

การประเมินความสามารถของห้องปฏิบัติการของการทดสอบค่าโพลาไรเซชันและค่าสีของน้ำตาลทราย

Evaluating Laboratory Performance on Polarization and Color Tests of Sugar

อัญชนาพร เข้มทอง, ภัคดีพร พรมีฤทธิ์ และรุ่งรติศ สืบเรือง

กองอุตสาหกรรมอ้อย น้ำตาลทรายและอุตสาหกรรมต่อเนื่อง สำนักงานคณะกรรมการอ้อยและน้ำตาลทราย
กระทรวงอุตสาหกรรม ถนนพระรามที่ 6 แขวงทุ่งพญาไท เขตราชเทวี กรุงเทพมหานคร 10400

ตรีเนตร ยิ่งสัมพันธ์เจริญ

ภาควิชาเทคโนโลยีวิศวกรรมเครื่องกล วิทยาลัยเทคโนโลยีอุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ
ถนนประชาราษฎร์ 1 แขวงวงศ์สว่าง เขตบางซื่อ กรุงเทพมหานคร 10800

นครินทร์ ศรีสุวรรณ

ฝ่ายเทคโนโลยีการกัดกร่อน สถาบันนวัตกรรมเทคโนโลยีไทย-ฝรั่งเศส มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ
ถนนพิบูลสงคราม แขวงวงศ์สว่าง เขตบางซื่อ กรุงเทพมหานคร 10800

ครรชิต จุดประสงค์*

สถาบันโภชนาการ มหาวิทยาลัยมหิดล
ถนนพุทธมณฑลสาย 4 ตำบลศาลายา อำเภอพุทธมณฑล จังหวัดนครปฐม 73170

Unchanaporn Kemthong, Phukdeeporn Pornmeerid and Rungradis Suabreung

Division of Sugarcane Industry, Sugar and Related Industry, Office of Cane and Sugar Board,
Ministry of Industry, Rama 6 Road, Thung Phaya Thai, Ratchathewi, Bangkok 10400

Trinet Yingsumphanhareun

Department of Welding Engineering, Technology Industrial Technology College, King Mongkut's
University of Technology North Bangkok, Pracharat 1 Road, Wongsawang, Bang Sue, Bangkok 10800

Nakarin Srisuwan

Department of Corrosion Technology, Thai-French Institute of Technology Innovation, King Mongkut's
University of Technology North Bangkok, Phibulsongkram Road, Wongsawang, Bang Sue, Bangkok 10800

Kunchit Judprasong*

Institute of Nutrition, Mahidol University,
Phutthamonthon Sai 4 Road, Salaya, Phutthamonthon, Nakhon Pathom 73170

บทคัดย่อ

การควบคุมคุณภาพการทดสอบน้ำตาลทรายของห้องปฏิบัติการแต่ละแห่งทำให้เกิดความเชื่อมั่นในผลการทดสอบว่ามีความน่าเชื่อถือเป็นไปตามที่กำหนดและเพื่อยืนยันคุณภาพที่ดีของผลทดสอบ สำนักงานคณะกรรมการอ้อยและน้ำตาลทราย ดำเนินงานตามพระราชบัญญัติระเบียบบริหารราชการแผ่นดิน โดยเน้นการสร้างความเป็นธรรมและรักษาผลประโยชน์ของอุตสาหกรรมอ้อย น้ำตาลทราย และผู้บริโภค กระบวนการผลิตน้ำตาลทรายของโรงงานน้ำตาลนั้นต้องใช้ผลการทดสอบค่าโพลาไรเซชันและค่าสีของน้ำตาลทรายมาเป็นตัวกำหนดชนิดของน้ำตาลทราย เพื่อผลิตน้ำตาลทรายให้ได้คุณภาพตามที่ถูกค้าภายในประเทศและต่างประเทศต้องการ ซึ่งการเปรียบเทียบความสามารถระหว่างห้องปฏิบัติการที่ทดสอบน้ำตาลทรายจึงมีความสำคัญเป็นอย่างยิ่งในการบ่งชี้ผลการทดสอบต่าง ๆ การศึกษานี้จึงมีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาความสามารถของห้องปฏิบัติการของการทดสอบค่าโพลาไรเซชันและค่าสีของน้ำตาลทราย โดยตัวอย่างทดสอบที่ใช้ คือ น้ำตาลทรายชนิดทรายขาวบริสุทธิ์ที่ผ่านเกณฑ์การทดสอบความเป็นเนื้อเดียวกันและความคงตัว ส่งให้ห้องปฏิบัติการที่เข้าร่วมกิจกรรม 69 แห่ง เพื่อทดสอบค่าโพลาไรเซชันและค่าสีของน้ำตาลทรายและรายงานผลกลับมายังผู้จัดโปรแกรม โดยมีการประเมินความสามารถของการทดสอบค่าโพลาไรเซชันและค่าสีด้วยวิธีทางสถิติที่ใช้คะแนน z score เป็นเกณฑ์ของการตัดสิน ผลการศึกษาพบว่าห้องปฏิบัติการต่าง ๆ มีความสามารถในการทดสอบที่ดี ($|z \text{ score}| \leq 2$) ทั้งการทดสอบค่าโพลาไรเซชันและการทดสอบค่าสีของน้ำตาลทราย จำนวน 64 จาก 65 ห้องปฏิบัติการ (คิดเป็นร้อยละ 98.5) ข้อมูลที่ได้จากการศึกษานี้แสดงให้เห็นว่าห้องปฏิบัติการที่รับผิดชอบของการทดสอบค่าโพลาไรเซชันและค่าสีของน้ำตาลทรายของประเทศไทยทั้งภาครัฐและเอกชนมีความสามารถในการทดสอบดีมาก การศึกษานี้จึงทำให้เกิดความน่าเชื่อถือของข้อมูลของการทดสอบคุณภาพน้ำตาลทราย เกิดความเชื่อมั่นทั้งของภาคอุตสาหกรรมอ้อย น้ำตาลทราย และผู้บริโภค

คำสำคัญ : การประเมินความสามารถของห้องปฏิบัติการ; ค่าโพลาไรเซชัน; ค่าสีของน้ำตาลทราย

Abstract

The quality control system for sugar testing by analytical laboratories provides reliable test results according to the standard method and indicates good quality of results. The Office of Cane and Sugar Board mandated the act of government administration regulations, focusing on fairness and maintaining benefits for the cane industry, sugar industry, and consumer. Analytical testing of polarization and color of sugar is needed to identify the quality of refined sugar for both national and international customers. Testing of polarization and color of sugar between laboratories plays a significant role in the comparison of reliability of test results. This study, therefore, aims to evaluate laboratory performance on testing of polarization and color of sugar. For laboratory performance, refined sugar that had passed homogeneity and stability tests was used as the test material. Participating 69 laboratories were requested to analyze polarization and color of refined sugar. Laboratory analytical performance was statistically evaluated using the robust z score. Laboratory performance ($|z \text{ score}| \leq 2$) was found satisfactory for analyses of both polarization and

color (64 out of 65 laboratories, 98.5 %). The findings demonstrate good performance of laboratories that conduct polarization and color tests of refined sugar from both government and private companies, providing reliable quality of sugar. Output from this study could indicate a reliable quality testing of refined sugar and provide a confidence for cane industry, sugar industry, and consumer.

