{\text{spike sample 0.1}}$) ที่ความเข้มข้นต่ำสุด คือ 0.1 mg/L ของน้ำตัวอย่างแต่ละประเภทจากการทดสอบทั้ง 12 ซ้ำ

3.2) แทนค่าในสมการ ค่าประมาณ MDL = $\overline{X}_{\text{sample blank}} + (3.14 \times SD_{\text{spike sample 0.1}})$

3.3) คำนวณค่าประมาณ MDL ของตัวอย่างน้ำแต่ละประเภท จากนั้นเลือกค่าที่มากที่สุด เพื่อใช้เป็นตัวแทนค่าประมาณ MDL ของวิธีทดสอบ

3.4) เมื่อได้ตัวแทนค่าประมาณ MDL ของวิธีทดสอบ ให้ทำการทดสอบเพื่อยืนยันค่าประมาณ MDL โดยเตรียมน้ำตัวอย่างแต่ละประเภทให้มีความเข้มข้นไม่น้อยกว่าค่าประมาณ MDL จากนั้นทำการทดสอบด้วยวิธีทดสอบของห้องปฏิบัติการไม่น้อยกว่า 10 ซ้ำ

3.5) พิจารณาเกณฑ์การยอมรับคือ ผลการทดสอบที่ได้ต้องมีค่ามากกว่าค่า MDL ที่ประมาณค่าได้ทั้ง 10 ซ้ำ หากผลการทดสอบไม่ได้ตามเกณฑ์กำหนด ให้เตรียมน้ำตัวอย่างให้มีความเข้มข้นสูงขึ้น แล้วทดสอบจนกว่าจะเป็นไปตามเกณฑ์ที่กำหนด

ตัวอย่างการหาค่า MDL ของน้ำแต่ละประเภท

MDLน้ำผ่านเครื่องกรอง = 0.004 + (3.14 x 0.0042) = 0.0172 mg/L

MDL น้ำประปา = 0.005 + (3.14 x 0.0033) = 0.0154 mg/L

MDL น้ำผิวดิน = 0.003 + (3.14 x 0.0037) = 0.0146 mg/L

MDL น้ำบาดาล = 0.003 + (3.14 x .0.0047) = 0.0178 mg/L

จากการคำนวณ ค่า MDL ของน้ำบาดาลเป็นค่าสูงที่สุด เท่ากับ 0.0178 mg/L ห้องปฏิบัติการจึงกำหนดค่าประมาณ MDL ที่คำนวณได้เท่ากับ 0.02 mg/L ให้กับน้ำตัวอย่างทุกประเภท

การยืนยันค่า MDL ของวิธีทดสอบ ทำได้โดยเตรียมน้ำตัวอย่างแต่ละประเภทให้มีความเข้มข้น 0.02 mg/L ตามที่คำนวณได้ จากนั้นทำการทดสอบ 10 ซ้ำ หากพบว่ายังมีผลการทดสอบบางส่วนมีค่าน้อยกว่า 0.02 mg/L ให้ทำการเตรียมน้ำตัวอย่างแต่ละประเภทให้มีความเข้มข้น 0.03 mg/L (ซึ่งสูงกว่าเดิม) จากนั้นทำการทดสอบ 10 ซ้ำ หากพบว่ามีผลการทดสอบทั้งหมดมีค่าไม่น้อยกว่า 0.02 mg/L ห้องปฏิบัติการจะยืนยันค่า MDL ของวิธีทดสอบกับน้ำตัวอย่างเท่ากับ 0.03 mg/L

4. การหาค่าต่ำสุดที่สามารถรายงานได้ Limit of Quantitation: LOQ เป็นการประมาณค่าต่ำสุดของวิธีทดสอบที่ตรวจพบและสามารถรายงานเป็นตัวเลขได้ โดยมีความแม่นยำและความเที่ยง (Accuracy and Precision) อยู่ในเกณฑ์ที่กำหนด คำนวณได้จากผลการทดสอบวัสดุอ้างอิงความเข้มข้นต่ำสุด (0.1 mg/L) ในน้ำตัวอย่างแต่ละประเภททั้ง 12 ซ้ำ จากนั้นทำการยืนยันค่า LOQ ดำเนินการดังนี้

4.1) คำนวณส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของผลการทดสอบ spike sample ($SD_{spike\ sample\ 0.1}$) ที่ความเข้มข้นต่ำสุด คือ 0.1 mg/L ของน้ำตัวอย่างแต่ละประเภทจากการทดสอบทั้ง 12 ซ้ำ

4.2) แทนค่าในสมการ ค่าประมาณ LOQ = $SD_{spike\ sample\ 0.1} \times 10$ ซึ่งจะได้ ค่าประมาณ LOQ ของน้ำแต่ละประเภท

4.3) คำนวณค่าประมาณ LOQ ของตัวอย่างน้ำแต่ละประเภท จากนั้นเลือกค่าที่มากที่สุด เพื่อใช้เป็นตัวแทนค่าประมาณ LOQ ของวิธีทดสอบ โดยค่า LOQ ที่คำนวณได้ ต้องมีค่าไม่เกินกว่าค่าต่ำสุดของช่วงการทดสอบของวิธีที่ห้องปฏิบัติการกำหนด

4.4) ทำการทดสอบเพื่อยืนยันค่า LOQ โดยเตรียมน้ำตัวอย่างแต่ละประเภทให้มีความเข้มข้นไม่น้อยกว่าค่า LOQ ที่ประมาณได้ จากนั้นทำการทดสอบด้วยวิธีทดสอบของห้องปฏิบัติการไม่น้อยกว่า 10 ซ้ำ

4.5) มีเกณฑ์การยอมรับคือ ผลการทดสอบทั้งหมดต้องมีค่าร้อยละความคืนกลับ (%Recovery) อยู่ในช่วง 90-110 % และมีค่า %RSD ไม่เกิน 10%

ตัวอย่างการหาค่า LOQ ของน้ำแต่ละประเภท

LOQ น้ำผ่านเครื่องกรอง	=	0.0042 x 10	=	0.042 mg/L
LOQ น้ำประปา	=	0.0033 x 10	=	0.033 mg/L
LOQ น้ำผิวดิน	=	0.0037 x 10	=	0.037 mg/L
LOQ น้ำบาดาล	=	0.0047 x 10	=	0.047 mg/L

จากผลการคำนวณ ค่า LOQ สูงสุดที่คำนวณได้เท่ากับ 0.047 mg/L ซึ่งต่ำกว่าค่าต่ำสุดของช่วงการทดสอบที่ห้องปฏิบัติการกำหนด (0.1 – 3.0 mg/L) ดังนั้นห้องปฏิบัติการจึงกำหนดค่า LOQ เท่ากับ 0.1 mg/L

การยืนยันค่า LOQ ทำได้โดยเตรียมตัวอย่างน้ำแต่ละประเภทด้วยวัสดุอ้างอิงให้มีความเข้มข้นของเหล็กที่ 0.1 mg/L จากนั้นนำไปทดสอบตามวิธีการทดสอบไม่น้อยกว่า 10 ซ้ำ (สามารถอ้างอิงจากผลการทดสอบ spike

sample 0.1 ที่ทดสอบ 12 ซ้ำของน้ำแต่ละประเภทได้) และนั้นนำผลการทดสอบที่ได้มาคำนวณหาค่า %RSD และ %Recovery โดยมีเกณฑ์การยอมรับ ดังนี้ %Recovery อยู่ในช่วง 90-110 % ทุกตัวอย่าง และ %RSD ต้องไม่เกิน 10% ซึ่งหากผลเป็นไปตามเกณฑ์ดังกล่าว จึงถือว่ายืนยันค่า LOQ ของวิธีทดสอบที่ 0.1 mg/L

