

การศึกษาผลการสอบเทียบ Dispensers ที่ปริมาตร 1-50 มิลลิลิตร
โดยวิธีสอบเทียบตามมาตรฐาน ISO 8655-6: 2022

อาจารย์ การะเกตุ* รัฐกานต์ ศรีศิริ

บทคัดย่อ

การศึกษาผลการสอบเทียบ dispensers ที่ปริมาตร 1-50 มิลลิลิตร โดยวิธีสอบเทียบตามมาตรฐาน ISO 8655-6: 2022 โดยมี dispensers ขนาด 1-10 มิลลิลิตร ความละเอียด 0.2 มิลลิลิตร จำนวน 3 เครื่อง หมายเลข DP1, DP2 และ DP3 ทำการสอบเทียบที่ปริมาตร 1, 5 และ 10 มิลลิลิตร และ dispensers ขนาด 5-50 มิลลิลิตร ความละเอียด 1 มิลลิลิตร จำนวน 3 เครื่อง หมายเลข DP4, DP5 และ DP6 ทำการสอบเทียบที่ปริมาตร 5, 25 และ 50 มิลลิลิตร และคำนวณค่าความไม่แน่นอนตามมาตรฐาน ISO/TR 20461: 2023 โดยผลการสอบเทียบมีค่าเฉลี่ยปริมาตรน้ำ ค่าความคลาดเคลื่อนเชิงระบบ และค่าความคลาดเคลื่อนแบบสุ่มที่แตกต่างกันใน dispensers แต่ละเครื่อง ซึ่งเมื่อทำการทวนสอบโดยเปรียบเทียบผลสอบเทียบกับค่าความคลาดเคลื่อนสูงสุดที่ยอมรับได้พบว่า DP2, DP3 (ที่ 1 มิลลิลิตร), DP4, DP5 และ DP6 มีผลการทวนสอบผ่านเกณฑ์การยอมรับสามารถนำ dispensers ไปใช้งานได้ ส่วน DP1 และ DP3 (ที่ 5 และ 10 มิลลิลิตร) มีผลการทวนสอบไม่ผ่านเกณฑ์การยอมรับ dispensers ต้องได้รับการแก้ไข และส่งสอบเทียบทุกช่วงปริมาตรอีกครั้ง ในด้านค่าความไม่แน่นอนขยายทุกปริมาตรของ DP1, DP2 และ DP3 มีค่าเท่ากับ 0.12 มิลลิลิตร และ DP4, DP5 และ DP6 มีค่าเท่ากับ 0.58 มิลลิลิตร ทำให้ค่า CMC ของห้องปฏิบัติการสอบเทียบเครื่องมือ สาขาปริมาตร ที่ปริมาตร 1-10 มิลลิลิตร มีค่าเท่ากับ 0.12 มิลลิลิตร และที่ปริมาตร >10-50 มิลลิลิตร มีค่าเท่ากับ 0.58 มิลลิลิตร จากการศึกษาทำให้ห้องปฏิบัติการสอบเทียบสามารถดำเนินการสอบเทียบ dispensers ได้ และใช้เป็นข้อมูลอ้างอิงทางวิชาการสำหรับการยื่นขอขยายขอบข่ายการรับรองระบบคุณภาพห้องปฏิบัติการ ISO/IEC 17025 กับสำนักงานมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม (สมอ.)

คำสำคัญ: การสอบเทียบ Dispensers ISO 8655-6

เลขทะเบียนวิชาการ : 69(2)-0304-019

สำนักตรวจสอบคุณภาพสินค้าปศุสัตว์ ถนนติวานนท์ ตำบลบางกะดี อำเภอเมือง จังหวัดปทุมธานี 12000

* ผู้รับผิดชอบ, e-mail: ajaree.karakad@gmail.com

Study of the Calibration Results for Dispensers 1–50 ml in Accordance with ISO 8655-6: 2022

Ajaree Karakad* Rattakan Srisiri

Abstract

This study evaluated the calibration of dispensers within the volume range of 1–50 ml, in accordance with the ISO 8655-6: 2022 standard. Six dispensers were evaluated: three 1–10 ml dispensers with a 0.2 ml resolution (DP1, DP2, and DP3) at test volumes of 1, 5 and 10 ml; and three 5–50 ml dispensers with a 1 ml resolution (DP4, DP5 and DP6) at test volumes of 5, 25 and 50 ml. The calibration results revealed variations in the mean delivered volume, systematic error and random error among the respective devices. Subsequently, verification against maximum permissible errors demonstrated that DP2, DP3 (at 1 ml), DP4, DP5, and DP6 met the acceptance criteria for continued use. In contrast, DP1 and DP3 (at 5 and 10 ml) failed the criteria, necessitating repair and recalibration across all volume ranges. In terms of measurement uncertainty, the expanded uncertainty for DP1, DP2 and DP3 was 0.12 ml, while that for DP4, DP5 and DP6 was 0.58 ml. Furthermore, the Calibration and Measurement Capability (CMC) for the volume laboratory was 0.12 ml for the 1–10 ml and 0.58 ml for the >10–50 ml. This study supports the calibration laboratory in performing dispenser calibrations, and these findings serve as a technical reference for expanding the ISO/IEC 17025 accreditation scope with the Thai Industrial Standards Institute (TISI).

Keyword: Calibration, Dispensers, ISO 8655-6

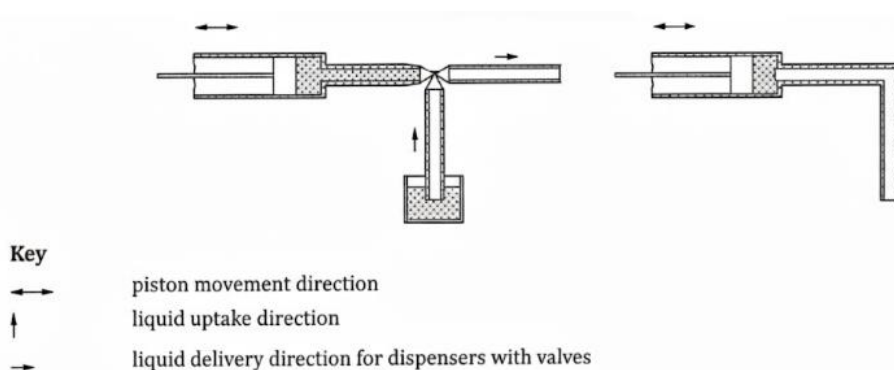
Registered No. : 69(2)-0304-019

Bureau of Quality Control of Livestock Products, Tiwanon Rd, Bangkadi, Mueang, Pathumthani, 12000

* Corresponding author, e-mail: ajaree.karakad@gmail.com

บทนำ

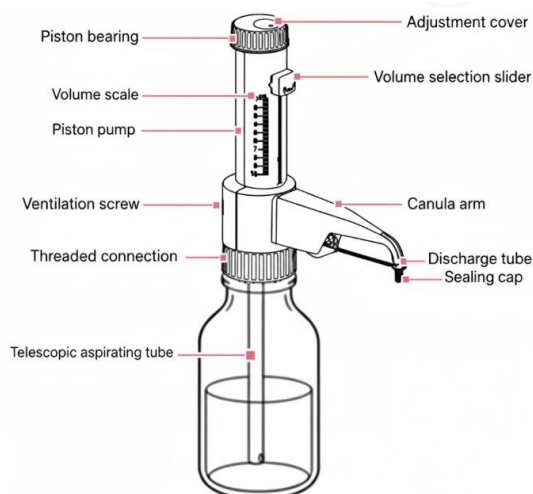
Dispensers เป็นอุปกรณ์วัดปริมาตรแบบมีลูกสูบใช้สำหรับดูดและจ่ายของเหลวตามปริมาตรที่กำหนด (piston-operated volumetric apparatus, POVA) สามารถทำงานด้วยตนเอง หรือแบบอัตโนมัติ ควบคุมการดูดและจ่ายของเหลวแบบการขับเคลื่อนด้วยมือ (manually) ระบบไฟฟ้า (electrically) ระบบนิวเมติกส์ (pneumatically) หรือระบบไฮดรอลิก (hydraulically) (ASTM, 2023) โดยส่วนประกอบหลักของ dispensers ที่สำคัญ คือ ลูกสูบ (piston) โดยลูกสูบจะขับเคลื่อนอยู่ในกระบอกสูบ (cylinder) มีหน้าที่หลักในการควบคุมปริมาตรของของเหลวที่ดูดเข้าและจ่ายออก โดยเมื่อทำการดูดของเหลว ลูกสูบจะเคลื่อนที่ทิศทางเดียว และเมื่อจ่ายของเหลว ลูกสูบจะเคลื่อนที่ไปในทิศทางตรงกันข้าม ซึ่ง dispensers สามารถมีวาล์วหรือไม่มีวาล์วก็ได้ (ISO, 2022a, 2022b) ตามรูปที่ 1