Keywords: evaluating laboratory performance; polarization; color of sugar

1. บทนำ

สำนักงานคณะกรรมการอ้อยและน้ำตาลทราย (Office of Cane and Sugar Board) มีความตระหนักของเรื่องของคุณภาพของผลผลิตของผลการทดสอบคุณภาพน้ำตาลทราย โดยเฉพาะค่าโพลาไรเซชันและค่าสีของน้ำตาลทรายเพื่อแสดงถึงชนิดและคุณภาพของน้ำตาลทรายที่ผลิต ซึ่งต้องดำเนินการเป็นไปตามราชกิจจานุเบกษา [1] ประกาศคณะกรรมการอ้อยและน้ำตาลทราย เรื่อง กำหนดชนิดและคุณภาพน้ำตาลทรายที่ให้โรงงานผลิต พ.ศ. 2559 [2] เป็นอย่างมาก สำนักงานฯ จึงดำเนินการประเมินความสามารถของห้องปฏิบัติการ (proficiency testing, PT) ในการทดสอบคุณภาพน้ำตาลทราย (การทดสอบค่าโพลาไรเซชันและค่าสีของน้ำตาลทราย) สำนักงานฯ เป็นหน่วยงานรับผิดชอบหลักของการดำเนินการทดสอบความชำนาญของด้านนี้ของประเทศไทย ซึ่งที่ผ่านมาได้ดำเนินการเป็นประจำปีละ 2 ครั้ง โดยช่วงปี พ.ศ. 2553-2561 มีการดำเนินการประเมินความสามารถของห้องปฏิบัติการไปแล้วทั้งหมด 15 ครั้ง [3-6] โดยมีผู้เข้าร่วมเพิ่มขึ้นของทุกระยะ ตัวอย่าง เช่น ในปี พ.ศ. 2553/2554 (PT-15) มีผู้เข้าร่วมเพียง 57 แห่ง [5] การดำเนินงานในปี พ.ศ. 2556/2557 (PT-22) เพิ่มขึ้นเป็น 61 แห่ง [6] และปี พ.ศ. 2561 (PT-R2) เพิ่มขึ้นเป็น 69 แห่ง [4] จากการทำงานที่ผ่านมาพบว่าบางห้องปฏิบัติการมีการใช้วิธีทดสอบที่เป็นวิธีมาตรฐานและวิธีที่ห้องปฏิบัติการดัดแปลงวิธีขึ้นเอง ซึ่งอาจจะมีผลต่อผลทดสอบและผล

การประเมิน

ตามราชกิจจานุเบกษา ประกาศคณะกรรมการอ้อยและน้ำตาลทราย [2] กำหนดให้โรงงานต้องผลิตน้ำตาลทรายให้มีคุณภาพขณะผลิตดังต่อไปนี้ คือ

1.1 น้ำตาลทรายขาวบริสุทธิ์ ต้องมีโพลาไรเซชันไม่น้อยกว่า 99.80 °z และค่าสี 0-45 ICUMSA ที่ความยาวคลื่น 420 nm

1.2 น้ำตาลทรายขาว

1.2.1 เกรด 1 ต้องมีโพลาไรเซชันไม่น้อยกว่า 99.50 °z และค่าสี 46-200 ICUMSA ที่ความยาวคลื่น 420 nm

1.2.2 เกรด 2 ต้องมีโพลาไรเซชันไม่น้อยกว่า 99.50 °z และค่าสี 201-400 ICUMSA ที่ความยาวคลื่น 420 nm

1.2.3 เกรด 3 ต้องมีโพลาไรเซชันไม่น้อยกว่า 99.00 °z และค่าสี 401-1,000 ICUMSA ที่ความยาวคลื่น 420 nm

การประเมินความถูกต้องของการนำข้อมูลไปผลิตน้ำตาลทรายและจัดจำหน่ายน้ำตาลทรายให้ผู้บริโภคทั้งในและต่างประเทศอย่างมีคุณภาพนั้น จำเป็นต้องมีผลการทดสอบที่น่าเชื่อถือและได้มาตรฐานที่ได้จากแต่ละห้องปฏิบัติการ ดังนั้น การศึกษานี้จึงมีวัตถุประสงค์เพื่อประเมินความสามารถของห้องปฏิบัติการ สำหรับการทดสอบคุณภาพน้ำตาลทราย ของรายการทดสอบค่าโพลาไรเซชันและค่าสีตามราชกิจจานุเบกษา ประกาศคณะกรรมการอ้อย

และน้ำตาลทราย [2] โดยใช้ตัวอย่างน้ำตาลทรายขาวบริสุทธิ์ (refined sugar) เป็นตัวอย่างทดสอบเพื่อประเมินความสามารถของห้องปฏิบัติการ

2. วัสดุอุปกรณ์และวิธีการวิจัย

2.1 ตัวอย่างทดสอบและการเตรียมตัวอย่าง

การศึกษาครั้งนี้เลือกใช้ตัวอย่างน้ำตาลทรายขาวบริสุทธิ์ (refined sugar) เป็นตัวแทนของการศึกษา เนื่องจากเป็นตัวอย่างที่มีค่าโพลาริเซชัน ไม่น้อยกว่า 99.80 °z และค่าสี 0-45 ICUMSA ที่ความยาวคลื่น 420 nm [2] เป็นน้ำตาลทรายชนิดหนึ่งที่ถูกบังคับให้ได้คุณภาพดังกล่าวขณะผลิต เมื่อพิจารณาจากฐานข้อมูลองค์ประกอบทางเคมีของน้ำตาลซูโครส (sucrose) หรือที่มีชื่อสามัญว่าน้ำตาลทราย (table sugar) ซึ่งประกอบด้วยน้ำตาลกลูโคสและฟรุคโตสเชื่อมต่อกัน ตัวอย่างทดสอบนี้เป็นผลิตภัณฑ์หนึ่งที่ได้จากโรงงานน้ำตาลของประเทศไทย ซึ่งเลือกตัวอย่างทดสอบที่มาจากการผลิตของชุดเดียวกัน โดยผู้จัดโปรแกรมฯ ได้กำหนดช่วงการวัดค่าโพลาริเซชัน ค่าสี และวันเดือนปีที่ผลิตของช่วงที่ดำเนินกิจกรรม ซึ่งทางโรงงานน้ำตาลได้อนุเคราะห์ผลิตตัวอย่างน้ำตาลทรายทดสอบได้ตามที่ได้กำหนดไว้ ตัวอย่างที่จัดส่งมานั้นบรรจุถุงพลาสติก 1 ชั้น และกระสอบพลาสติกสานอีก 1 ชั้น โดยเย็บปากกระสอบอย่างแน่นหนาปิด

เตรียมตัวอย่างโดยนำตัวอย่างทั้งหมด 100 กิโลกรัม มาทยอยร่อนด้วยเครื่องร่อนไฟฟ้า ผ่านตะแกรงขนาดที่ต้องการผ่าน sieve mesh No. 40, 30 และ 18 (ขนาด 0.400, 0.595 และ 1.000 มิลลิเมตร ตามลำดับ) เมื่อผ่านการร่อนแล้วตัวอย่างมีขนาดเกล็ดที่สม่ำเสมอ (ร่อนผ่านตะแกรงขนาด 0.595 มิลลิเมตร) ตัวอย่างที่ผ่านการร่อนแล้วนำมาผสมให้เข้ากันอีกครั้งโดยใช้เครื่องผสม วิธีผสม คือ นำตัวอย่างทั้งหมดใส่เครื่องผสมปริมาณไม่เกิน ¼ ของถัง เปิด