5. การพิสูจน์ความแม่นยำ (Accuracy) และความเที่ยง (Precision) ในช่วงการทดสอบที่กำหนดของวิธีทดสอบ (Working rang 0.1-3.0 mg/L) พิจารณาได้จากการคำนวณร้อยละการคืนกลับ (%Recovery) และร้อยละความเที่ยง (%RSD) จากผลการทดสอบตัวอย่างน้ำประเภทต่าง ๆ ที่เตรียมด้วยการ spike วัสดุอ้างอิงให้ตัวอย่างมีความเข้มข้นทั้ง 3 ระดับ ให้ดำเนินการดังนี้

5.1) คำนวณร้อยละการคืนกลับ (%Recovery) จากทุกผลการทดสอบ โดยใช้สูตร

$$\text{ร้อยละการคืนกลับ (\%Recovery)} = \left(\frac{\text{ผลการทดสอบ } (mg/L) - sample\ blank\ (mg/L)}{\text{ความเข้มข้นที่เตรียม } (mg/L)}\right) \times 100$$

หมายเหตุ เมื่อค่า Sample blank มีค่าน้อยกว่า LOD จึงกำหนดให้ค่าเป็น 0

5.2) คำนวณร้อยละความเที่ยง (%RSD) จากทุกผลการทดสอบเฉลี่ยในแต่ละระดับความเข้มข้น โดยใช้สูตร

$$\text{ร้อยละความเที่ยง (\%RSD)} = \left(\frac{\text{ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน } (mg/L)}{\text{ผลการทดสอบเฉลี่ย } (mg/L)}\right) \times 100$$

5.3) มีเกณฑ์การยอมรับคือ ผลการทดสอบทั้งหมด ทุกประเภทของน้ำตัวอย่างในแต่ละระดับความเข้มข้น ต้องมีค่าร้อยละความคืนกลับ (%Recovery) อยู่ในช่วง 90-110 % และมีค่า %RSD ไม่เกิน 10% โดยค่า %RSD จะสามารถอ้างถึงความเที่ยงที่ได้จากการทดสอบตัวอย่างเดิมแต่ทดสอบต่างเวลากันได้ (Intermediate precision) **ดังตารางที่ 3.6**

ตารางที่ 3.6 ตัวอย่างผลการคำนวณ %Recovery และ %RSD

ลำดับที่	Sample Blank	0.1 mg/L		1.0 mg/L		3.0 mg/L	
		ผลการทดสอบ	%Recovery	ผลการทดสอบ	%Recovery	ผลการทดสอบ	%Recovery
1	-0.004	0.103	103.00	0.979	97.90	2.818	93.93
2	0.001	0.106	106.00	0.976	97.60	2.820	94.00
3	0.001	0.099	99.00	0.973	97.30	2.799	93.30
4	-0.002	0.097	97.00	0.979	97.90	2.819	93.97
5	0.006	0.093	93.00	0.960	96.00	2.817	93.90
6	0.009	0.093	93.00	0.952	95.20	2.782	92.73
7	0.006	0.097	97.00	0.962	96.20	2.824	94.13
8	0.006	0.097	97.00	0.966	96.60	2.832	94.40
9	0.005	0.091	91.00	0.972	97.20	2.852	95.07
10	0.008	0.097	97.00	0.975	97.50	2.824	94.13
11	0.002	0.097	97.00	0.999	99.90	2.863	95.43
12	0.006	0.095	95.00	0.982	98.20	2.799	93.30
SD	0.0040	0.0042	4.1878	0.0121	1.2147	0.0221	0.7373
Average	0.004	0.097	97.083	0.973	97.292	2.821	94.025
%RSD	109.08	4.31	4.31	1.25	1.25	0.78	0.78

6. การพิสูจน์ความถูกต้อง (Trueness) ของวิธีทดสอบด้วยการนำวัสดุอ้างอิงรับรองที่มีค่าจริง (True value หรือ Assigned value) จากใบรับรอง ดัง**ภาพที่ 3.11** มาทดสอบทั้งหมด 7 ซ้ำ จากนั้นคำนวณร้อยละความแม่นยำและร้อยละความเที่ยง แล้วจึงพิจารณาด้วยเกณฑ์ที่กำหนด ดำเนินการดังนี้

6.1) ศึกษาการเตรียมตัวอย่างวัสดุอ้างอิงรับรองตามใบรับรองให้ชัดเจน เช่น อุณหภูมิของตัวอย่างต้องอยู่ในช่วง 20 – 30 ºC , ก่อนการทดสอบต้องทำให้ตัวอย่างเป็นเนื้อเดียวกัน โดยเขย่าเบา ๆ หรือ inverting (การคว่ำขวดสลับไปมา) อย่างน้อย 20 ครั้ง, พิจารณาค่าจริงของตัวอย่าง หากมีค่าสูงเกินช่วงวิธีทดสอบให้เจือจางตัวอย่างก่อนการทดสอบ เพื่อให้ผลการทดสอบอยู่ในช่วงวิธีทดสอบ และพิจารณาวันหมดอายุของตัวอย่าง

6.2) ทำการทดสอบตัวอย่างวัสดุอ้างอิง 7 ซ้ำ โดยปฏิบัติตามการควบคุมคุณภาพผลทดสอบอย่างเคร่งครัด (ยกเว้นการทดสอบ Laboratory fortified matrix; LFM เพราะตัวอย่างวัสดุอ้างอิงมีปริมาณน้อย เราควรเก็บตัวอย่างไว้เพื่อกรณีมีการทดสอบซ้ำ)

6.3) นำผลการทดสอบมาคำนวณร้อยละความแม่นยำ (%Accuracy) และร้อยละความเที่ยง (%RSD) ดังนี้

$$\text{ร้อยละความแม่นยำ (\%Accuracy)} = \left(\frac{\text{ผลการทดสอบ } (mg/L)}{\text{ค่าจริงที่กำหนดในใบรับรอง } (mg/L)}\right) \times 100$$

$$\text{ร้อยละความเที่ยง (\%RSD)} = \left(\frac{\text{ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน } (mg/L)}{\text{ผลการทดสอบเฉลี่ย } (mg/L)}\right) \times 100$$

6.4) มีเกณฑ์การยอมรับคือ ผลการทดสอบทั้งหมดต้องมีค่าร้อยละความแม่นยำ (%Accuracy) อยู่ในช่วง 90-110 % และมีค่า %RSD ไม่เกิน 10%

ปัญหาและอุปสรรค : ผลการคำนวณไม่เป็นไปตามเกณฑ์ที่กำหนด

แนวทางการแก้ไขปัญหา : 1. อ้างอิงถึงขั้นตอนที่ 5 การทดสอบตัวอย่าง ในระหว่างการทดสอบตัวอย่างครั้งที่ 1 2 และ 3 ให้พิจารณาและคำนวณผลการทดสอบเบื้องต้นที่ได้ทันทีในทุกขั้นตอน

2. กรณีมีผลการทดสอบใดที่มีแนวโน้มแตกต่างจากกลุ่ม (outlier) ซึ่งจะทำให้ผลการคำนวณไม่เป็นไปตามที่กำหนด ให้นำมาพิจารณาด้วยสถิติ Grubbs' test **(วิธีการคำนวณดังภาคผนวก)** เพื่อคัดผลการทดสอบที่คาดว่าจะเป็นผลที่ผิดพลาดออกจากการคำนวณ

ข้อเสนอแนะ : เพื่อให้ง่ายต่อการคำนวณ ผู้ปฏิบัติงานควรมีความรู้การใช้โปรแกรม Excel ช่วยในการคำนวณข้อมูลในปริมาณมาก ๆ และเพื่อลดความผิดพลาดในการใช้งาน ควรเข้ารับการฝึกอบรมการใช้โปรแกรมคำนวณนี้เพิ่มเติม

ENVIRONMENTAL MATRIX REFERENCE MATERIAL

TMDA-54.6, lot 0621

Product Information Sheet

A Trace Elements Fortified Sample

Updated: 2021-JUN-15

Trace element matrix Reference Materials (RMs) are made with filtered and diluted Lake Ontario water and are preserved with 0.2% nitric acid. This fortified bulk RM has concentrations in the high range.