รูปที่ 1 แผนผังของการจ่ายของเหลวของ dispensers ที่มีและไม่มีวาล์ว (ที่มา ISO, 2022b)

นอกจากนี้ dispensers ยังประกอบไปด้วยส่วนประกอบอื่น ๆ เช่น ตลับลูกปืน (piston bearing) ขีดบอกริมาตร (volume scale) ปั๊มลูกสูบ (piston pump) สกรูระบายอากาศ (ventilation screw) ข้อต่อแบบเกลียว (threaded connection) ท่อดูดของเหลวแบบยืดหดได้ (telescopic aspirating tube) ฝาครอบปรับตั้ง (adjustment cover) ปุ่มปรับปริมาตร (volume selection slider) ก้านพลาสติก (canula arm) ท่อจ่ายของเหลว (discharge tube) ฝาปิด (sealing cap) (Eppendorf, 2022) ตามรูปที่ 2 ซึ่ง dispensers จะมีส่วนประกอบและลักษณะของส่วนประกอบที่แตกต่างกันตามรุ่นและยี่ห้อของแต่ละบริษัทผู้ผลิต ตัวอย่างยี่ห้อของ dispensers ได้แก่ Brand, Eppendorf, Rainin, Fisherbrand, Glassco, Boeco และ Microlit เป็นต้น นอกจากนี้ dispensers บางรุ่นสามารถถอดล้าง หรือนึ่งฆ่าเชื้อ (autoclavable) ได้

Dispensers แบ่งออกเป็น 2 ประเภท คือ single-stroke dispensers และ multiple-delivery dispensers (ISO, 2022b) ในห้องปฏิบัติการส่วนใหญ่จะใช้งาน single-stroke dispensers โดยนำ dispensers ต่อเข้ากับขวดบรรจุของเหลว (bottle-top dispensers) เพื่อให้สามารถใช้งานได้ง่ายและสามารถจ่ายของเหลวที่ใช้ทั่วไปในห้องปฏิบัติการออกจากขวดโดยตรง ลักษณะตามรูปที่ 2 (Fisherscientific, 2017; Eppendorf, 2022)



รูปที่ 2 Single-stroke dispensers แบบ bottle-top dispensers ยี่ห้อ Eppendorf (ที่มา Eppendorf, 2022)

ห้องปฏิบัติการทดสอบส่วนใหญ่มีการใช้ dispensers สำหรับการเตรียมอาหารเลี้ยงเชื้อ การเตรียมตัวอย่างหรือสกัดตัวอย่าง การกระจายสารชนิดต่าง ๆ เช่น ตัวทำละลาย (solvent) สารละลายรีเอเจนต์ (reagent solution) กรด เป็นต้น และในงานอื่น ๆ อีกมากมาย เนื่องจากสามารถกระจายของเหลวในปริมาตรที่ต้องการซ้ำ ๆ ได้อย่างสม่ำเสมอทุกครั้ง จึงเพิ่มความสะดวกและรวดเร็วได้มากกว่าการใช้กระบอกตวง และช่วยให้ผู้ปฏิบัติงานลดการสัมผัสสารเคมีอันตราย โดยเฉพาะสารกัดกร่อน เช่น กรดหรือด่างเข้มข้น ทำให้ปลอดภัยต่อผู้ใช้งาน สำหรับการใช้ dispensers ในห้องปฏิบัติการทดสอบของสำนักตรวจสอบคุณภาพสินค้าปศุสัตว์ (สตส.) กับงานที่ต้องคำนึงถึงความแม่นยำ ความสม่ำเสมอของการกระจายปริมาตร เช่น งานด้านจุลชีววิทยา ใช้สำหรับเตรียมสารละลายบัฟเฟอร์ในการเจือจางตัวอย่าง (dilution) เพื่อคำนวณหาปริมาณเชื้อจุลินทรีย์ งานด้านเคมีวิเคราะห์ ใช้เตรียมสารละลายสำหรับสกัดตัวอย่างทดสอบ และเมทริกซ์สำหรับเตรียมกราฟมาตรฐาน ซึ่งต้องนำค่าความไม่แน่นอนของ dispensers มาเป็นส่วนหนึ่งในการประเมินค่าความไม่แน่นอนของผลการทดสอบในสารต้องห้าม หรือสารตกค้าง ยาสัตว์ในอาหารสัตว์ ดังนั้น dispensers ที่ใช้งานเหล่านี้จึงจำเป็นต้องทำการสอบเทียบ เพื่อให้สอดคล้องตามข้อกำหนดมาตรฐานระบบคุณภาพห้องปฏิบัติการ ISO/IEC 17025: 2017 ที่มีการระบุใน ข้อที่ 6.4.5-6.4.6 กล่าวว่า “เครื่องมือที่ใช้ในการวัดต้องสามารถให้ค่าความแม่นยำการวัด และ/หรือค่าความไม่แน่นอนของการวัดตามที่ต้องการ และเครื่องมือวัดต้องได้รับการสอบเทียบ กรณีที่ความแม่นยำการวัดหรือค่าความไม่แน่นอนของการวัดมีผลต่อความใช้ได้ของผลที่รายงาน” (ISO, 2017)

การสอบเทียบ dispensers จะใช้วิธีการวิเมตริก (gravimetric method) ในการวัดปริมาตรของเหลว โดยอาศัยแรงโน้มถ่วงในการอ่านค่าปริมาตร ซึ่งเป็นความสัมพันธ์ระหว่างมวล (mass) ความหนาแน่นของน้ำ (water density) และแรงพยุงอากาศ (air buoyancy) เพื่อคำนวณหาปริมาตรที่เครื่องจ่ายออกมาที่อุณหภูมิอ้างอิง 20°C หรือ 27°C (EURAMET, 2025) ซึ่งวิธีการสอบเทียบ dispensers โดยใช้วิธีการวิเมตริกมีทั้งมาตรฐานระดับชาติ และมาตรฐานระหว่างประเทศ ซึ่งมาตรฐานระดับชาติ ได้แก่ วิธีการสอบเทียบตามแนวทาง Guideline DKD-R 8-2 Calibration of multiple delivery dispensers และ