เครื่องตั้งเวลาให้เครื่องหมุนไปข้างหน้า 15 นาที และหมุนไปข้างหลัง 15 นาที จากนั้นปล่อยตัวอย่างออกจากถังผสมใส่ถุงพลาสติกชนิดซีลล๊อค ขนาดบรรจุประมาณ 4.5 กิโลกรัม จำนวน 5 ถุง ปิดให้สนิท นำตัวอย่างแต่ละถุงมาแบ่งบรรจุขวดขนาด 200 กรัม ปิดฝาให้แน่นสนิท ติดฉลากที่มีรายละเอียดดังนี้ คือ โลโก้หน่วยงาน วันเดือนปีที่เตรียมตัวอย่าง ชื่อหน่วยงานผู้จัดโปรแกรมฯ ปี พ.ศ. ครั้งที่จัดโปรแกรมฯ หมายเลขโทรศัพท์ติดต่อผู้จัดโปรแกรมฯ และหมายเลขตัวอย่างสุ่มตัวอย่างเพื่อศึกษาความเป็นเนื้อเดียวกัน (homogeneity) จำนวน 10 ชุด ศึกษาความคงตัว (transport stability) จำนวน 5 ชุด และศึกษาความคงตัวเมื่อสิ้นสุดการศึกษา (stability at the end of study) จำนวน 5 ชุด ตัวอย่างสำหรับส่งให้แต่ละห้องปฏิบัติการนั้น ให้ทดสอบ 2 รายการ คือ ค่าโพลาริเซชันและค่าสีของตัวอย่างในขวดเดียวกัน หลังเสร็จสิ้นกิจกรรม ตัวอย่างที่เหลือแจกจ่ายให้ห้องปฏิบัติการผู้ร้องขอเพื่อใช้ประโยชน์ของห้องปฏิบัติการ หรือทำลายด้วยวิธีธรรมชาติเพราะน้ำตาลทรายจัดเป็นอาหารที่ไม่มีอันตราย ตัวอย่างนี้ใช้เป็นตัวอย่างทดสอบของการประเมินความสามารถทดสอบค่าโพลาริเซชันและค่าสีตามประกาศคณะกรรมการอ้อยและน้ำตาลทราย เรื่อง กำหนดชนิดและคุณภาพน้ำตาลทรายที่ให้โรงงานผลิต พ.ศ. 2559 [2]

2.2 การทดสอบความเป็นเนื้อเดียวกัน (homogeneity study) ของค่าโพลาริเซชันและค่าสีของตัวอย่างทดสอบ

ตัวอย่างทดสอบน้ำตาลทรายขาวบริสุทธิ์เตรียมโดยบุคลากรผู้จัดโปรแกรมฯ การทดสอบความเป็นเนื้อเดียวกันของตัวอย่างโดยสุ่มตัวอย่างทดสอบน้ำตาลทรายขาวบริสุทธิ์แบบมีชั้นภูมิ (stratified sampling) [7] จำนวน 10 ชุด จากตัวอย่างชุดที่เตรียมทั้งหมด ส่งให้ผู้รับเหมาช่วง [8] ทดสอบค่าโพลาริเซชันและค่าสี

ไรเซชันและค่าสีของน้ำตาลทรายขาวบริสุทธิ์ที่เป็นตัวแทนของชุดตัวอย่างด้วยวิธีมาตรฐานโดยค่าโพลาไรเซชันทดสอบด้วยวิธี ICUMSA Method GS2/3-1 (2011) [9] ค่าสีทดสอบด้วยวิธี ICUMSA Method GS2/3-10 (2011*) [10] ของการทดสอบค่าโพลาไรเซชันและค่าสี ทดสอบตัวอย่างละ 2 ซ้ำ โดยผู้รับเหมาช่วง ห้องปฏิบัติการทดสอบ ศูนย์ส่งเสริมอุตสาหกรรม อ้อยและน้ำตาลทราย ภาคที่ 2 ฝ่ายส่งเสริมด้านน้ำตาลทรายและอุตสาหกรรมต่อเนื่อง สำนักงานคณะกรรมการอ้อยและน้ำตาลทราย จังหวัดกำแพงเพชร หมายเลขการรับรองที่ 0241 ได้รับการรับรองความสามารถห้องปฏิบัติการทดสอบตามมาตรฐานเลขที่ มอก.17025-2548 (ISO/IEC 17025: 2005) สาขาการทดสอบน้ำตาลทรายขาวบริสุทธิ์ (refined sugar) ของขบข่อยทดสอบค่าโพลาไรเซชัน 95.00-100.00°z วิธีทดสอบ ICUMSA Method GS2/3-1 (2011) และค่าสีไม่เกิน 50 ICUMSA วิธีทดสอบ ICUMSA Method GS2/3-10 (2011*) [10] นำผลการทดสอบที่ได้ทั้งหมดนำไปประเมินผลทางสถิติ

2.3 การทดสอบความคงตัว (stability study) ของตัวอย่างทดสอบ

โดยสุ่มตัวอย่างทดสอบ refined sugar แบบมีชั้นภูมิ (stratified sampling) [7] จำนวน 5 ขวด (จากชุดตัวอย่างทั้งหมด) เพื่อศึกษาความคงตัวของ การขนส่ง (transport stability) โดยการส่งตัวอย่างไปยังผู้รับเหมาช่วง [8] แล้วเก็บตัวอย่างไว้ที่อุณหภูมิห้องอีก 7 วัน และสุ่มตัวอย่างทดสอบอีกจำนวน 5 ขวด เพื่อศึกษาความคงตัวหลังจากจบการศึกษา (end of study) นำผลการทดสอบจากผู้รับเหมาช่วง [8] มาประเมินผลทางสถิติเพื่อดูความคงตัวของค่าโพลาไรเซชันและค่าสีของตัวอย่างทดสอบ

2.4 การส่งตัวอย่างให้กับห้องปฏิบัติการต่างๆ

2.4.1 ห้องปฏิบัติการที่เข้าร่วมกิจกรรม

ก่อนดำเนินกิจกรรม ผู้จัดโปรแกรมฯ ส่งแบบสมัครเข้าร่วมโปรแกรมทดสอบความชำนาญห้องปฏิบัติการ และแผนกิจกรรมทดสอบความชำนาญห้องปฏิบัติการ ประจำปีงบประมาณ 2562 ครั้งที่ 2 โดยได้รับการยืนยันจากห้องปฏิบัติการของการเข้าร่วมการทดสอบของครั้งนี้ (PT-2561 ครั้งที่ 2) จำนวน 69 แห่ง