This Reference Material is intended for the verification or development of analytical methods for environmental analysis. It is not intended for use as a calibration standard.

Measurand	Assigned Value in µg/L*		C.I.	N
Aluminum	389	±	28	89
Arsenic	45.0	±	3.1	93
Barium	324	±	19	86
Beryllium	17.2	±	1.4	87
Boron	58.2	±	6.8	58
Cadmium	156	±	8	92
Chromium	421	±	22	95
Cobalt	305	±	20	83
Copper	393	±	26	97
Gallium	12.5	±	0.7	31
Iron	367	±	23	83
Lead	490	±	30	90
Lithium	21.4	±	1.8	60
Manganese	274	±	13	86
Molybdenum	292	±	20	80
Nickel	323	±	19	91
Rubidium	14.1	±	0.7	37
Silver	12.9	±	1.1	80
Strontium	573	±	31	81
Thallium	28.2	±	1.9	79
Tin	45.3	±	3.1	69
Titanium	32.8	±	2.6	59
Uranium	56.8	±	3.1	71
Vanadium	340	±	19	81
Zinc	540	±	35	92

*Unless otherwise indicated

Assigned values are the robust means calculated using Algorithm A (ISO/IEC 13528). Confidence interval (C.I.) represents +/- 2 times the calculated robust standard deviation (R.STD) of all reported laboratory values, calculated by Algorithm A (ISO/IEC 13528).

Page 1 of 2

Environment and Climate Change Canada | Environnement et Changement climatique Canada

Canada

ภาพที่ 3.11 *ใบรับรองวัสดุอ้างอิงรับรอง TMDA 54.6*

ที่มา: เอกสารห้องปฏิบัติการศูนย์วิทยาศาสตร์ฯ มหาวิทยาลัยราชภัฏอุดรธานี (2565)

Traceability

The stated values are derived from analysis of the inter-laboratory consensus data from the accredited Environment and Climate Change Canada Proficiency Testing studies. (A2LA scope 2867.01)

Methods

Report details of measurement methods used for specific parameters are available upon request.

Storage and Handling

RMs should be stored refrigerated, well sealed and in the dark. Care should be taken when subsampling to avoid contamination of the sample bottle. An aliquot should be removed as necessary and any remaining aliquot sample should be put to waste as appropriate. We strongly recommend that the RM be tightly capped and refrigerated immediately after use.

Expiry Date

Please note that expiry dates of 2 year from the date of shipping are indicative of sample stability, sample transport, handling, and storage. Expiry dates are indicated directly on the sample bottle label. Environment and Climate Change Canada is not liable for samples beyond the stated expiry on the bottle label.

Further Information

Additional information is available on request. Analytical results, any comments or suggestions are welcome. Difficulties or discrepancies arising with the reference materials should be communicated immediately.

Quality Manager

Sarah Pomfret
ECCC RM Programs Signing Officer
E-mail: sarah.pomfret@canada.ca

Customer Service

CRM Sales
Information and Quality Management Group
Environmental Science & Technology Laboratories Division
Water Science & Technology Directorate
Environment and Climate Change Canada
867 Lakeshore Road
Burlington, ON
L7S 1A1
CANADA
Tel: +1 905-336-4653
Fax: +1 905-336-8914
E-mail: ec.CRMsales.ec@canada.ca

Disclaimer, Liability & Warranty

Environment and Climate Change Canada warrants that the materials conform to the stated values for the duration of the sample validity period. In the event of a breach of this warranty, Environment and Climate Change Canada will only be liable for a replacement sample, an equivalent substitute, or the invoice price of the RM during the period of sample validity. In no event will Environment and Climate Change Canada be liable for direct, indirect, special, incidental or consequential damages arising from the use of or inability to use the material or documentation, or for the loss of revenue or profit, even if advised of the possibility of such damages. Environment and Climate Change Canada's liability does not extend to third party purchasers.

ACCREDITED
REFERENCE MATERIAL PRODUCER
CERT # 2867.02

Page **2** of **2**

ภาพที่ 3.11 *ใบรับรองวัสดุอ้างอิงรับรอง TMDA 54.6 (ต่อ)*

ที่มา: เอกสารห้องปฏิบัติการศูนย์วิทยาศาสตร์ฯ มหาวิทยาลัยราชภัฏอุดรธานี (2565)

ขั้นตอนที่ 7 สรุปผลการตรวจสอบและการนำไปใช้งาน

เป็นขั้นตอนที่นำข้อมูลผลการตรวจสอบทั้งหมดมาสรุป และจัดทำเป็นคู่มือ หรือรายงานสรุปผลการตรวจสอบความใช้ได้ของวิธี จากนั้นจึงสามารถนำผลการตรวจสอบความใช้ได้ของวิธีไปใช้ในงานทดสอบและขอการรับรองตามมาตรฐาน ISO/IEC 17025 ได้ มีการดำเนินงานดังนี้

1. ให้นำข้อมูลจากขั้นตอนที่ 6 มาพิจารณาตามหัวข้อใน**ตารางที่ 3.7** เพื่อให้มั่นใจว่าผลการตรวจสอบนั้นเป็นไปตามเกณฑ์ที่กำหนดและสามารถนำไปใช้งานได้

2. หากยังมีหัวข้อใดที่ไม่เป็นไปตามที่กำหนด ให้กลับไปปฏิบัติตามข้อแนะนำตามขั้นตอนที่ผ่านมาหรือข้อแนะนำในตาราง