วิธีการสอบเทียบตามแนวทาง Guideline DKD-R 8-3 Calibration of single stroke dispensers and piston burettes ซึ่งเป็นมาตรฐานระดับประเทศเยอรมนี จัดทำขึ้นโดย Deutscher Kalibrierdienst ที่เป็นระบบสอบเทียบแห่งชาติของประเทศเยอรมนี อยู่ภายใต้สถาบันมาตรวิทยาแห่งชาติของประเทศเยอรมนี (DKD, 2018, 2020) และวิธีการวolumetric ที่เป็นมาตรฐานระหว่างประเทศ ได้แก่ มาตรฐาน ISO 8655-6 Piston-operated volumetric apparatus-part 6: Gravimetric reference measurement procedure for the determination of volume ซึ่งเป็นมาตรฐานระดับสากล (international standard) ที่จัดทำขึ้นโดยองค์การสากลที่ออกมาตรฐานระหว่างประเทศ (the International Organization for Standardization) (ISO, 2022c) และคำนวณค่าความไม่แน่นอนของการสอบเทียบ dispensers ตามมาตรฐาน ISO/TR 20461: 2023 จากแหล่งค่าความไม่แน่นอน เช่น กระบวนการชั่งน้ำหนัก อุณหภูมิ ความหนาแน่นของน้ำ ความหนาแน่นของอากาศ ความหนาแน่นของตุ้มน้ำหนัก ผลกระทบของบ่ออากาศ (air cushion effect) อุปกรณ์ POVA และกระบวนการดูจ่ายของเหลว (ISO, 2023)

ในปัจจุบัน สตส. ต้องส่ง dispensers ขนาด 1-50 มิลลิลิตร ไปสอบเทียบกับหน่วยงานภายนอก ห้องปฏิบัติการสอบเทียบเครื่องมือ สาขาปริมาตร ซึ่งมีภารกิจหน้าที่สอบเทียบเครื่องมือให้แก่ห้องปฏิบัติการภายใน สตส. จึงต้องศึกษาผลการสอบเทียบ dispensers ที่ปริมาตร 1-50 มิลลิลิตร โดยใช้วิธีสอบเทียบตามมาตรฐาน ISO 8655-6: 2022 ที่มีความน่าเชื่อถือและเป็นที่ยอมรับในระดับสากล และคำนวณค่าความไม่แน่นอนของการวัดตามมาตรฐาน ISO/TR 20461: 2023 แล้วนำค่าความไม่แน่นอนขยายที่ระดับความเชื่อมั่นประมาณ 95% มาทำการกำหนดค่าขีดความสามารถของการสอบเทียบและการวัด (calibration and measurement capability, CMC) เพื่อเป็นการเพิ่มศักยภาพของห้องปฏิบัติการสอบเทียบให้สามารถดำเนินการสอบเทียบ dispensers ให้แก่ห้องปฏิบัติการทดสอบภายใน สตส. ได้ และใช้เป็นข้อมูลอ้างอิงทางวิชาการสำหรับการยื่นขอขยายขอบข่ายการรับรองระบบคุณภาพห้องปฏิบัติการ ISO/IEC 17025 กับ สมอ. รวมถึงเป็นการลดค่าใช้จ่ายในการจัดจ้างสอบเทียบกับหน่วยงานภายนอก

อุปกรณ์และวิธีการ

1. เครื่องมือและอุปกรณ์

- 1.1 เครื่องชั่งอิเล็กทรอนิกส์ (electronic balance) ความละเอียด 0.00001 กรัม
- 1.2 เครื่องวัดอุณหภูมิ และความชื้นสัมพัทธ์ (thermo-hygrometer) ความละเอียด 0.1 °C และ 0.1 %
- 1.3 เครื่องวัดความดันบรรยากาศ (barometer) ความละเอียด 1 hPa
- 1.4 เทอร์โมมิเตอร์ชนิดแท่งแก้ว (liquid in glass thermometer) ความละเอียด 0.1 °C
- 1.5 น้ำกลั่น หรือน้ำขจัดไอออน เกรด 3 (ISO, 1987)
- 1.6 ขวดบรรจุของเหลว สำหรับต่อเข้ากับ dispensers
- 1.7 ขวดแก้วพร้อมฝาปิด

2. ตัวอย่างที่ศึกษา

2.1 Dispensers ขนาด 1-10 มิลลิลิตร ความละเอียด 0.2 มิลลิลิตร จำนวน 3 เครื่อง หมายเลข DP1, DP2 และ DP3

2.2 Dispensers ขนาด 5-50 มิลลิลิตร ความละเอียด 1 มิลลิลิตร จำนวน 3 เครื่อง หมายเลข DP4, DP5 และ DP6

3. วิธีการ

3.1 ดำเนินการสอบเทียบ dispensers

3.1.1 ทำการควบคุมสภาวะแวดล้อมในการสอบเทียบ โดยควบคุมอุณหภูมิห้องระหว่าง 17 °C ถึง 23 °C และควบคุมความชื้นสัมพัทธ์ระหว่าง 45 % ถึง 80% โดยความแปรผันของอุณหภูมิของห้องสอบเทียบไม่เกิน 0.5 °C ต่อชั่วโมง

3.1.2 ทำการเตรียมอุปกรณ์เครื่องมือ และตัวอย่างที่ศึกษาไปไว้ในห้องปฏิบัติการที่มีการควบคุมสภาวะแวดล้อมตามข้อ 3.1.1 อย่างน้อย 2 ชั่วโมงก่อนดำเนินการสอบเทียบ

3.1.2.1 นำน้ำกลั่นบรรจุใส่ในขวดบรรจุของเหลวให้มีปริมาตรเพียงพอต่อการสอบเทียบในแต่ละจุดสอบเทียบ จากนั้นประกอบ dispensers เข้ากับขวดบรรจุของเหลวที่มีน้ำกลั่น โดยระวังไม่ให้เกิดฟองอากาศภายใน หากเกิดฟองอากาศให้ทำการดูดจ่ายน้ำกลั่นทิ้งจนหมดฟองอากาศ (priming)

3.1.2.2 นำน้ำกลั่นใส่ในขวดแก้วโดยให้น้ำกลั่นคลุมก้นภาชนะซึ่งน้ำหนัก เพื่อรักษาความสมดุลความชื้นสัมพัทธ์

3.1.3 ทำการปรับปริมาตรของ dispensers ตามจุดที่ต้องการสอบเทียบ โดย DP1, DP2 และ DP3 สอบเทียบที่ปริมาตร 1, 5 และ 10 มิลลิลิตร และ DP4, DP5 และ DP6 สอบเทียบที่ปริมาตร 5, 25 และ 50 มิลลิลิตร

3.1.4 บันทึกค่าอุณหภูมิ ความชื้นสัมพัทธ์ และความดันบรรยากาศของห้องปฏิบัติการ ก่อนเริ่มดำเนินการสอบเทียบ

3.1.5 เริ่มดำเนินการสอบเทียบ โดยชั่งขวดแก้วที่เตรียมไว้ตามข้อ 3.1.2.2 แล้วกด tare ที่หน้าจอเครื่องชั่งอิเล็กทรอนิกส์ให้แสดงค่าที่หน้าจอเป็นศูนย์

3.1.6 ใช้ dispensers ดูดน้ำกลั่น และจ่ายน้ำกลั่นลงในขวดแก้วที่เตรียมไว้ ปิดฝา นำไปชั่งน้ำหนัก และบันทึกค่าน้ำหนักที่อ่านได้ (m_i) จากนั้นกด tare ที่หน้าจอเครื่องชั่งอิเล็กทรอนิกส์ให้แสดงค่าที่หน้าจอเป็นศูนย์

3.1.7 ดำเนินการทำซ้ำตามข้อ 3.1.6 ให้ครบจำนวน 10 ซ้ำ

3.1.8 บันทึกค่าอุณหภูมิ ความชื้นสัมพัทธ์ และความดันบรรยากาศของห้องปฏิบัติการอีกครั้ง

3.1.9 ในการสอบเทียบ dispensers ในจุดสอบเทียบอื่น ๆ ในดำเนินการตามข้อ 3.1.3–3.1.8

3.2 การคำนวณผลการสอบเทียบ dispensers

3.2.1 การคำนวณหาปริมาตร (V_i) มีหน่วยเป็น ml

$$V_i = m_i \times Z \times [1 - \gamma(t_w - t_{ref})]$$

เมื่อ

m_i	คือ	น้ำหนักของน้ำกลั่น (g)
t_{ref}	คือ	อุณหภูมิอ้างอิงของ POVA ($^{\circ}\text{C}$)
t_w	คือ	อุณหภูมิของน้ำ ($^{\circ}\text{C}$)
γ	คือ	ค่าสัมประสิทธิ์การขยายตัวของเชิงปริมาตรของวัสดุ POVA ($\text{cm}^3/^{\circ}\text{C}$)