2.4.2 การส่งตัวอย่างและเอกสาร

ส่งตัวอย่างขนาด 200 กรัม จำนวน 1 ขวด ที่เตรียมของข้อ 2.2.1 ให้กับห้องปฏิบัติการที่เข้าร่วมกิจกรรมทางไปรษณีย์ด่วนพิเศษ (EMS) พร้อมทั้งเอกสารต่าง ๆ ได้แก่ เอกสารแนะนำโปรแกรมการทดสอบความชำนาญห้องปฏิบัติการ แบบบันทึกการตอบรับตัวอย่าง แบบรายงานผลการทดสอบ และแบบประเมินความพึงพอใจ สำหรับแบบรายงานผลการทดสอบ และเอกสารเรื่องวิธีการทดสอบที่ใช้ของแต่ละห้องปฏิบัติการ กำหนดให้ส่งกลับทางจดหมายอิเล็กทรอนิกส์ (E-mail)

2.4.3 การรายงานค่าโพลาไรเซชันและค่าสี

ตัวอย่างทดสอบน้ำตาลทรายขาวบริสุทธิ์นี้กำหนดให้ห้องปฏิบัติการที่เข้าร่วมกิจกรรมทดสอบตัวอย่างละ 2 ซ้ำ และรายงานค่าของผลการทดสอบเพียงค่าเฉลี่ยเพียงค่าเดียว ลงแบบฟอร์มแบบรายงานผลการทดสอบ ซึ่งมีการระบุหน่วยไว้ให้แล้ว พร้อมทั้งค่าความไม่แน่นอนที่ระดับความเชื่อมั่น 95 % (กรณีถ้าสามารถรายงานค่า) และหากห้องปฏิบัติการใช้วิธีที่ดัดแปลงจากวิธีมาตรฐานให้รายงานวิธีที่ใช้ทดสอบ (อย่างย่อ) ด้วย

2.4.4 วิธีทดสอบ

ผู้จัดโปรแกรมขอให้ห้องปฏิบัติการที่เข้าร่วมกิจกรรมใช้วิธีทดสอบที่ห้องปฏิบัติการเลือกหรือวิธีที่ใช้อยู่เป็นประจำ (routine Method) โดยห้องปฏิบัติการส่วนใหญ่ใช้วิธีทดสอบมาตรฐาน คือ ค่า

โพลาริเซชันของน้ำตาลทรายขาวบริสุทธิ์ใช้วิธี ICUMSA Method GS2/3-1 (2011) [9] ซึ่งเป็นวิธีวัดการหมุนระนาบแสง (optical rotation) ของสารละลายน้ำตาลทรายขาวและน้ำตาลทรายขาวบริสุทธิ์เปรียบเทียบกับการหมุนระนาบแสงของสารละลายซูโครสบริสุทธิ์ ส่วนวิธีทดสอบค่าสีในน้ำตาลทรายขาวบริสุทธิ์ (ค่าสีไม่เกิน 50 IU) คือ ICUMSA Method GS2/3-10 (2011*) [10] ซึ่งเป็นการวิเคราะห์ค่าสีของน้ำตาลทรายขาวบริสุทธิ์ที่อยู่ในรูปผลึกหรือเป็นผง โดยทำเป็นสารละลายน้ำตาลก่อนการทดสอบ

2.5 การประเมินความสามารถของห้องปฏิบัติการ (evaluating laboratory performance study)

การประเมินความสามารถของห้องปฏิบัติการสำหรับรายการทดสอบค่าโพลาริเซชันและค่าสีของน้ำตาลทรายขาวบริสุทธิ์ที่แจกจ่ายให้ห้องปฏิบัติการนำไปทดสอบนั้น ได้ดำเนินการตามมาตรฐานสากลของ ISO/IEC 17043 [12] และ ISO 13528 [11]

2.6 การประเมินผลทางสถิติ (statistical evaluation)

2.6.1 การศึกษาความเป็นเนื้อเดียวกันของตัวอย่างทดสอบ (within-sample variation)

ประเมินความเป็นเนื้อเดียวกันของตัวอย่างน้ำตาลทรายขาวบริสุทธิ์จากข้อมูลที่ได้จากการทดสอบค่าโพลาริเซชันและค่าสีของตัวอย่าง 2 ซ้ำ โดยใช้ Cochran's maximum range test [11] สำหรับการประเมินความแปรปรวนที่เกิดจากตัวอย่างภายในชุดเดียวกัน (within-sample variation) ซึ่งเป็นการประเมินความสามารถของผู้ทดสอบ หากอัตราส่วนระหว่างค่าสูงสุดของความต่างที่เกิดจากการทำซ้ำเปรียบเทียบกับผลรวมของความต่างทั้งหมดน้อยกว่าค่าที่ได้จากตาราง Cochran's critical value

(เช่นเมื่อมีข้อมูล 10 ชุด ชุดละ 2 ซ้ำ Cochran's critical value มีค่า = 0.602) แสดงว่าผู้ทดสอบตัวอย่างสำหรับการศึกษาความเป็นเนื้อเดียวกันมีความเที่ยง (good precision)

2.6.2 การศึกษาความเป็นเนื้อเดียวกันระหว่างตัวอย่างทดสอบ (between-sample variation)

ประเมินความเป็นเนื้อเดียวกันระหว่างตัวอย่างทดสอบ ใช้สถิติตามที่กำหนดไว้ของ ISO 13528: 2015 (11) ของสองรูปแบบ สำหรับแบบที่ 1 คือ

$$s_s \leq 0.3\sigma_{pt} \quad (1)$$

โดยที่ S_s = between-samples standard deviation (due to sampling); σ_{pt} = standard deviation for proficiency assessment

ถ้าหากผ่านเกณฑ์การยอมรับนี้แสดงว่าวัตถุทดสอบมีความเป็นเนื้อเดียวกัน (adequately homogeneous) แต่ถ้าหากไม่ผ่านเกณฑ์นี้ ISO 13528: 2015 [11] ได้กำหนดการขยายเกณฑ์การยอมรับ (expand criterion) เพื่อขยายค่าความผิดพลาดจากการสุ่ม หรือค่าการทำซ้ำของการทดสอบความเป็นเนื้อเดียวกันให้มากขึ้น โดยการพิจารณาจากสถิติดังสมการต่อไปนี้ สำหรับแบบที่ 2 คือ

(1) คำนวณค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานที่อนุญาตให้ใช้ได้ (σ_{allow}) ด้วยสมการ $\sigma_{allow}^2 = (0.3\sigma_{pt})^2$

(2) คำนวณหาค่าเกณฑ์การยอมรับแบบขยาย (c) ด้วยสมการ $c = F_1 \sigma_{allow}^2 + F_2 S_w^2$ โดย S_w คือ ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานภายในชุดตัวอย่างเดียวกันของตัวอย่าง (within-sample standard deviation)

F_1 และ F_2 เป็นค่าคงที่ ซึ่งดูจากจำนวนชุดตัวอย่างที่ทดสอบความเป็นเนื้อเดียวกัน โดย

ทดสอบ 2 ซ้ำ ซึ่งของกรณีที่ทดสอบ 10 ตัวอย่าง ค่า F_1 และ F_2 คือ 1.88 และ 1.01 ตามลำดับ เกณฑ์การยอมรับพิจารณาจากการประเมินค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานระหว่างชุดตัวอย่าง (between - sample standard deviation, S_b) เปรียบเทียบกับเกณฑ์ยอมรับที่ขยาย (\sqrt{C}) โดย $S_b \leq \sqrt{C}$ แสดงว่าตัวอย่างทดสอบนั้น ๆ มีความเป็นเนื้อเดียวกันที่เพียงพอ (sufficiently homogeneous) นั่นคือ แสดงว่าความแปรปรวนระหว่างบรรทัดตัวอย่าง จะไม่มีผลกระทบต่อประเมินความสามารถของห้องปฏิบัติการเช่นเดียวกัน