ตารางที่ 3.7 รายการตรวจสอบความใช้ได้ของวิธีทดสอบโลหะหนัก

รายการประสิทธิภาพของวิธีทดสอบ	รายละเอียดการตรวจสอบ	เกณฑ์กำหนด	การนำไปใช้งาน	ข้อแนะนำ
ความไวของวิธี (Sensitivity)	ทดสอบ Linear dynamic range ด้วยสารละลายมาตรฐานที่ใช้ Calibration และคำนวณ r	r ≥ 0.995	- ใช้เป็นข้อมูลยืนยันและเฝ้าระวังประสิทธิภาพของเครื่องมือ	ค่า Abs ที่ได้ไม่ควรแตกต่างเกิน 10% Sensitivity check
ช่วงการทดสอบของวิธี (Working range)	ทดสอบ spike sample ของน้ำตัวอย่างแต่ละประเภทที่มีค่าความเข้มข้นครอบคลุมช่วงการทดสอบที่กำหนด และคำนวณ r	r ≥ 0.995 ทุกลำดับ และ %RSD ของ r < 25%	- ใช้ยืนยันช่วงการทดสอบของวิธีทดสอบที่มีความแม่นและความเที่ยงตามเกณฑ์ที่กำหนด - ใช้ประเมินความเหมาะสมกับตัวอย่าง ที่มีการกำหนดค่ามาตรฐาน	ช่วงการทดสอบของวิธีต้องครอบคลุมค่ามาตรฐานของน้ำตัวอย่างแต่ละประเภท
การหาค่าต่ำสุดที่วิเคราะห์ได้ของวิธี (MDL หรือ LOD)	3.14 x SD spike blank น้ำตัวอย่างแต่ละประเภท เลือกค่าสูงสุดและยืนยันด้วยการทดสอบ spike sample ความเข้มข้นไม่น้อยกว่าที่คำนวณได้ 10 ซ้ำ	การยืนยันต้องมีผลการทดสอบ ≥ ค่าที่คำนวณได้ทั้ง 10 ซ้ำ ของน้ำแต่ละประเภท	- ใช้รายงานผลการทดสอบว่าไม่พบ เมื่อผลการทดสอบมีค่าน้อยกว่า LOD - ใช้ประเมินความเหมาะสมกับตัวอย่าง ที่ต้องการผลการทดสอบช่วงต่ำมาก	ค่า LOD ควรมีค่าไม่เกินกว่า 1/2 ของค่าต่ำสุดของช่วงการทดสอบที่กำหนด
การหาค่าต่ำสุดที่สามารถรายงานได้ของวิธี (LOQ)	10 x SD spike sample เข้มข้นระดับต่ำของน้ำตัวอย่างแต่ละประเภท เลือกค่าสูงสุดและยืนยันด้วยการทดสอบ spike sample ตัวอย่างที่มีความเข้มข้นเท่ากับค่าต่ำสุดของช่วงการทดสอบที่กำหนดไม่น้อยกว่า 10 ซ้ำ	- ผลการยืนยันต้องมีค่าความแม่นยำ 90-110% และความเที่ยงไม่เกิน 10%RSD - ค่า LOQ ไม่ควรเกินค่าต่ำสุดของช่วงการทดสอบที่กำหนด	- ใช้ในการรายงานผลที่น้อยกว่า LOQ แต่ไม่น้อยกว่า LOD ให้รายงานว่าน้อยกว่า xx (เมื่อ xx คือค่า LOD ที่ยืนยันได้) - ผลที่อยู่ในช่วงวิธีการทดสอบ สามารถรายงานเป็นตัวเลขได้ - ผลที่มีค่าสูงเกินกว่าช่วงการทดสอบให้เจือจางแล้วทดสอบใหม่	ค่าที่ยืนยันได้ต้องมีค่าไม่เกินกว่าค่าต่ำสุดของช่วงการทดสอบที่กำหนด
ความแม่นยำของวิธี (Accuracy) และความเที่ยงของวิธี (Precision)	คำนวณ %Recovery และ %RSD ของผลการทดสอบ spike sample ทั้งหมด 3 ครั้ง ครั้งละ 4 ซ้ำ	%Recovery 90-110% %RSD ไม่เกิน 10%	- ใช้ยืนยันความแม่นและความเที่ยงในช่วงการทดสอบตามเกณฑ์ที่กำหนด - ใช้ยืนยันผลการทดสอบต่างวันต่างเวลา (Intermediate precision) แสดงถึงความทนทานของวิธีทดสอบ (Ruggedness)	ควรทดสอบวันละ 1 ครั้ง หากเป็นไปได้ให้ทดสอบครอบคลุมใน 7 วัน นับจากวันที่เตรียมตัวอย่าง เช่น วันที่ 1 3 และ 7
ความถูกต้องของวิธี (Trueness)	ทดสอบ CRM และนำผลการทดสอบมาคำนวณ %Accuracy ไม่น้อยกว่า 7 ซ้ำ	%Accuracy 90-110%	ใช้ยืนยันประสิทธิภาพของวิธีทดสอบด้วยตัวอย่างจากภายนอกและได้รับการรับรอง	ค่า True value ของ CRM ควรใกล้เคียงกับค่ามาตรฐานของประเภทน้ำ

3. จัดทำเอกสารการปฏิบัติงาน การตรวจสอบความใช้ได้ของวิธีทดสอบปริมาณโลหะหนักในน้ำด้วยเทคนิค Flame Atomic Absorption Spectrophotometry (FAAS) โดยอย่างน้อยให้มีหัวข้อและรายละเอียดดัง**ตารางที่ 3.8**

ตารางที่ 3.8 ตัวอย่างหัวข้อควรมีในเอกสารวิธีปฏิบัติงานการตรวจสอบความใช้ได้ของวิธีทดสอบ

ลำดับ	หัวข้อ	รายละเอียด
1	วัตถุประสงค์	แสดง/อธิบายจุดมุ่งหมายและชนิดของวิธีทดสอบที่ต้องการตรวจสอบความใช้ได้ เช่น เพื่อตรวจสอบวิธีทดสอบเหล็กด้วยเทคนิค FAAS
2	ขอบข่าย	ประเภทตัวอย่าง และช่วงการทดสอบ (Working range) ของวิธีการตรวจสอบ
3	เอกสารอ้างอิง/เอกสารที่เกี่ยวข้อง	ชื่อเอกสาร ตำรา งานวิจัย และข้อกำหนดที่เกี่ยวข้องกับการตรวจสอบความใช้ได้ของวิธีทดสอบ
4	คำนิยาม	ให้ความหมายของศัพท์เทคนิค (Technical term) และตีกรอบความหมายให้เกิดความชัดเจนมากที่สุดในงานการตรวจสอบความใช้ได้ของวิธีทดสอบ
5	หลักการของวิธีการทดสอบ	อธิบายความหมายและความสำคัญถึงหัวข้อหลักของการตรวจสอบวิธีทดสอบ ได้แก่ ความไวของวิธีทดสอบ ช่วงการทดสอบ ค่าต่ำสุดที่วิเคราะห์ได้ ค่าต่ำสุดที่รายงานได้ ความแม่น ความเที่ยง และความถูกต้อง
6	เครื่องมือ อุปกรณ์ และสารเคมี	แจกแจงเครื่องมือ วัสดุอุปกรณ์ และสารเคมีที่เกี่ยวข้องกับการตรวจสอบวิธีทดสอบ พร้อมทั้งบ่งชี้ถึงลักษณะและคุณภาพให้ชัดเจน
7	ตัวอย่าง	อธิบายลักษณะการเตรียมตัวอย่าง เช่น ปริมาณตัวอย่าง ลักษณะตัวอย่าง ขั้นตอนการเตรียมตัวอย่าง และการรักษาสภาพตัวอย่าง
8	การตรวจสอบความใช้ได้ของวิธี	อธิบายขั้นตอนวิธีทดสอบอย่างเป็นลำดับ อาจลำดับหัวข้อการตรวจสอบตามหัวข้อหลักของการตรวจสอบวิธีทดสอบในแต่ละข้อ พร้อมอธิบายขั้นตอนการปฏิบัติและการคำนวณอย่างละเอียด
9	ภาคผนวก	แสดงผลการทดสอบและผลการคำนวณในรูปแบบตารางในทุกขั้นตอน ครอบคลุมทุกประเภทของน้ำตัวอย่าง