ตามตารางผนวกที่ 1

3.2.2 การคำนวณหาค่า Z

$$Z = \frac{1}{\rho_w - \rho_A} \times \left(1 - \frac{\rho_A}{\rho_B}\right)$$

เมื่อ

ρ_w	คือ	ความหนาแน่นของน้ำ (g/ml)
ρ_A	คือ	ความหนาแน่นของอากาศ (g/ml)
ρ_B	คือ	ความหนาแน่นของตุ้มน้ำหนัก มีค่า 8 g/ml

3.2.3 การคำนวณค่าความหนาแน่นของน้ำ (ρ_w) มีหน่วยเป็น g/ml

$$\rho_w = a_5 \left[1 - \frac{(t_w + a_1)^2 (t_w + a_2)}{a_3 (t_w + a_4)}\right]$$

เมื่อ

t_w	คือ	อุณหภูมิของน้ำ ($^{\circ}\text{C}$)
a_1	คือ	-3.983035 $^{\circ}\text{C}$
a_2	คือ	301.797 $^{\circ}\text{C}$
a_3	คือ	522528.9 ($^{\circ}\text{C}$) ²
a_4	คือ	69.34881 $^{\circ}\text{C}$
a_5	คือ	0.999974950 g/ml

3.2.4 การคำนวณค่าความหนาแน่นของอากาศ (ρ_A) มีหน่วยเป็น g/ml

$$\rho_A = \frac{1}{1000} \times \frac{0.34848 \times p - 0.009 \times h_r \times e^{(0.061 \times t_A)}}{t_A + 273.15}$$

เมื่อ

p	คือ	ค่าเฉลี่ยความดันบรรยากาศ (hPa)
h_r	คือ	ค่าเฉลี่ยความชื้นสัมพัทธ์ (%RH)
t_A	คือ	ค่าเฉลี่ยอุณหภูมิห้อง ($^{\circ}\text{C}$)

3.2.5 การคำนวณค่าเฉลี่ยปริมาตรน้ำ (\bar{V}) มีหน่วยเป็น ml

$$\bar{V} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n V_i$$

เมื่อ

V_i คือ ค่าปริมาตรที่ได้จากการวัดแต่ละครั้ง (ml)

n คือ จำนวนครั้งของการวัดค่า

3.2.6 การคำนวณค่าความคลาดเคลื่อนเชิงระบบ (systematic error of measurement, e_s) มีหน่วยเป็น ml

$$e_s = \bar{V} - V_s$$

เมื่อ

\bar{V} คือ ค่าเฉลี่ยปริมาตรน้ำ (ml)

V_s คือ ปริมาตรที่ปรับตั้ง (ml)

3.2.7 การคำนวณค่าความคลาดเคลื่อนเชิงระบบ (η_s) มีหน่วยเป็น %

$$\eta_s = \frac{100 \times (\bar{V} - V_s)}{V_s}$$

3.2.8 การคำนวณค่าความคลาดเคลื่อนแบบสุ่ม (random error of measurement, S_r) มีหน่วยเป็น ml

$$S_r = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (V_i - \bar{V})^2}{n - 1}}$$

3.2.9 การคำนวณค่าความคลาดเคลื่อนแบบสุ่ม (CV) มีหน่วยเป็น %

$$CV = 100 \times \frac{S_r}{\bar{V}}$$

3.3 การคำนวณค่าความไม่แน่นอนของการวัด ตามมาตรฐาน ISO/TR 20461: 2023 (ISO, 2023)

3.3.1 ค่าความไม่แน่นอนจากกระบวนการชั่งน้ำหนัก (weighing), $u(m)$ มีหน่วยเป็น g

$$u(m) = [u^2(m_L) + u^2(m_E) + u^2(\delta m) + u^2(m_{evp})]^{\frac{1}{2}}$$

เมื่อ

$u(m_L)$ คือ ค่าความไม่แน่นอนในการชั่งน้ำหนักภาชนะเปล่ารวมน้ำ (g)

$u(m_E)$ คือ ค่าความไม่แน่นอนในการชั่งน้ำหนักภาชนะเปล่า (g)

$u(\delta m)$ คือ ค่าความไม่แน่นอนจากการเลื่อนค่าของเครื่องชั่งอิเล็กทรอนิกส์ (g)

$u(m_{evp})$ คือ ค่าความไม่แน่นอนเนื่องจากค่าขาดเซยการระเหยของน้ำ (g)

3.3.2 ค่าความไม่แน่นอนจากอุณหภูมิ (temperature), $u(t)$ มีหน่วยเป็น °C

$$u(t) = [u^2(t_w) + u^2(\delta t_s)]^{\frac{1}{2}}$$

เมื่อ		
$u(t_w)$	คือ	ค่าความไม่แน่นอนจากอุณหภูมิน้ำ (°C)
$u(\delta t_s)$	คือ	ค่าความไม่แน่นอนจากความแตกต่างระหว่างอุณหภูมิน้ำกับ

POVA (°C)

3.3.2.1 ค่าความไม่แน่นอนจากอุณหภูมิน้ำ, $u(t_w)$ มีหน่วยเป็น °C

$$u(t_w) = \left[\left(\frac{U_{\text{ther}}}{k} \right)^2 + u^2(\text{res}) + u^2(\delta t) \right]^{\frac{1}{2}}$$

เมื่อ

 U_{ther} คือ ค่าความไม่แน่นอนขยายของเทอร์มิเตอร์วัดอุณหภูมิน้ำ (°C) k คือ ตัวประกอบครอบคลุม (coverage factor) $u(\text{res})$ คือ ค่าความละเอียดของเทอร์มิเตอร์วัดอุณหภูมิน้ำ (°C) $u(\delta t)$ คือ ค่าความไม่แน่นอนที่เกิดจากการเปลี่ยนแปลง (drift) และการ

เสื่อมสภาพตามอายุการใช้งาน (ageing) ของระบบวัดอุณหภูมิภายหลังการสอบเทียบ (°C)

3.3.3 ค่าความไม่แน่นอนจากความหนาแน่นของน้ำ (water density), $u(\rho_w)$ มีหน่วยเป็น g/ml

$$u(\rho_w) = [u^2(\rho_{w,\text{form}}) + u^2(\delta \rho_w) + u^2(\rho_{w,t})]^{\frac{1}{2}}$$

เมื่อ

 $u(\rho_{w,\text{form}})$ คือ 4.5×10^{-7} g/ml $u(\delta \rho_w)$ คือ ค่าความไม่แน่นอนจากความไม่บริสุทธิ์ของน้ำกลั่น (g/ml) $u(\rho_{w,t})$ คือ ค่าความไม่แน่นอนที่เกิดจากอุณหภูมิของน้ำที่ขึ้นอยู่กับ

สัมประสิทธิ์การขยายตัวของน้ำ (g/ml)

3.3.3.1 ค่าความไม่แน่นอนที่เกิดจากอุณหภูมิของน้ำที่ขึ้นอยู่กับสัมประสิทธิ์การขยายตัวของน้ำ, $u(\rho_{w,t})$ มีหน่วยเป็น g/ml

$$u(\rho_{w,t}) = u(t_w) \times \beta \times \rho_w$$

เมื่อ

 β คือ $(-0.1176 \times t^2 + 15.846 \times t - 62.677) \times 10^{-6} \text{ } ^\circ\text{C}^{-1}$ 3.3.4 ค่าความไม่แน่นอนจากความหนาแน่นของอากาศ (air density), $u(\rho_A)$ มีหน่วยเป็น g/ml

$$u(\rho_A) = \rho_A \times \left[\left(\frac{u_{\rho_A}(\rho_A)}{\rho_A} \times u(\rho_A) \right)^2 + \left(\frac{u_{t_A}(\rho_A)}{\rho_A} \times u(t_A) \right)^2 + \left(\frac{u_{h_r}(\rho_A)}{\rho_A} \times u(h_r) \right)^2 + \left(\frac{u_{\text{form}}(\rho_A)}{\rho_A} \right)^2 \right]^{\frac{1}{2}}$$