2.6.3 การศึกษาความคงตัวของค่าโพลาริเซชันและค่าสีของตัวอย่างทดสอบ

ประเมินความคงตัวของค่าโพลาริเซชันและค่าสีของตัวอย่างทดสอบจากผลการทดสอบค่าโพลาริเซชันและค่าสี จากตัวอย่างทดสอบ 5 ชุด ชุดละ 2 ซ้ำ โดยการใช้สถิติการทดสอบความเป็นเนื้อเดียวกันที่ระบุของ ISO 13528: 2015 [11] ด้วยการเปรียบเทียบค่าที่ได้จากการทดสอบค่าโพลาริเซชันของช่วงเวลาที่เกิดขึ้นที่อุณหภูมิห้องหลังจากทดสอบความเป็นเนื้อเดียวกัน 7, 15 วัน และเมื่อจบการศึกษา เปรียบเทียบกับค่าทดสอบที่ได้จากการศึกษาความเป็นเนื้อเดียวกัน ณ วันที่เริ่มต้นศึกษา ดังสมการที่ 2

$$|\bar{y}_1 - \bar{y}_2| \leq 0.3\sigma_{pr} \quad (2)$$

โดยที่ \bar{y}_1 = ค่าเฉลี่ยที่ได้จากการทดสอบ homogeneity; \bar{y}_2 = ค่าเฉลี่ยที่ได้จากการทดสอบ stability ณ เวลาที่ศึกษา

2.6.4 การหาค่ากำหนด (determination of assigned value)

(1) ค่ากำหนด (x_{pt}) ของการศึกษานี้ใช้ค่าพ้องกลุ่มจากผู้เข้าร่วม โดยใช้สถิติ robust statistic เพื่อหลีกเลี่ยงอิทธิพลของ outlier ที่คำนวณด้วยวิธี algorithm A วิธีการตาม ISO 13528: 2015 [11] นำผลการทดสอบค่าโพลาริเซชันและค่าสีของตัวอย่าง

ทดสอบที่ได้มาจากห้องปฏิบัติการมาเข้ากระบวนการหาค่า assigned value โดยเริ่มจากการไม่นำค่าที่เกิดจากความผิดพลาดต่าง ๆ ได้แก่ การระบุเทคนิคที่ผิดตำแหน่ง การรายงานหน่วยผิดพลาด เป็นต้น มาใช้ของการกำหนดค่า assigned value จากนั้นเรียงค่าที่ทดสอบได้จากแต่ละห้องปฏิบัติการจากน้อยไปหามาก แล้วใช้กระบวนการทางสถิติที่กำหนดของ algorithm A หลายขั้นตอน ซึ่งแต่ละขั้นตอนมีการกำหนดค่าความแปรปรวนที่ยอมรับ หากมีค่าทดสอบที่มากหรือน้อยซึ่งอยู่นอกเกณฑ์ที่ยอมรับจะมีกระบวนการให้ค่าที่ปรับปรุงใหม่ แล้วทำซ้ำต่อไปเรื่อย ๆ จนกระทั่งได้ค่า mean และค่า standard deviation ที่คงที่หรือมีการเปลี่ยนแปลงน้อยมาก ๆ ค่า mean และ standard deviation ที่ได้กำหนดเป็นค่า robust mean (x^*) \pm robust SD (s^*) สำหรับการประเมินผลการทดสอบของห้องปฏิบัติการที่เข้าร่วมโครงการต่อไป นอกจากนี้ยังคำนวณค่า standard uncertainty ของค่ากำหนดจากสูตร $u_{(x_{pt})} = 1.25 s^*/\sqrt{p}$ โดย p หมายถึงจำนวนของห้องปฏิบัติการทั้งหมด

(2) การหาค่า standard deviation for PT (σ_{pt}) ของการศึกษานี้ใช้ค่าที่ได้จากผลการทดสอบก่อนหน้านี (previous study) ค่าโพลาริเซชันที่ได้จากผลการทดสอบผู้เข้าร่วมที่เข้าร่วมทดสอบความชำนาญทดสอบค่าโพลาริเซชัน ย้อนหลัง 10 รอบ และค่าสีจากผู้เข้าร่วมทดสอบความชำนาญทดสอบค่าสี ≥ 50 IU ย้อนหลัง 9 รอบ โดยให้นำข้อมูลของผู้เข้าร่วมเฉพาะที่ได้ค่า z score ที่ผ่านเกณฑ์ ($|z \text{ score}| \leq 2$) เท่านั้น นำมาหาค่า RSD ด้วยวิธี RSD_{pooled} และ algorithm S ตามวิธีของ ISO 13528: 2015 ซึ่งค่า target RSD (RSD_{pt}) ที่ได้สำหรับค่าโพลาริเซชันและค่าสี คือ 0.018 และ 9.8 % ตามลำดับ

2.6.5 การประเมินความสามารถห้องปฏิบัติการของการทดสอบค่าโพลาริเซชันและค่าสี

ประเมินความสามารถทดสอบระหว่างห้องปฏิบัติการ (between-laboratory performance) โดยการใช้สถิติ robust z score (ของกรณีที่ใช้ค่า standard uncertainty ($u_{(x_{pt})}$) มีค่า $\leq 0.3 \sigma_{pt}$) ดังแสดงของสมการที่ 3 ด้วยการใช้ค่าที่ห้องปฏิบัติการต่าง ๆ รายงานผลมาเปรียบเทียบกับค่ากำหนดที่กำหนดไว้ของข้อ 2.6.4

$$z \text{ score} = \frac{(x - x_{pt})}{\sigma_{pt}} \quad (3)$$

2.6.6 การแปรผลการศึกษาความสามารถห้องปฏิบัติการ

ค่าของ absolute z score ที่น้อยกว่าหรือเท่ากับ 2 ($|z \text{ score}| \leq 2$) หมายถึงความสามารถห้องปฏิบัติการได้ผลการประเมินเป็นที่น่าพอใจ (satisfactory result) ค่าของ absolute z score ที่มากกว่า 2 แต่ น้อยกว่า 3 ($2 < |z \text{ score}| < 3$) หมายถึงผลการทดสอบเป็นที่น่าสงสัย (questionable result) ค่าของ absolute z score ที่มากกว่าหรือเท่ากับ 3 ($|z \text{ score}| \geq 3$) หมายถึงผลการทดสอบไม่เป็นที่น่าพอใจ (unsatisfactory result)

3. ผลการศึกษาและวิจารณ์

3.1 การทดสอบความเป็นเนื้อเดียวกันของตัวอย่างทดสอบ

3.1.1 การประเมินความแปรปรวนของค่าโพลาริเซชันและค่าสีภายในชุดตัวอย่างเดียวกัน (within-sample variation) โดยใช้สถิติ Cochran's maximum range test [11] พบว่าการทดสอบค่าโพลาริเซชัน มีค่าสัดส่วนของค่าสูงสุดของความต่างที่เกิดจากการทำซ้ำ (maximum range) เมื่อเปรียบเทียบกับผลรวมของความต่างทั้งหมด (sum of the range) น้อยกว่าค่า Cochran's critical value ที่ระดับความเชื่อมั่น 95 % (ไม่แสดงผล) แสดงว่าตัวอย่างที่ศึกษาไม่มีความแปรปรวนของค่าโพลาริ