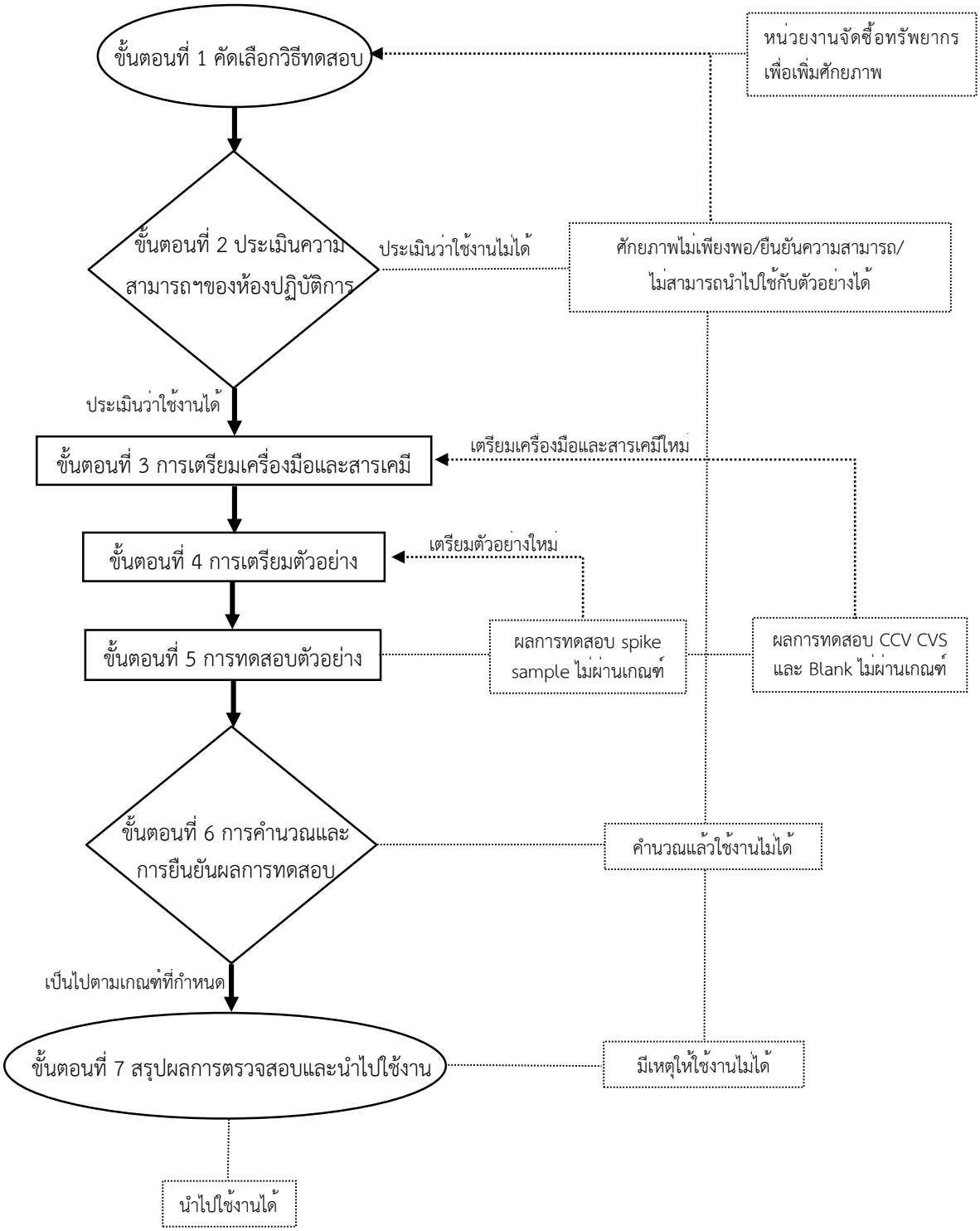
4. การตรวจสอบความใช้ได้ของวิธีควรดำเนินการทดสอบใหม่เป็นระยะ ๆ เช่น 3-4 ปีต่อครั้ง ตามที่ห้องปฏิบัติการกำหนดร่วมกับหน่วยงานที่ให้การรับรอง และเมื่อมีเหตุที่มีผลกระทบต่อวิธีทดสอบ สามารถสรุปกระบวนการได้ดัง**ภาพที่ 3.12** ตัวอย่างผลกระทบที่จำเป็นต้องทำการตรวจสอบวิธีทดสอบใหม่ เช่น

- ประสิทธิภาพการทดสอบไม่สามารถนำไปใช้ประโยชน์ได้ เช่น ค่ามาตรฐานของตัวอย่างมีการเปลี่ยนแปลงไปโดยอยู่นอกช่วงวิธีทดสอบ

- วิธีอ้างอิงของการทดสอบ และ/หรือ วิธีอ้างอิงการตรวจสอบความใช้ได้ของวิธีมีการปรับเปลี่ยนหรือมีความล้าหลัง และสมควรใช้วิธีใหม่

- การเปลี่ยนไปใช้เครื่องมือใหม่ หรือมีการซ่อมแซมเครื่องมือในระดับที่มีผลกระทบต่อการวัด เช่น เปลี่ยน Detector ของเครื่องมือ การเปลี่ยนหรืออัปเดทโปรแกรมประมวลผลของเครื่องมือ มีการจัดซื้อเครื่องมือใหม่ เป็นต้น

- มีการเปลี่ยนเจ้าหน้าที่ควบคุมคุณภาพผลการทดสอบ เช่น ผู้จัดการวิชาการ หรือผู้ทดสอบหลักที่เป็นผู้ดำเนินงานเกี่ยวข้องกับการตรวจสอบความใช้ได้ของวิธี



ภาพที่ 3.12 *แผนผังสรุปขั้นตอนการตรวจสอบความใช้ได้ของวิธี*

ปัญหาและอุปสรรค : แม้ผลการประเมินความสามารถของห้องปฏิบัติการจะเป็นไปตามเกณฑ์ที่กำหนด (ขั้นตอนที่ 2) แต่เมื่อนำวิธีการมาปฏิบัติจริงแล้ว ยังมีโอกาสที่ผลการตรวจสอบความใช้ได้ของวิธีที่สรุปได้ ไม่สามารถนำมาใช้กับตัวอย่างได้และทำให้ห้องปฏิบัติการเสียเวลาและทรัพยากรในการทดสอบ

แนวทางการแก้ไขปัญหา : 1. ประยุกต์ใช้ความรู้ ความสามารถและประสบการณ์ ในการปรับปรุง/ดัดแปลง/พัฒนาวิธีทดสอบให้มีความเหมาะสมกับศักยภาพของห้องปฏิบัติการ (In house method) โดยยังคงอ้างอิงกับวิธีมาตรฐานอยู่ เพื่อเพิ่มศักยภาพให้กับวิธีทดสอบ

2. กรณีมั่นใจในผลการตรวจสอบความใช้ได้ของวิธีทดสอบ ภายใต้วิธีทดสอบที่มีการปรับปรุง/ดัดแปลง/พัฒนาให้มีความเหมาะสมกับศักยภาพของห้องปฏิบัติการแล้ว พบว่า ผลการตรวจสอบความใช้ได้ของวิธีไม่สามารถนำไปใช้งานกับตัวอย่างได้ ให้ชี้แจงกับหัวหน้างาน หรือผู้บริหารในการจัดหาทรัพยากรใหม่เพื่อเพิ่มศักยภาพของวิธีทดสอบ