เมื่อ

 u_{form} คือ 2.4×10^{-4} 3.3.5 ค่าความไม่แน่นอนจากความหนาแน่นของตุ้มน้ำหนัก (weight density), $u(\rho_B)$ มีหน่วยเป็น g/ml

สามารถหาได้จากค่าที่ระบุในใบรับรองการสอบเทียบของตุ้มน้ำหนักอ้างอิงที่ใช้ในการสอบเทียบเครื่องชั่งอิเล็กทรอนิกส์ หรืออาจใช้ค่าความไม่แน่นอนที่สอดคล้องกับระดับชั้นของตุ้มน้ำหนัก (weight class) ตามข้อกำหนด OIML R 111-1 แทนได้ หากเครื่องชั่งอิเล็กทรอนิกส์ได้รับการสอบเทียบ

ตามแนวทาง EURAMET cg-18 ค่าความไม่แน่นอนจากความหนาแน่นของตม้มน้ำหนักจะถูกนำมาคำนวณไว้เรียบร้อยแล้ว จึงไม่จำเป็นต้องพิจารณาเพิ่มเติมอีก

3.3.6 ค่าความไม่แน่นอนจากผลกระทบของบ่ออากาศ (air cushion effect), $u(\Delta V_{\text{cush}})$ มีหน่วยเป็น ml

$$u(\Delta V_{\text{cush}}) = [(u(V\Delta p) \times c_{V\Delta p})^2 + (u(V\Delta h_r) \times c_{V\Delta h_r})^2 + (u(V\Delta t_s) \times c_{V\Delta t_s})^2]^{\frac{1}{2}}$$

เมื่อ

$u(V\Delta p)$ คือ ค่าความไม่แน่นอนเนื่องจากความแปรปรวนของความดันอากาศขณะสอบเทียบ (hPa)

$u(V\Delta h_r)$ คือ ค่าความไม่แน่นอนเนื่องจากความแปรปรวนของความชื้นสัมพัทธ์ขณะสอบเทียบ (%RH)

$u(V\Delta t_s)$ คือ ค่าความไม่แน่นอนเนื่องจากความแปรปรวนระหว่างอุณหภูมิ น้ำอากาศ และ POVA ขณะสอบเทียบ ($^{\circ}\text{C}$)

c_i คือ ค่าสัมประสิทธิ์ความไว (sensitivity coefficient)

3.3.7 ค่าความไม่แน่นอนจากสัมประสิทธิ์การขยายตัว (cubic expansion coefficient), $u(y)$ มีหน่วยเป็น $^{\circ}\text{C}^{-1}$

ค่าความไม่แน่นอนจากสัมประสิทธิ์การขยายตัวขึ้นอยู่กับข้อมูลคุณลักษณะของวัสดุที่ใช้ผลิตอุปกรณ์ POVA โดยสามารถอ้างอิงค่าสัมประสิทธิ์ดังกล่าวจากเอกสารทางวิชาการหรือข้อมูลทางเทคนิคของผู้ผลิต ทั้งนี้ ค่าดังกล่าวจะมีค่าความไม่แน่นอนมาตรฐานสัมพัทธ์ (relative standard uncertainty) โดยประมาณอยู่ที่ร้อยละ 5 ถึง 10 ของค่าสัมประสิทธิ์การขยายตัว

3.3.8 ค่าความไม่แน่นอนจากค่าความละเอียดของ POVA (resolution), $u(\text{res})$ มีหน่วยเป็น ml

$$u(\text{res}) = \frac{\Delta \text{res}}{\sqrt{12}}$$

เมื่อ

Δres คือ ค่าความละเอียดของ dispensers (ml)

3.3.9 ค่าความไม่แน่นอนจากความทวนซ้ำได้ (repeatability), $S_r(V_{\text{ref}})$ มีหน่วยเป็น ml

$$S_r(V_{\text{ref}}) = \frac{S_r}{\sqrt{n}}$$

3.3.10 ค่าความไม่แน่นอนจากความทำซ้ำได้ (reproducibility), $u(\Delta V_{\text{rep}})$ มีหน่วยเป็น ml

ค่าความไม่แน่นอนจากความทำซ้ำได้ อ้างอิงจากผลการศึกษาที่ดำเนินการและเผยแพร่โดยหน่วยงาน DKD ซึ่งแนะนำผลการประเมินทางสถิติของค่าความคลาดเคลื่อนที่ยอมรับได้จากผู้ผลิตบางราย ซึ่งแนะนำให้ใช้ค่าต่อไปนี้ในการประเมินค่าความไม่แน่นอน ซึ่งเป็นค่าสัมพัทธ์ที่อ้างอิงกับปริมาตรที่ระบุ (nominal volume) ดังนี้ ปริมาตรระบุ ไม่เกิน 1 มิลลิลิตร เท่ากับ 0.15 % และปริมาตรระบุตั้งแต่ 1 มิลลิลิตรขึ้นไป เท่ากับ 0.08 % (DKD, 2020)

3.3.11 ค่าความไม่แน่นอนมาตรฐานรวม (combined standard uncertainty), $u(V_{\text{ref}})$ มีหน่วยเป็น ml

$$u^2(V_{\text{ref}}) = \sum_i c_i^2 \times u^2(x_i)$$

เมื่อ

$u(x_i)$ คือ ค่าความไม่แน่นอนมาตรฐาน (standard uncertainty)

c_i คือ ค่าสัมประสิทธิ์ความไวของค่าความไม่แน่นอนมาตรฐาน

3.3.11.1 ค่าสัมประสิทธิ์ความไวที่สัมพันธ์กับเครื่องชั่งอิเล็กทรอนิกส์ (balance indication, c_m) มีหน่วยเป็น ml/g

$$c_m = \left(\frac{\partial V_{ref}}{\partial m} \right) = Z \times [1 - \gamma(t_w - t_{ref})]$$

3.3.11.2 ค่าสัมประสิทธิ์ความไวที่สัมพันธ์กับอุณหภูมิน้ำ (water temperature, c_{tw}) มีหน่วยเป็น ml/°C

$$c_{tw} = \left(\frac{\partial V_{ref}}{\partial t_w} \right) = \bar{m} \times Z \times (-\gamma)$$

เมื่อ

\bar{m} คือ ค่าเฉลี่ยน้ำหนักของน้ำกลั่น (g)

3.3.11.3 ค่าสัมประสิทธิ์ความไวที่สัมพันธ์กับความหนาแน่นของน้ำ (water density, c_{pw}) มีหน่วยเป็น ml²/g

$$c_{pw} = \left(\frac{\partial V_{ref}}{\partial \rho_w} \right) = -\bar{m} \times \left(1 - \frac{\rho_A}{\rho_B}\right) \times [1 - \gamma(t_w - t_{ref})] \times \frac{1}{(\rho_w - \rho_A)^2}$$

3.3.11.4 ค่าสัมประสิทธิ์ความไวที่สัมพันธ์กับความหนาแน่นของอากาศ (air density, c_{pA}) มีหน่วยเป็น ml²/g

$$c_{pA} = \left(\frac{\partial V_{ref}}{\partial \rho_A} \right) = \bar{m} \times [1 - \gamma(t_w - t_{ref})] \times \frac{1}{\rho_w - \rho_A} \times \left[Z - \frac{1}{\rho_B}\right]$$