เซชันที่ทดสอบทั้งหมดของชุดตัวอย่างเดียวกัน หรืออีกนัยหนึ่ง คือ ผู้ที่ทดสอบตัวอย่างสำหรับการศึกษาความเป็นเนื้อเดียวกันมีความเที่ยงของการทดสอบ (good precision) ส่วนค่าสีมีค่าสัดส่วนของค่าสูงสุดของความต่างที่เกิดจากการทำซ้ำ (maximum range) เมื่อเปรียบเทียบกับผลรวมของความต่างทั้งหมด (sum of the range) น้อยกว่าค่า Cochran's critical value ที่ระดับความเชื่อมั่น 99% (ไม่แสดงผล) ความแปรปรวนที่เกิดจากการทดสอบไม่มีผลหรือมีผลน้อยมาก และไม่มีนัยสำคัญต่อผลการประเมินความเป็นเนื้อเดียวกันของตัวอย่างทดสอบซึ่งจะดำเนินของขั้นตอนต่อไป

3.1.2 การประเมินความเป็นเนื้อเดียวกันของตัวอย่างทดสอบ (sample homogeneity, between-sample variation) การประเมินความแปรปรวนของค่าโพลาริเซชันและค่าสีระหว่าง 10 ชุด ของตัวแทนตัวอย่างทดสอบทั้งหมด เพื่อแสดงความเป็นเนื้อเดียวกัน ผลการทดสอบและการประเมินแสดงของตารางที่ 1A และ 1B

3.2 การทดสอบความคงตัวของค่าโพลาริเซชันและสี

ผลการทดสอบความคงตัวของค่าโพลาริเซชันและค่าสีแสดงของตารางที่ 2 โดยสรุปพบว่าค่าโพลาริเซชันและค่าสีของตัวอย่างทดสอบมีความคงตัวตลอดระยะเวลาการศึกษา แสดงว่าระยะเวลาที่ใช้ของการทดสอบของแต่ละผู้เข้าร่วมและผลของการขนส่ง ไม่มีผลกระทบต่อความคงตัวของตัวอย่างทดสอบ แสดงว่าตัวอย่างมีความเหมาะสมสำหรับใช้เป็นวัตถุทดสอบความชำนาญของการประเมินความสามารถระหว่างห้องปฏิบัติการ

3.3.2 ค่ากำหนด (assigned value) ซึ่งดำเนินงานโดยใช้ robust statistic (algorithm A in annex C; ISO 13528: 2015) ได้ค่า x^* เป็นค่ากำหนด x_{pt} สำหรับค่า

Table 1A Homogeneity testing of polarization and color of sugar based on statistic in ISO 13528: 2015 (11)

Testings	Means	ANOVA*		Between Sample Variation (s_s)	Target SD** (σ_{pt})	Acceptance criteria	Homogeneity Testing
		MSB	MSW				
Polarization (°z)	99.974	0.000	0.000	0.000	0.018	0.005	Adequately homogeneous
Color (IU)	25.9	1.8	0.1	0.9	2.5	0.8	Fail

*Output from one-way ANOVA analysis; MSB = mean square between group; MSW = mean square within group; **Target (σ_{pt}) was calculated from RSD_{pt} of polarization (0.018 %) and color (9.8 %) from 10 and 9 rounds of previous studies, respectively

Table 1B Homogeneity testing with expanded criteria of color of sugar based on statistic in ISO 13528: 2015, B.2.5(b) [11]

Testing	Mean	Between Sample Variation (s_s)	$\sigma_{allow}^2 = (0.3\sigma_{pt})^2$	\sqrt{c}	Expanded criteria $S_s \leq \sqrt{c}$	Homogeneity Testing
Color (IU)	25.9	0.9	0.6	1.1	$0.9 < 1.1$	Sufficiently homogeneous

Table 2 Stability testing of polarization and color of sugar based on statistic in ISO13528: 2015 [11]

Study times (day)	Means	Differences	Target SD (σ_{pt})*	Acceptance criteria	
		$ \bar{Y}_1 - \bar{Y}_2 $		$0.3\sigma_{pt}$	$ \bar{Y}_1 - \bar{Y}_2 \leq 0.3\sigma_{pt}$
Polarization (°z):					
Mean from homogeneity (\bar{y}_1)	99.974	-	-	-	-
Transport stability (7 days, \bar{y}_2)	99.978	0.004	0.018	0.005	Pass
Storage time (15 days, \bar{y}_2)	99.974	0.000	0.018	0.005	Pass
End of study (30 days, \bar{y}_2)	99.977	0.003	0.018	0.005	Pass
Color (IU):					
Mean from homogeneity (\bar{y}_1)	25.9	-	-	-	-
Transport stability (7 days, \bar{y}_2)	25.6	0.3	2.5	0.8	Pass
Storage time (15 days, \bar{y}_2)	25.5	0.4	2.5	0.8	Pass
End of study (30 days, \bar{y}_2)	25.5	0.4	2.5	0.8	Pass

*Target (σ_{pt}) was calculated from RSD_{pt} of polarization (0.018 %) and color (9.8 %) from 10 and 9 rounds of previous studies, respectively

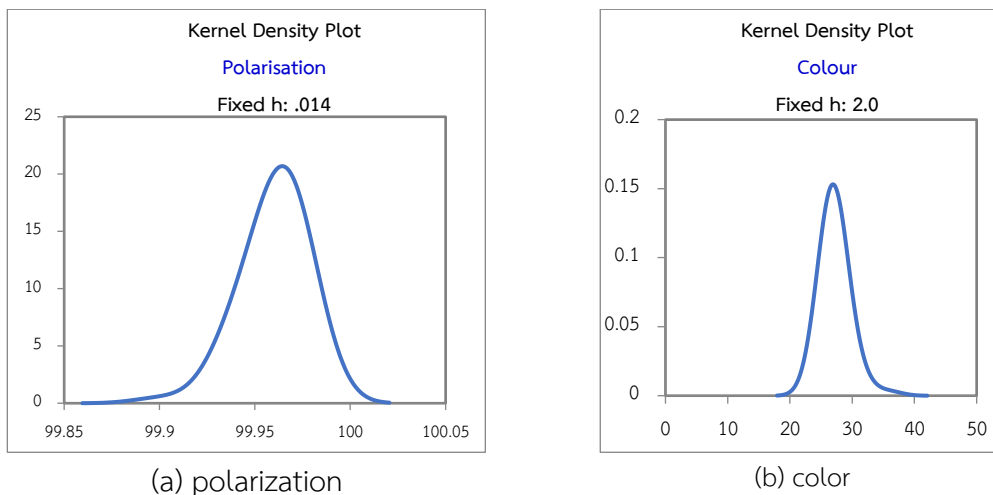


Figure 1 Data distribution based on kernel density plot of all participating laboratories (p = 65)