ข้อเสนอแนะ : การตรวจสอบความใช้ได้ของวิธีต้องดำเนินการเป็นระยะ ๆ ซึ่งต้องเป็นไปตามข้อกำหนดของมาตรฐาน และเนื่องจากมีการเปลี่ยนแปลงจากปัจจัยต่าง ๆ ตามกาลเวลา เช่น สมรรถนะของเจ้าหน้าที่ทดสอบ สมรรถนะของเครื่องมือ สภาวะแวดล้อมของห้องปฏิบัติการ การเปลี่ยนแปลงรายละเอียดของมาตรฐานตัวอย่าง และการพัฒนาปรับปรุงของวิธีทดสอบ ดังนั้นควรกำหนดช่วงการตรวจสอบความใช้ได้ของวิธีทดสอบให้มีความเหมาะสมตามศักยภาพของห้องปฏิบัติการ โดยห้องปฏิบัติการศูนย์วิทยาศาสตร์ฯ ได้กำหนดระยะเวลาในการตรวจสอบความใช้ได้ของวิธีใหม่ทุก ๆ 3 ปี หรือก่อนการตรวจรับการประเมินใหม่ในแต่ละครั้งของหน่วยงานที่ให้การรับรอง ทั้งนี้ควรทำการวางแผนจัดหาทรัพยากรและกำหนดระยะเวลาในการเริ่มกิจกรรมการตรวจสอบความใช้ได้ให้ดี เพื่อให้เกิดความเรียบร้อยและราบรื่นในการทำงาน

ประวัติผู้เขียน

ชื่อสกุล	นายปฐมศร จุฑะกนก
วัน เดือน ปีเกิด	วันที่ 9 มีนาคม 2525
ที่อยู่ปัจจุบัน	บ้านเลขที่ 65/21 หมู่ 3 บ้านนาทราย ตำบลหนองบัว อำเภอเมืองอุดรธานี จังหวัดอุดรธานี 41000
ประวัติการศึกษา	ปริญญาโท วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาวิทยาศาสตร์สิ่งแวดล้อม มหาวิทยาลัยขอนแก่น ปริญญาตรี วิทยาศาสตรบัณฑิต สาขาวิชาวิทยาศาสตร์สิ่งแวดล้อม มหาวิทยาลัยราชภัฏอุดรธานี
ประวัติการทำงาน	ปัจจุบันเป็นพนักงานมหาวิทยาลัย สายสนับสนุน ตำแหน่งนักวิทยาศาสตร์ สังกัดสถาบันวิจัยและพัฒนา และปฏิบัติงาน ณ ศูนย์วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีเพื่อการวิจัยและพัฒนาท้องถิ่น มหาวิทยาลัยราชภัฏอุดรธานี
หน้าที่และความเชี่ยวชาญ	รับผิดชอบงานด้านการบริหารจัดการและการให้บริการห้องปฏิบัติการทางวิทยาศาสตร์ การวิเคราะห์คุณภาพสิ่งแวดล้อม การใช้เครื่องมือวิทยาศาสตร์ในห้องปฏิบัติการ รวมทั้งปฏิบัติหน้าที่เป็นหัวหน้าฝ่ายบริการห้องปฏิบัติการ และผู้จัดการวิชาการห้องปฏิบัติการเคมีและวิทยาศาสตร์สิ่งแวดล้อม ตลอดจนการพัฒนาศักยภาพห้องปฏิบัติการเพื่อให้การวิเคราะห์ทดสอบมีประสิทธิภาพและเป็นที่ยอมรับในระดับวิชาการและการให้บริการทางวิทยาศาสตร์ และงานอื่น ๆ ตามที่ได้รับมอบหมายจากผู้บังคับบัญชา
ข้อมูลต่อต่อ	อาคาร 14 ศูนย์วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีเพื่อการวิจัยและพัฒนาท้องถิ่น มหาวิทยาลัยราชภัฏอุดรธานี โทร 042-240448 Email; pisces_bom@hotmail.com

เอกสารอ้างอิง

American Public Health Association, American Water Works Association, & Water Environment Federation. (2023). *Standard methods for the examination of water and wastewater* (24th ed.). APHA Press.

Barwick, V. J. (Ed.). (2023). *Eurachem guide: Terminology in analytical measurement: Introduction to VIM 3* (2nd ed.). Eurachem. ISBN 978-0-948926-40-2. Eurachem

Eurachem. (2014). *The fitness for purpose of analytical methods: A laboratory guide to method validation and related topics* (2nd ed.). Eurachem.

จันทรัตน์ วรสรรพวิทย์, (2554), *การทดสอบค่าสุดต่างโดยใช้ Grubbs' test*, วารสารออนไลน์สำนักรับรองห้องปฏิบัติการ ปีที่ 7 ฉบับที่ 19, กรมวิทยาศาสตร์บริการ (http://lib3.dss.go.th/fulltext/BLA_J/BLA2553_7_19P2-6.pdf)

สำนักเลขาธิการคณะรัฐมนตรี. (2569). *ประกาศกระทรวงธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม เรื่อง กำหนดหลักเกณฑ์และมาตรการในทางวิชาการสำหรับการป้องกันด้านสาธารณสุขและการป้องกันในเรื่องสิ่งแวดล้อมเป็นพิษ*. ราชกิจจานุเบกษา, เล่ม 125 ตอนพิเศษที่ 85 ง. (https://ratchakitcha.soc.go.th/)

สำนักเลขาธิการคณะรัฐมนตรี. (2569). *ประกาศกระทรวงอุตสาหกรรม เรื่องกำหนดมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมน้ำบริโภค*. ราชกิจจานุเบกษา, เล่ม 95 ตอนที่ 68 (https://ratchakitcha.soc.go.th/)

ภาคผนวก ก นิยามศัพท์เฉพาะ

Atomic Absorption Spectrometry หมายถึง เทคนิคชนิดหนึ่งที่นิยมใช้สำหรับการวิเคราะห์ธาตุ ซึ่งสามารถวิเคราะห์ได้ทั้งเชิงคุณภาพและปริมาณ ที่ให้ความเที่ยง ความแม่น และมีสภาพไวสูง (Sensitivity) โดยปริมาณของแสงที่ถูกดูดกลืนที่ความยาวคลื่นนั้น จะเพิ่มขึ้นตามจำนวนอะตอมของธาตุนั้นที่แสงผ่านเพิ่มขึ้น และเป็นปฏิภาคโดยตรงกับความเข้มข้นของธาตุที่ดูดกลืนแสงนั้น ซึ่งสามารถนำไปใช้วิเคราะห์หาปริมาณของธาตุต่างๆ ได้ เช่น โลหะเหล็ก แมงกานีส ทองแดง สังกะสี และตะกั่ว เป็นต้น

วัสดุอ้างอิง (Reference Materials : RM) หมายถึง สารละลายมาตรฐานของโลหะหนักที่มีคุณสมบัติทราบค่าความเข้มข้นที่แน่นอน มีความเป็นเนื้อเดียวกัน มีความคงตัว และเหมาะสมกับวิธีทดสอบ เป็นอย่างน้อย ใช้ในการปรับเทียบและการทวนสอบเครื่องมือ หรือใช้เตรียมตัวอย่างให้มีความเข้มข้นที่ต้องการ