3.3.11.5 ค่าสัมประสิทธิ์ความไวที่สัมพันธ์กับสัมประสิทธิ์การขยายตัว (cubic expansion coefficient of POVA, c_γ) มีหน่วยเป็น °C ml

$$c_\gamma = \left(\frac{\partial V_{ref}}{\partial \gamma} \right) = \bar{m} \times Z \times [-(t_w - t_{ref})]$$

3.3.11.6 ค่าสัมประสิทธิ์ความไวที่สัมพันธ์กับความหนาแน่นของตุ้มน้ำหนัก (density of standard weight, c_{pB}) มีหน่วยเป็น ml²/g

$$c_{pB} = \left(\frac{\partial V_{ref}}{\partial \rho_B} \right) = \bar{m} \times \frac{1}{\rho_w - \rho_A} \times [1 - \gamma(t_w - t_{ref})] \times \frac{\rho_A}{\rho_B^2}$$

3.3.11.7 ค่าสัมประสิทธิ์ความไวของความทวนซ้ำได้ ความทำซ้ำได้ และค่าความละเอียด

$$c_{V_{ref}} = \frac{\partial V_{ref}}{\partial V_{ref}} = 1$$

3.3.12 ค่าความไม่แน่นอนขยาย (expanded uncertainty), $U(V_{ref})$ ที่ระดับความเชื่อมั่นประมาณ 95% มีหน่วยเป็น ml

$$U(V_{ref}) = k \times u(V_{ref})$$

3.4 ทำการทวนสอบ dispensers ตามมาตรฐาน ISO 8655-10: 2024 โดยการประเมินผลจากค่าความคลาดเคลื่อนเชิงระบบ (η_s) และค่าความคลาดเคลื่อนแบบสุ่ม (CV) ในหน่วย % เปรียบเทียบกับค่าความคลาดเคลื่อนสูงสุดที่ยอมรับได้ (MPE) ตามมาตรฐาน ISO 8655-5: 2022 คือ maximum permissible systematic errors และ maximum permissible random errors ตามลำดับ ซึ่งผลการทวนสอบที่ผ่านเกณฑ์ (pass) ต้องมีค่า η_s และ CV ไม่เกิน MPE ที่กำหนดทั้ง 2 ค่า

3.5 กำหนดค่า CMC รายการ dispensers ของห้องปฏิบัติการสอบเทียบเครื่องมือ สาขาปริมาตร โดยเลือกค่าความไม่แน่นอนขยายที่ระดับความเชื่อมั่นประมาณ 95% ที่มีค่าเล็กที่สุดเพียงค่าเดียว (single value) เพื่อเป็นตัวแทนตลอดพิสัยช่วงการวัดค่า CMC (สำนักงานมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม, 2564) ดังนี้

3.5.1 ค่า CMC ที่ 1-10 มิลลิลิตร เลือกที่จุดสอบเทียบ 1, 5 และ 10 มิลลิลิตร

3.5.2 ค่า CMC ที่ >10-50 มิลลิลิตร เลือกที่จุดสอบเทียบ 25 และ 50 มิลลิลิตร

ผลและวิจารณ์

ผลการสอบเทียบ dispensers ขนาด 1-10 มิลลิลิตร แสดงในตารางที่ 1 และ dispensers ขนาด 5-50 มิลลิลิตร แสดงในตารางที่ 2 ซึ่งประกอบด้วยค่าเฉลี่ยปริมาตรน้ำ (\bar{V}) ค่าความคลาดเคลื่อนเชิงระบบ (e_s) ในหน่วยมิลลิลิตร ค่าความคลาดเคลื่อนเชิงระบบ (η_s) ในหน่วย % และค่าความคลาดเคลื่อนแบบสุ่ม ได้แก่ ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน (S_r) ในหน่วยมิลลิลิตร และค่าสัมประสิทธิ์การแปรผัน (CV) ในหน่วย % โดยผลการสอบเทียบมีค่าเฉลี่ยปริมาตรน้ำ ค่าความคลาดเคลื่อนเชิงระบบ และค่าความคลาดเคลื่อนแบบสุ่มที่แตกต่างกันใน dispensers แต่ละเครื่อง ซึ่งผลการสอบเทียบ DP2 ที่ 1, 5 และ 10 มิลลิลิตร DP3 ที่ 1 มิลลิลิตร และ DP4, DP5 และ DP6 ที่ 5, 25 และ 50 มิลลิลิตร มีค่าเฉลี่ยปริมาตรน้ำใกล้เคียงกับค่าที่ปรับตั้ง ส่งผลให้มีค่าความคลาดเคลื่อนเชิงระบบและค่าความคลาดเคลื่อนแบบสุ่มที่ต่ำ ทำให้ dispensers มีความแม่นยำ และความเที่ยงที่สูง และเมื่อนำผลการสอบเทียบมาทำการทวนสอบตามมาตรฐาน ISO 8655-10: 2024 ตามตารางที่ 1 และ 2 เพื่อยืนยันประสิทธิภาพทำงานของ dispensers ก่อนนำมาใช้งาน พบว่ามีผลการทวนสอบเครื่องมือผ่านเกณฑ์การยอมรับ ส่วน DP1 ที่ 1, 5 และ 10 มิลลิลิตร และ DP3 ที่ 5 และ 10 มิลลิลิตร มีค่าเฉลี่ยปริมาตรน้ำที่ต่ำกว่าค่าที่ปรับตั้ง ส่งผลให้มีค่าความคลาดเคลื่อนเชิงระบบและค่าความคลาดเคลื่อนแบบสุ่มที่สูง และเมื่อทำการทวนสอบพบว่าผลการสอบเทียบของค่า η_s และ CV มีค่าที่สูงกว่า MPE ทำให้ผลการทวนสอบไม่ผ่านเกณฑ์ตามมาตรฐาน ISO 8655-5: 2022 ซึ่งอาจเป็นผลมาจากการเสื่อมสภาพของเครื่องมือจากการอายุการใช้งาน การสึกหรอของลูกสูบ การกัดกร่อนของสารเคมี หรือการตกผลึกของสารละลาย เป็นต้น (ISO, 2024) หรือถ้าตัวเครื่องมีความชำรุดหรือเสียหายในส่วนของท่อดูดของเหลวแบบยืดหดได้ และวาล์ว จะส่งผลให้ปริมาตรน้ำที่ได้น้อย (Eppendorf, 2022) หาก dispensers ได้รับการดูแลบำรุงรักษาอย่างสม่ำเสมอ เช่น การทำความสะอาด จะช่วยเพิ่มประสิทธิภาพการทำงานของ dispensers ได้ โดยหลังจากที่ dispensers ได้รับการปรับตั้งเครื่อง (subsequent adjustment) หรือการเปลี่ยนอะไหล่ที่ชำรุดต้องดำเนินการสอบเทียบเครื่องมือทุกช่วงการใช้งาน และ