Table 3 Assigned values of polarization and color of sugar

Testings	p	Assigned values		
		Mean, $x^* (x_{pt})^1$	SD for PT ($\sigma_{pt})^2$	Standard uncertainty of assigned value ($u_{(x_{pt})}$)
Polarization (%)	65	99.961	0.018	0.002
Color (IU)	65	27.0	2.7	0.2

¹Robust mean obtained from calculation based on statistic in ISO 13528: 2015, algorithm A [11];

²Target (σ_{pt}) was calculated from RSD_{pt} of polarization (0.018 %) and color (9.8 %) from 10 and 9 rounds of previous studies, respectively

σ_{pt} ได้จากรวบรวมผลการศึกษที่ผ่านมา ผลที่ได้แสดงดังตารางที่ 3

3.4 การประเมินความสามารถห้องปฏิบัติการ
 การศึกษาครั้งนี้พบว่าค่าความไม่แน่นอนของค่า assigned value ($u_{(x_{pt})}$) ของการทดสอบค่าโพลาไรเซชันและค่าสีมีค่า $u_{(x_{pt})} < 0.3\sigma_{pt}$ ดังนั้นการประเมินความสามารถห้องปฏิบัติการ จึงเลือกใช้สถิติ z score ของการประเมินผลค่าโพลาไรเซชันและค่าสี ผลการศึกษาพบว่าผลการทดสอบทั้งค่าโพลาไรเซชันและค่าสี มีห้องปฏิบัติการที่ได้รับผลการทดสอบเป็นที่ยอมรับ 64 ห้องปฏิบัติการ และผลการทดสอบนั้น

ยอมรับไม่ได้ 1 แห่ง ซึ่งคิดเป็นร้อยละ 98.5 และ 1.5 ตามลำดับ (ตารางที่ 4 รูปที่ 2 และรูปที่ 3) โดยเฉลี่ยของภาพรวมพบว่าผู้เข้าการศึกษาส่วนใหญ่มีผลการทดสอบค่าโพลาไรเซชันและค่าสีเป็นที่ยอมรับได้ เฉลี่ยร้อยละ 98.5 ทั้งสองรายการ ซึ่งพบว่าการทดสอบค่าโพลาไรเซชันในรอบนี้มีผลการประเมินสูงกว่าที่ดำเนินงานในปี พ.ศ. 2559, 2560 และ 2561 (ร้อยละ 96.9, 93.4 และ 97.8 ตามลำดับ) และการทดสอบค่าสีในรอบนี้มีผลการประเมินสูงกว่าที่ดำเนินงานในปี พ.ศ. 2559, 2560 และ 2561 (ร้อยละ 98.9, 86.2 และ 94.8 ตามลำดับ)

Table 4 Evaluation of laboratory performance of polarization and color of sugar

Evaluation criteria	Numbers of each evaluation criteria (participating laboratories, %)	
	Polarization	Color
$ z \leq 2 =$ satisfactory	64 (98.5)	64 (98.5)
$2 < z < 3 =$ questionable	0 (0.0)	0 (0.0)
$ z \geq 3 =$ unsatisfactory	1 (1.5)	1 (1.5)

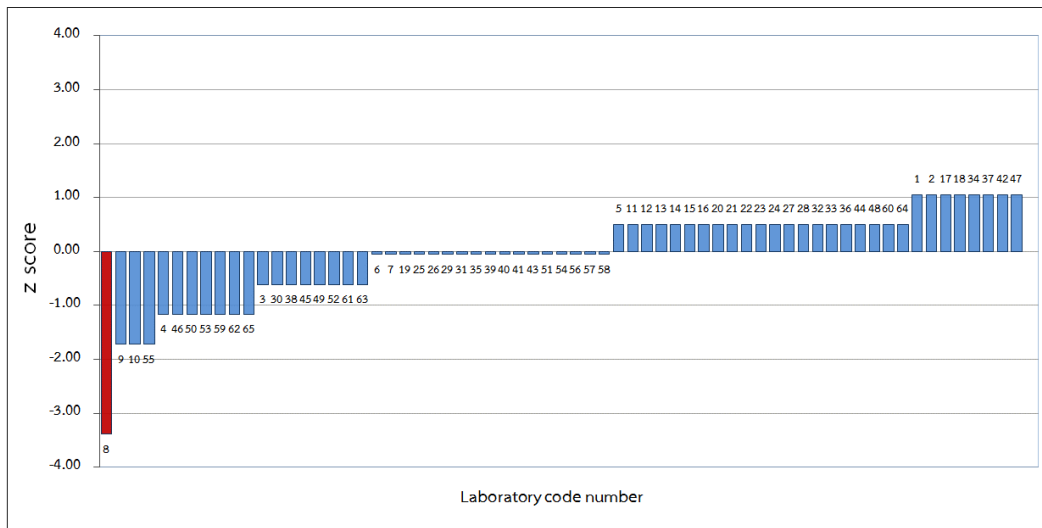


Figure 2 Plot of ordered z scores for polarization results in sugar

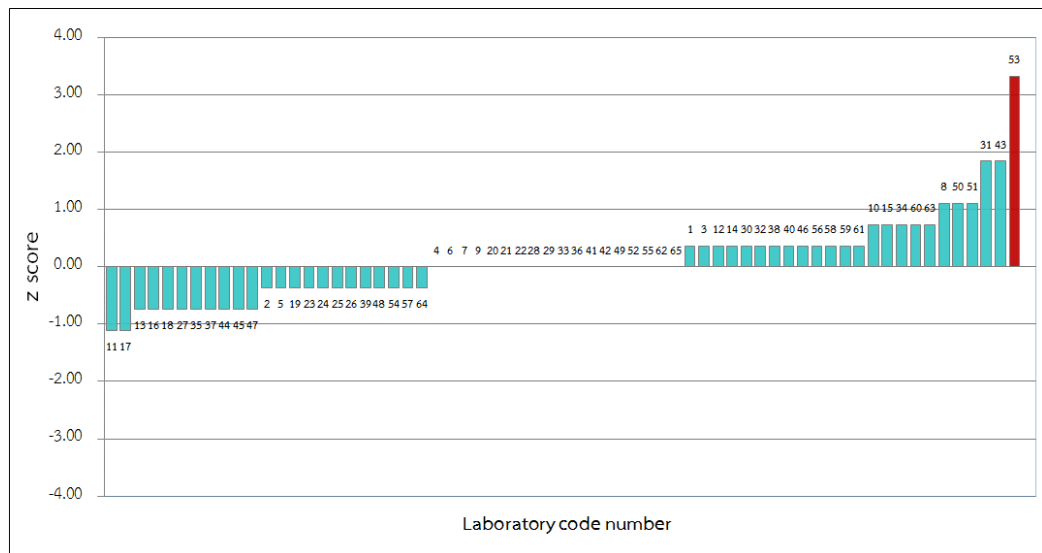


Figure 3 Plot of ordered z scores for color results in sugar

Table 5 Method used for testing of polarization and color of sugar by participating laboratories

Method used	Numbers of participating laboratories
Polarization:	
ICUMSA Method GS2/3-1 (2011)	64
ICUMSA Method GS2/3-1 (2007)	1
Color:	
ICUMSA Method GS2/3-10 (2011*)	62
ICUMSA Method GS2/3-9 (2005)	3