วัสดุอ้างอิงรับรอง (Certified Reference Materials: CRM) หมายถึง สารละลายที่มีปริมาณของโลหะหนักที่มีคุณสมบัติเหมือนกับวัสดุอ้างอิง นอกจากนี้ต้องมีค่าความไม่แน่นอน และสามารถสอบกลับไปยังหน่วย SI unit ได้ ผู้ผลิตต้องได้รับการรับรองตามมาตรฐานการผลิตวัสดุอ้างอิง (ISO/IEC 17034) หรือถูกผลิตด้วยหน่วยงานมาตรวิทยา ใช้ในการทดสอบเพื่อประเมินความถูกต้องของการทดสอบ

ความแม่นยำ (Accuracy) หมายถึง ความใกล้เคียงของค่าที่ได้จากการวัดกับค่าจริง (True Value) โดยพิจารณาได้จากการคำนวณ ร้อยละความแม่นยำ (%Accuracy) จากการทดสอบวัสดุอ้างอิงรับรอง (CRM) หรือ วัสดุอ้างอิง (RM) หรือสารละลายมาตรฐาน (Standard solution) ที่ทราบค่าจริง ใช้ในการประเมินความคลาดเคลื่อนไปจากค่าจริงมากน้อยเพียงใด

ความเที่ยง (Precision) หมายถึง ความใกล้เคียงของผลการวัดซ้ำ โดยทั่วไปแสดงในรูปค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน (Standard deviation, SD) หรือในรูปส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานสัมพัทธ์ (Relative standard deviation, %RSD) หรือร้อยละความแตกต่างสัมพัทธ์ (Relative Percent Difference, %RPD) ใช้ในการประเมินความสม่ำเสมอ ความเสถียรของผลการวัดในตัวอย่างและสภาวะเดิม

ความคืนกลับได้ (Recovery) หมายถึง ความใกล้เคียงของค่าที่ได้จากการวัดกับปริมาณค่าที่เราได้เติมลงไปในตัวอย่าง (Spike sample) โดยพิจารณาได้จากการคำนวณร้อยละความคืนกลับได้ (%Recovery) ใช้พิจารณาผลกระทบของเนื้อตัวอย่างแต่ละประเภทที่อาจจะมีผลต่อการทดสอบได้

Continuing calibration verification (CCV) หมายถึง การทดสอบตัวอย่างสารละลายมาตรฐานโลหะหนักตัวเดียวกับที่ใช้ในการปรับเทียบเครื่องมือที่ใช้ทำกราฟมาตรฐาน (Calibration curve) ใช้ในการทวนสอบเครื่องมือเป็นระยะ ๆ ในระหว่างการทดสอบ โดยเลือกตัวอย่างสารละลายมาตรฐานโลหะหนักความเข้มข้นไม่เกินครึ่งหนึ่งของช่วงการทดสอบเป็นตัวแทน

Calibration Verification of Standard (CVS) หมายถึง การทดสอบตัวอย่างสารละลายมาตรฐานโลหะที่เตรียมจากสารมาตรฐานคนละยี่ห้อ หรือคนละ lot การผลิตกับสารที่ใช้ในการปรับเทียบเครื่องมือ ใช้ทวนสอบเครื่องมือเป็นระยะ ๆ ในระหว่างการทดสอบ โดยเตรียมตัวอย่างสารละลายมาตรฐานโลหะหนักความเข้มข้นเท่ากับตัวอย่าง CCV

Correlation Coefficient (r) หมายถึง ค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ เป็นค่าความสัมพันธ์ในรูปของกราฟระหว่างค่าที่วัดได้ กับค่าความเข้มข้น มีค่าอยู่ระหว่าง -1.000 ถึง 1.000 ใช้ในการตรวจสอบความเป็นเส้นตรงจากการปรับเทียบเครื่องมือ โดยทั่วไปให้ค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ที่ได้ต้องมีค่าไม่น้อยกว่า 0.995 กรณีความสัมพันธ์เป็นแบบเชิงบวก

Linear Range หมายถึง ช่วงความเข้มข้นสูงสุดที่ให้กราฟมาตรฐานเป็นเส้นตรง ได้จากการตรวจสอบข้อมูลจาก application ของเครื่องมือ ซึ่งความเข้มข้นสูงดังกล่าว อาจสูงขึ้นได้อีกเล็กน้อย ทั้งนี้ควรตรวจสอบด้วยการปรับเทียบเครื่องมือ หรือการทำ linear dynamic range เพื่อยืนยัน

Method detection limit (MDL) หรือ Limit of detection (LOD) หมายถึง ความเข้มข้นต่ำสุดที่วิธีการทดสอบนั้นสามารถวิเคราะห์ หรือตรวจพบได้ ใช้เป็นเกณฑ์กำหนดในการรายงานผลการทดสอบในตัวอย่างที่ทดสอบ ไม่พบตามวิธีทดสอบ

Limit of Quantitation (LOQ) หมายถึง ผลการวัดต่ำสุดของวิธีทดสอบที่ยังคงมีประสิทธิภาพเป็นไปตามเกณฑ์ที่กำหนด และสามารถออกรายงานผลการทดสอบเป็นตัวเลขได้ บางครั้งอาจเรียก Minimum reporting level (MRL) ถือเป็นเกณฑ์คุณภาพที่บ่งบอกถึงประสิทธิภาพของวิธีที่จะนำไปใช้ประโยชน์ในงานทดสอบ

Method Blank (MB) หรือ Reagent blank หมายถึง ตัวอย่างที่เตรียมโดยใช้น้ำบริสุทธิ์ที่ปราศจากโลหะหนัก (Deionized water; DI) แทนน้ำตัวอย่าง หรือเป็นตัวอย่างเดียวกันกับ 2%Nitric ใช้ในการเจือจางสารละลายมาตรฐานและใช้เตรียม sample blank ในบางกรณี

Sample blank หมายถึง ตัวอย่างน้ำประเภทต่าง ๆ ที่เก็บจากแหล่งน้ำธรรมชาติ หรือจากระบวนการผลิตในระบบที่เป็นมาตรฐาน ผ่านการรักษาสภาพตัวอย่างและทดสอบแล้วพบว่า มีปริมาณโลหะหนักน้อยมาก ใช้เป็นตัวอย่างในการทดสอบความใช้ได้ของวิธี และใช้ในการเตรียม Spike sample

Spike Sample หมายถึง ตัวอย่างน้ำประเภทต่าง ๆ (Sample blank) ที่มีการเติมสารละลายมาตรฐานโลหะหนักที่ทราบค่าความเข้มข้นที่แน่นอนลงไป ใช้เป็นตัวอย่างในการทดสอบความใช้ได้ของวิธี

2%Nitric หมายถึง น้ำบริสุทธิ์ที่ปราศจากโลหะหนัก (Deionized water; DI) ผสมกับกรดไนตริกเข้มข้นในอัตราส่วนกรดไนตริก 20 mL ต่อน้ำปราศจากโลหะ 1000 mL ใช้ในขั้นการเตรียมสารละลายมาตรฐาน การเจือจางตัวอย่าง การปรับปริมาตรตัวอย่าง การทำ Method Blank ของกราฟมาตรฐานและ Blank ของวิธีทดสอบ (Method Blank)

ที่มา: *Terminology in analytical measurement: Introduction to VIM 3* (2nd ed.). Eurachem.