ค่าความไม่แน่นอนของการวัดในการสอบเทียบ dispensers ตามมาตรฐาน ISO/TR 20461: 2023 มีแหล่งที่มาหลักของค่าความไม่แน่นอนจาก 3 แหล่ง ได้แก่ 1) กระบวนการกระจายของเหลว (liquid delivery process) ประกอบด้วยค่าความไม่แน่นอนจากความทวนซ้ำได้ ($S_r(V_{ref})$) และความทำซ้ำได้ ($u(\delta V_{rep})$) 2) กระบวนการวัด (measuring system) ประกอบด้วยค่าความไม่แน่นอนจากกระบวนการชั่งน้ำหนัก ($u(m)$) อุณหภูมิ ($u(t)$) ความหนาแน่นของน้ำ ($u(\rho_w)$) ความหนาแน่นของอากาศ ($u(\rho_A)$) ผลกระทบของบ่ออากาศ ($u(\Delta V_{cush})$) และความหนาแน่นของตุ้มน้ำหนัก ($u(\rho_B)$) 3) อุปกรณ์ POVA ประกอบด้วยค่าความไม่แน่นอนจากสัมประสิทธิ์การขยายตัว ($u(\gamma)$) และค่าความละเอียดของ POVA ($u(res)$) จากผลการคำนวณค่าความไม่แน่นอนของวัดในการสอบเทียบ dispensers ขนาด 1-10 มิลลิลิตร ตามตารางที่ 3 และ dispensers ขนาด 5-50 มิลลิลิตร ตามตารางที่ 4 พบว่าค่าความไม่แน่นอนขยาย ($U(V_{ref})$) ที่ระดับความเชื่อมั่นประมาณ 95% ทุกปริมาตรที่สอบเทียบของ DP1, DP2 และ DP3 มีค่าเท่ากับ 0.12 มิลลิลิตร และ DP4, DP5 และ DP6 มีค่าเท่ากับ 0.58 มิลลิลิตร จะเห็นได้ว่าค่าความไม่แน่นอนขยายใน dispensers แต่ละขนาดทุกช่วงปริมาตรจะมีค่าที่เท่ากัน ซึ่งสาเหตุหลักเป็นผลมาจากค่าความไม่แน่นอนของ POVA ในส่วนของค่าความละเอียด ซึ่งเป็นแหล่งค่าความไม่แน่นอนที่เพิ่มขึ้นมาในมาตรฐาน ISO/TR 20461: 2023 ฉบับปัจจุบัน (ณัฐพงศ์, 2566) โดยค่าความไม่แน่นอนมาตรฐานรวม มีค่าความไม่แน่นอนที่มาจากค่าความละเอียดของ POVA มากกว่า 95% ซึ่งถือว่าเป็นแหล่งค่าความไม่แน่นอนหลักที่ส่งผลกระทบต่อค่าความไม่แน่นอนขยาย ในการกำหนดค่า CMC ของห้องปฏิบัติการสอบเทียบเครื่องมือ สาขาปริมาตร จะนำค่าความไม่แน่นอนขยายที่มีค่าเล็กที่สุดของแต่ละปริมาตรมา กำหนดเป็นค่า CMC ดังนี้ dispensers ที่ปริมาตร 1-10 มิลลิลิตร มีค่าเท่ากับ 0.12 มิลลิลิตร และที่ปริมาตร >10-50 มิลลิลิตร มีค่าเท่ากับ 0.58 มิลลิลิตร และเมื่อทำการเปรียบเทียบค่า CMC รายการ dispensers กับห้องปฏิบัติการสอบเทียบที่ได้รับการรับรองระบบคุณภาพ ISO/IEC 17025 จาก สมอ. โดยใช้วิธีการสอบเทียบ ISO 8655-6: 2022 ตามตารางที่ 5 พบว่าห้องปฏิบัติการสอบเทียบอื่นมีค่า CMC ของ dispensers ที่ปริมาตร 1-10 มิลลิลิตร อยู่ในช่วง 0.012-0.059 มิลลิลิตร และที่ปริมาตร >10-50 มิลลิลิตร อยู่ในช่วง 0.076-0.59 มิลลิลิตร ซึ่งจะเห็นได้ว่าค่า CMC ของห้องปฏิบัติการสอบเทียบเครื่องมือ สาขาปริมาตร ที่ปริมาตร >10-50 มิลลิลิตร มีค่า CMC อยู่ในช่วงเดียวกันกับห้องปฏิบัติสอบเทียบอื่น แต่ค่า CMC ที่ปริมาตร 1-10 มิลลิลิตร มีค่าที่สูงกว่าห้องปฏิบัติสอบเทียบอื่น เนื่องจากมีค่าความไม่แน่นอนจากค่าความละเอียดที่สูง ซึ่งไม่อาจลดค่าความไม่แน่นอนนี้ได้ เพราะเป็นแหล่งค่าความไม่แน่นอนที่เกิดจากตัวเครื่องมือเอง ซึ่งสอดคล้องกับ ณัฐพงศ์ (2566) ที่กล่าวว่าหากต้องการลดค่าความไม่แน่นอนจากค่าความละเอียด สามารถทำได้ด้วยการเลือก unit under calibration (UUC) ชนิดปริมาตรคงที่ (fixed volume) ซึ่ง dispensers ชนิดนี้จะไม่มีค่าความละเอียด ส่งผลให้ค่าความไม่แน่นอนจากค่าความละเอียด เป็น 0 ทำให้สามารถลดค่าความไม่แน่นอนขยายและค่า CMC ลงจากเดิมได้มากถึง 90% หรือเลือก UUC ที่มีค่าความละเอียดที่สูงขึ้น เช่น ค่าความละเอียดที่ 0.05 และ 0.1 มิลลิลิตร แทนที่จากเดิมที่มีค่าความละเอียด 0.2 มิลลิลิตร ซึ่งสามารถลดค่าความไม่แน่นอนขยายและค่า CMC ลงได้ประมาณ 70% และ 50% ตามลำดับ

ตารางที่ 5 เปรียบเทียบค่า CMC ของห้องปฏิบัติการสอบเทียบเครื่องมือ สาขาปริมาตร

Calibration laboratory	Range	CMC
Calibration laboratory A	0.2 to 1 ml	0.012 ml
	>1 to 10 ml	0.035 ml
Calibration laboratory B	1 ml	0.058 ml
	> 1 to 10 ml	0.059 ml
Calibration laboratory C	1 to 10 ml	0.059 ml
Volume calibration laboratory, BQCLP	1 to 10 ml	0.12 ml
Calibration laboratory A	>10 to 25 ml	0.076 ml
	>25 to 50 ml	0.15 ml
Calibration laboratory B	>10 to 25 ml	0.12 ml
	>25 to 50 ml	0.30 ml
Calibration laboratory C	>10 to 25 ml	0.58 ml
	>25 to 50 ml	0.59 ml
Volume calibration laboratory, BQCLP	>10 to 50 ml	0.58 ml

สรุปผล

การศึกษากิจการสอบเทียบ dispensers ตามมาตรฐาน ISO 8655-6: 2022 มีผลการสอบเทียบที่รายงานตาม สมอ. กำหนด ในรูปแบบ $y \pm U$ โดย y คือค่าเฉลี่ยปริมาตรน้ำ และ U คือค่าความไม่แน่นอนขยายที่ระดับความเชื่อมั่นประมาณ 95% (สำนักงานมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม, 2564) ซึ่งเรียงตามลำดับตัวอย่างได้ดังนี้

1. ตัวอย่าง DP1, DP2 และ DP3

- ที่ปริมาตร 1 มิลลิลิตร มีค่าเท่ากับ 0.88637 ± 0.12 มิลลิลิตร, 0.97181 ± 0.12 มิลลิลิตร และ 0.97227 ± 0.12 มิลลิลิตร

- ที่ปริมาตร 5 มิลลิลิตร มีค่าเท่ากับ 4.87943 ± 0.12 มิลลิลิตร, 4.98561 ± 0.12 มิลลิลิตร และ 4.62067 ± 0.12 มิลลิลิตร

- ที่ปริมาตร 10 มิลลิลิตร มีค่าเท่ากับ 9.60573 ± 0.12 มิลลิลิตร, 9.97885 ± 0.12 มิลลิลิตร และ 9.90532 ± 0.12 มิลลิลิตร

2. ตัวอย่าง DP4, DP5 และ DP6

- ที่ปริมาตร 5 มิลลิลิตร มีค่าเท่ากับ 5.06329 ± 0.58 มิลลิลิตร, 5.02311 ± 0.58 มิลลิลิตร และ 5.04954 ± 0.58 มิลลิลิตร

- ที่ปริมาตร 25 มิลลิลิตร มีค่าเท่ากับ 24.94762 ± 0.58 มิลลิลิตร, 24.99404 ± 0.58 มิลลิลิตร และ 24.99232 ± 0.58 มิลลิลิตร