ภาคผนวก ข เทคนิคการเตรียมสารละลายมาตรฐานโลหะหนัก

เทคนิคการเตรียมสารละลายมาตรฐานโลหะหนักความเข้มข้นต่าง ๆ ที่ใช้ในการปรับเทียบเครื่องมือ (Calibration) และนำข้อมูลไปสร้างกราฟมาตรฐาน (Calibration curve) และใช้ในการเตรียมตัวอย่างให้มีความเข้มข้นตามที่ต้องการจากความรู้และประสบการณ์ของผู้เขียน มีเทคนิคและข้อควรปฏิบัติตามดังนี้

1. เครื่องแก้วที่ใช้ในการเตรียมตัวอย่าง ควรเป็นเครื่องแก้วคลาส เอ (Class A) ที่ผ่านการสอบเทียบ และมีผลการสอบเทียบผ่านเกณฑ์ที่กำหนด ได้แก่ Volumetric Flask ขนาด 100 mL, Volumetric pipette ขนาด 1.0, 2.0, 3.0, 5.0, และ 10.0 mL

2. ในการปรับปริมาตรทุกครั้ง ให้เหลือช่องว่างก่อนถึงขีดปรับปริมาตร เพื่อใช้หลอดหยดในการปรับปริมาตรให้เต็มสเกล

3. ต้องมั่นใจว่าสารละลายทุกประเภทที่ใช้เตรียมตัวอย่าง ต้องมีอุณหภูมิไม่สูงหรือไม่ต่ำเกินไป อาจอยู่ในช่วง 20 – 25 °C

4. เครื่องแก้วที่ใช้งานต้องผ่านการทำความสะอาด โดยการล้างทำความสะอาดด้วยวิธีปกติ กลั้วด้วย 10%กรดไนตริก ล้างด้วยน้ำ DI จากนั้นผึ่งให้แห้ง หรืออบด้วยตู้อบลมร้อน 103 °C 2 ชั่วโมง

4. การเตรียมสารละลายที่ใช้ในการปรับเทียบเครื่องมือ ให้ดำเนินการดังนี้

4.1) เตรียมสารละลายมาตรฐานโลหะ 100 mg/L โดยปิเปตวัสดุอ้างอิง 1,000 mg/L ปริมาตร 10 mL ลงใน Volumetric Flask ขนาด 100 mL และปรับปริมาตรด้วย 2%nitric (สารละลายนี้สามารถเก็บไว้ใช้ได้ไม่เกินกว่า 4 เดือน หากนานกว่า หรือมีปริมาตรน้อยกว่า 30 mL ให้เตรียมใช้ใหม่)

4.2) เตรียมสารละลายมาตรฐานโลหะความเข้มข้นในระดับต่าง ๆ ด้วย สารละลายมาตรฐานโลหะ 100 mg/L จากข้อ 4.1 ตามที่วิธีกำหนด และปรับปริมาตรด้วย 2%nitric เขย่าขวดให้ดีก่อนนำไปใช้งาน สารละลายชุดนี้ให้เตรียมใหม่ทุกครั้ง

5. การเตรียม spike sample ให้มีความเข้มข้นโลหะในระดับต่าง ๆ ให้เตรียมเหมือนข้อ 4.2 แต่ให้ใช้ sample blank ในการปรับปริมาตรแทน 2%nitric เขย่าขวดให้ดี และถ่ายเก็บไว้ในขวดพลาสติก PE สะอาดที่ผ่านการทำความสะอาดเหมือนข้อ 4

ที่มา: ดัดแปลงตามคู่มือวิธีทดสอบ *Standard methods for the examination of water and wastewater* (24th ed.)

ภาคผนวก ง การทดสอบข้อมูล outlier ด้วย Grubbs' test

หากมีข้อมูลชุดหนึ่งและสงสัยว่ามีข้อมูลในชุดนี้มีค่าสงสัยต่างจากข้อมูลอื่น ๆ (outlier) ซึ่งอาจเป็นสาเหตุจากความผิดพลาดต่าง ๆ ในขณะทำการทดสอบ เช่น การเตรียมตัวอย่าง การปนเปื้อนของสารรบกวน หรือเครื่องมือและอุปกรณ์มีปัญหา หากนำข้อมูลดังกล่าวไปคำนวณค่าสถิติอาจทำให้ผลการทดสอบไม่เป็นไปตามเกณฑ์ที่กำหนด หรือผิดไปจากความเป็นจริง โดยทั่วไปหากทราบสาเหตุแน่ชัดและมีเหตุผลชัดเจน เช่น มีการหกปนเปื้อน ผลการสอบเทียบ หรือคำนวณไม่ถูกต้อง หรือวิเคราะห์ตัวอย่างผิด ใช้งานผิดวิธี เป็นต้น เราสามารถตัดทิ้งได้เลย แต่หากไม่มีสาเหตุชัดเจนก็สามารถตรวจสอบค่าที่สงสัยได้ว่าต่างจากกลุ่มยังมีนัยยะสำคัญทางสถิติหรือไม่ ด้วย Grubbs' test

ปกติแล้ว Grubbs' test สามารถตรวจสอบ outlier ได้ 1 หรือ 2 ข้อมูลจากในกลุ่มข้อมูลนั้น ๆ เพื่อพิสูจน์ว่าข้อมูลดังกล่าวแตกต่างอย่างมีนัยยะสำคัญหรือไม่ แต่ผู้เขียนแนะนำให้ตรวจทีละ 1 ข้อมูล ซึ่งหากมีความแตกต่างทางสถิติก็ค่อย ๆ ตัดออกทีละ 1 จำนวน มีการตรวจสอบดังนี้

1. ให้เรียงข้อมูลทั้งหมดจากน้อยไปหามาก
2. คำนวณหาค่าเฉลี่ยและค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของข้อมูลกลุ่มนั้น
3. เลือกข้อมูลที่สงสัย ให้คำนวณตามสูตรดังนี้

3.1) กรณีข้อมูลที่สงสัยเป็นค่าข้อมูลที่น้อยที่สุดให้ใช้สูตร $G_{คำนวณ} = \left(\frac{\bar{x} - x_L}{S}\right)$

3.2) กรณีข้อมูลที่สงสัยเป็นค่ามากที่สุดให้ใช้สูตร $G_{คำนวณ} = \left(\frac{x_M - \bar{x}}{S}\right)$

เมื่อ $\bar{x}$ คือ ค่าเฉลี่ยของกลุ่มข้อมูล x_L คือ ข้อมูลที่สงสัยกรณีเป็นค่าต่ำสุด

S คือ ค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของกลุ่ม x_M คือ ข้อมูลที่สงสัยกรณีเป็นค่าสูงสุด

4. นำค่า $G_{คำนวณ}$ ที่คำนวณได้มาเปรียบเทียบกับตารางแสดงค่าวิกฤตของการทดสอบ Grubbs ซึ่งแนะนำให้ใช้ระดับความเชื่อมั่นที่ 99% หากค่า $G_{คำนวณ}$ มีค่าสูงกว่าค่า upper หรือต่ำกว่าค่า Lower แสดงว่าข้อมูลดังกล่าวเป็น outlier สามารถตัดออกจากการกลุ่มข้อมูลได้

จำนวนข้อมูล (p)	one largest or one smallest		two largest or two smallest	
	upper 99%	upper 95%	Lower 99%	Lower 95%
8	2.274	2.126	0.563	0.1101
9	2.387	2.215	0.851	0.1492
10	2.482	2.290	0.1150	0.1864
11	2.564	2.355	0.1448	0.2213
12	2.636	2.421	0.1738	0.2537

ที่มา : กรมวิทยาศาสตร์บริการ, (2554), วารสารออนไลน์สำนักรับรองห้องปฏิบัติการ ปีที่ 7 ฉบับที่ 19