- ที่ปริมาตร 50 มิลลิลิตร มีค่าเท่ากับ 49.93639 ± 0.58 มิลลิลิตร, 50.07167 ± 0.58 มิลลิลิตร และ 49.86168 ± 0.58 มิลลิลิตร

ผลการทวนสอบ dispensers ตามมาตรฐาน ISO 8655-10: 2024 มี dispensers ที่ผ่านเกณฑ์การยอมรับและสามารถนำไปใช้งานได้ตามปกติ ได้แก่ DP2, DP3 (เฉพาะที่ปริมาตร 1 มิลลิลิตร), DP4, DP5 และ DP6 และในส่วนของ dispensers ที่ไม่ผ่านเกณฑ์การยอมรับ ได้แก่ DP1 และ DP3 ซึ่งต้องดำเนินการแก้ไข และส่งสอบเทียบทุกช่วงปริมาตรใหม่ เพื่อนำมาทวนสอบประสิทธิภาพก่อนนำกลับมาใช้งาน

จากการศึกษาในห้องปฏิบัติการสอบเทียบเครื่องมือ สาขาปริมาตร มีค่า CMC สำหรับ dispensers ขนาด 1-10 มิลลิลิตร มีค่าเท่ากับ 0.12 มิลลิลิตร และขนาด >10-50 มิลลิลิตร มีค่าเท่ากับ 0.58 มิลลิลิตร ซึ่งการศึกษานี้เป็นการเพิ่มศักยภาพของห้องปฏิบัติการสอบเทียบให้สามารถดำเนินการสอบเทียบ dispensers ให้แก่ห้องปฏิบัติการทดสอบภายใน สตส. ได้ และใช้เป็นข้อมูลอ้างอิงทางวิชาการสำหรับการยื่นขอขยายขอบข่ายการรับรองระบบคุณภาพห้องปฏิบัติการ ISO/IEC 17025 กับ สมอ.

ข้อเสนอแนะ

จากการศึกษาพบว่าค่า CMC ในช่วงปริมาตร 1-10 มิลลิลิตร มีค่าค่อนข้างสูง ซึ่งส่งผลโดยตรงต่อขีดความสามารถในการรายงานผลการสอบเทียบ ทางห้องปฏิบัติการจึงควรพิจารณาแนวทางในการลดค่าความไม่แน่นอนดังกล่าว โดยพิจารณาคัดเลือก unit under calibration (UUC) ที่มีประสิทธิภาพสูงขึ้นไปเพื่อลดแหล่งค่าความไม่แน่นอนจากค่าความละเอียดของ POVA ($u(\text{res})$) เช่น dispensers ชนิดปริมาตรคงที่ ทำให้สามารถลดค่าความไม่แน่นอนขยายและค่า CMC ลงจากเดิมได้มากถึง 90% หรือเลือก UUC ที่มีค่าความละเอียดที่สูงขึ้น เช่น ค่าความละเอียดที่ 0.05 และ 0.1 มิลลิลิตร แทนที่จากเดิมที่มีค่าความละเอียด 0.2 มิลลิลิตร ซึ่งสามารถลดค่าความไม่แน่นอนขยายและค่า CMC ลงได้ประมาณ 70% และ 50% ตามลำดับ

กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบคุณนายสัตวแพทย์จิรภัทร อินทร์สุข ผู้อำนวยการสำนักตรวจสอบคุณภาพสินค้าปศุสัตว์ที่ให้การสนับสนุนในการดำเนินงาน ขอขอบคุณนายชัยวุฒิ วิสุทธิ หัวหน้ากลุ่มพัฒนาระบบคุณภาพห้องปฏิบัติการ และบุคลากรงานสอบเทียบเครื่องมือ สาขาปริมาตร กลุ่มพัฒนาระบบคุณภาพห้องปฏิบัติการ ที่ให้ความช่วยเหลือ สนับสนุนให้การปฏิบัติงานสำเร็จลุล่วงไปด้วยดี

เอกสารอ้างอิง

- ณัฐพงศ์ นิลจรัสวณิช. 2566. การประเมินค่าความไม่แน่นอนของการสอบเทียบ Piston Pipette ตาม ISO/TR 20461: 2023 หัวข้อ resolution. *วารสารสมาคมมาตร.* 27(2): 7-10.
- สำนักงานมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม. 2564. เอกสารวิชาการ เรื่อง ขีดความสามารถของการสอบเทียบและการวัด (Calibration and Measurement Capability : CMC). สำนักงานมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม (TISI) กระทรวงอุตสาหกรรม. กรุงเทพฯ.
- ASTM. 2022. ASTM E542-22, Standard Practice for Gravimetric Calibration of Laboratory Volumetric Instruments. ASTM International. United States.
- ASTM. 2023 . ASTM E1154-23, Standard Specification for Piston or Plunger Operated Volumetric Apparatus and Operator Qualification¹. ASTM International. United States.
- DKD. 2018. Guideline DKD-R 8-2 Calibration of Multiple Delivery Dispensers. First edition. Deutscher Kalibrierdienst, Physikalisch-Technische Bundesanstalt. Germany.
- DKD. 2020. Guideline DKD-R 8-3 Calibration of single stroke dispensers and piston burettes. Third edition. Deutscher Kalibrierdienst, Physikalisch-Technische Bundesanstalt. Germany.
- Eppendorf. 2022. Eppendorf Varispenser[®]2 Varispenser[®]2x Operating Manual. Eppendorf SE. Germany.
- EURAMET. 2025. EURAMET Calibration Guide No. 19 Version 4.1, Guidelines on the Determination of Uncertainty in Gravimetric Volume Calibration. Fifth edition. The European Association of National Metrology Institutes. Germany.
- Fisherscientific. 2017. Operation Manual Bottle Top Dispenser with Re-circulation Valve. Thermo Fisher Scientific Inc. Austria.
- ISO. 1987. ISO 3696, Water for analytical laboratory use - Specification and test methods. First edition. The International Organization for Standardization. Switzerland.
- ISO. 2017. ISO/IEC 17025, General requirements for the competence of testing and calibration laboratories. Third edition. The International Organization for Standardization. Switzerland.
- ISO. 2022a. ISO 8655-1, Piston-operated volumetric apparatus-Part 1: Terminology, general requirements and user recommendations. Second edition. The International Organization for Standardization. Switzerland.
- ISO. 2022b. ISO 8655-5, Piston-operated volumetric apparatus-Part 5: Dispensers. Second edition. The International Organization for Standardization. Switzerland.
- ISO. 2022c. ISO 8655-6, Piston-operated volumetric apparatus-Part 6: Gravimetric reference measurement procedure for the determination of volume. Second edition. The International Organization for Standardization. Switzerland.

- ISO. 2023. ISO/TR 20461, Determination of uncertainty for volume measurements of a piston-operated volumetric apparatus using a gravimetric method. Second edition. The International Organization for Standardization. Switzerland.
- ISO. 2024. ISO 8655-10, Piston-operated volumetric apparatus-Part 10: User guidance, and requirements for competence, training, and POVA suitability. Second edition. The International Organization for Standardization. Switzerland.

ภาคผนวก

ตารางผนวกที่ 1 Coefficient of cubical expansion of materials commonly used in volumetric instruments (ASTM, 2022)

Material	$\text{cm}^3/\text{°C}$
Carbon fiber	0.0000010
Fused silica (quartz)	0.0000016
Stainless steel	0.0000477
Aluminum	0.0000690
Borosilicate glass (Type I, Class A)	0.000010
Borosilicate glass (Type I, Class B)	0.000015
Soda-lime glass	0.000025
Styrene acrylonitrile (SAN)	0.000055
Polystyrene plastic	0.000210
Polypropylene plastic	0.000240
Polymethylpentene (PMP)	0.00036
Perfluoroalkoxy-Copolymer (PFA)	0.00039
Polycarbonate plastic	0.000450