สำหรับวิธีทดสอบโพลาไรเซชันและสีที่ใช้ของห้องปฏิบัติการต่าง ๆ แสดงดังตารางที่ 5 จากห้องปฏิบัติการที่เข้าร่วมการศึกษาทั้งหมดของการทดสอบโพลาไรเซชันพบว่ามีการใช้วิธีทดสอบ ICUMSA Method GS2/3-1 (2011) 64 แห่ง และวิธีทดสอบ ICUMSA Method GS2/3-1 (2007) 1 แห่ง (Lab No. pt256102026) แต่ได้รับผลการประเมินผ่านเกณฑ์การยอมรับเช่นเดียวกัน ห้องปฏิบัติการ 1 แห่ง (Lab No. pt256102008) ที่ได้รับผลการประเมินไม่เป็นที่น่าพอใจ (รูปที่ 2) ซึ่งใช้วิธีทดสอบมาตรฐานเช่นเดียวกับที่ห้องปฏิบัติการส่วนใหญ่ใช้ ดังนั้นความผิดพลาดจึงเกิดจากความสามารถของห้องปฏิบัติการเอง ไม่ได้ขึ้นกับวิธีทดสอบ

สำหรับการทดสอบสีพบว่าห้องปฏิบัติการที่เข้าร่วมเป็นผู้เข้าร่วม จำนวน 65 แห่ง ใช้วิธีทดสอบ ICUMSA Method GS2/3-10 (2011*) 62 แห่ง และวิธีทดสอบ ICUMSA Method GS2/3-9 (2005) 3 แห่ง (pt256102026, pt256102032, pt256102046) แต่ได้รับผลการประเมินผ่านเกณฑ์การยอมรับเช่นเดียวกัน ห้องปฏิบัติการ 1 แห่ง (Lab No. pt256102053) ที่ได้รับผลการประเมินไม่เป็นที่น่าพอใจ (รูปที่ 3) ซึ่งใช้วิธีทดสอบมาตรฐานเช่นเดียวกับที่ห้องปฏิบัติการส่วนใหญ่ใช้ ดังนั้นความผิดพลาดจึงเกิดจากความสามารถของห้อง

ปฏิบัติการเอง ไม่ได้ขึ้นกับวิธีทดสอบ เช่นเดียวกัน

การวิเคราะห์สาเหตุของความผิดพลาดที่เป็นไปได้ (possible sources of error) ที่อาจทำให้ผลการทดสอบไม่เป็นที่ยอมรับ สำหรับการวิเคราะห์ค่าโพลาไรเซชัน จำเป็นต้องชั่งน้ำหนักตัวอย่างให้มีค่าความผิดพลาดอยู่ของเกณฑ์ ± 0.001 กรัม และควรตรวจสอบเครื่องชั่งน้ำหนักก่อนการใช้งาน ควรควบคุมอุณหภูมิของสารละลายที่ 20.0 ± 0.1 °C ด้วยการใช้อิทธิมาตรที่ผ่านการสอบเทียบวัดอุณหภูมิของสารละลาย และควรปรับปริมาตรด้วยน้ำกลั่นให้พอดีที่ 100 มิลลิลิตร ส่วนเครื่อง spectrophotometer ควรมีการตรวจสอบเครื่องก่อนการใช้งานโดยควบคุมให้อยู่ในเกณฑ์การยอมรับ มีการใช้ QC sample และควรมีการสอบเทียบเครื่องมืออย่างสม่ำเสมอ

4. สรุป

การทดสอบความชำนาญของรายการทดสอบค่าโพลาไรเซชันและค่าสีของน้ำตาลทรายขาวบริสุทธิ์ที่มีค่าสี ≤ 50 IU ของการศึกษาครั้งนี้ ผู้จัดได้เลือกใช้วิธีการศึกษาของขั้นตอนต่าง ๆ ด้วยวิธีที่เป็นมาตรฐานสากล (ISO 13528: 2015) ตั้งแต่การทดสอบความเป็นเนื้อเดียวกัน การทดสอบความคงตัวของค่าโพลาไรเซชันและค่าสี การหาค่าตัดสินใจ และการประเมินผล

ความสามารถห้องปฏิบัติการ โดยค่ากำหนดของ x_{pt} ได้มาจากค่า robust mean (x^*) สำหรับค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของการดำเนินงาน (σ_{pt}) ได้มาจากข้อมูลที่ได้จากการศึกษาย้อนหลัง (ค่าโพลาริเซชัน 10 รอบ และค่าสี 9 รอบ) เฉพาะที่ได้ค่า z score ที่ผ่านเกณฑ์ ($|z \text{ score}| \leq 2$) เท่านั้นมาคำนวณหาค่า RSD ด้วยวิธี RSD_{pooled} และ algorithm S ตามวิธีของ ISO 13528: 2015 ทำให้ได้ค่า target RSD (RSD_{pt}) สำหรับค่าโพลาริเซชันและค่าสีมีค่าร้อยละ 0.018 และ 9.8 ตามลำดับ ผลการประเมินความสามารถห้องปฏิบัติการที่เข้าร่วมกิจกรรมทดสอบความชำนาญของการทดสอบค่าโพลาริเซชันและค่าสีของน้ำตาลทรายที่ใช้สถิติ z score พบว่ารายการทดสอบมีห้องปฏิบัติการที่ได้ผลเป็นที่น่าพอใจ ($|z \text{ score}| \leq 2$) คือจำนวน 64 ห้องปฏิบัติการ ซึ่งคิดเป็นร้อยละ 98.5 และได้ผลไม่เป็นที่น่าพอใจ ($|z \text{ score}| \geq 3$) เพียง 1 ห้องปฏิบัติการ (คิดเป็นร้อยละ 1.5) เท่านั้น อย่างไรก็ตามห้องปฏิบัติการต่าง ๆ ควรเข้าร่วมการดำเนินการประเมินความสามารถของลักษณะนี้เป็นระยะ ๆ เพื่อทำให้เกิดความเชื่อถือของผลการทดสอบอย่างต่อเนื่อง

5. กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบคุณกองอุตสาหกรรมอ้อย น้ำตาลทราย และอุตสาหกรรมต่อเนื่อง สำนักงานคณะกรรมการอ้อยและน้ำตาลทราย ที่ให้ความอนุเคราะห์สถานที่ในการวิจัย และขอขอบคุณห้องปฏิบัติการที่เข้าร่วมโครงการทุกแห่งที่ให้ความร่วมมือของการศึกษาวิจัยครั้งนี้

6. References

[1] Royal Thai Government Gazette, The Office of Cane and Sugar Board, Vol. 134, Part 102a, Page 43, Number 8(5), October

- 2, 2017, Available Source: <http://www.ratchakitcha.soc.go.th/DATA/PDF/2560/A/102/43.PDF>, July 19, 2019. (in Thai)
- [2] Royal Thai Government Gazette, Notification of The Office of Cane and Sugar Board, Vol. 113, Part 70d, Page 118, August 29, 1996, Available Source: http://www.sugarzone.in.th/law/sugar_law/kon_quality_sugar_correct_2539.pdf, July 19, 2019. (in Thai)
- [3] Final Report, 2018, Proficiency Testing of Polarization and Color of Sugar, Round No. 2 of 2018. (in Thai)
- [4] Final Report, 2018, Proficiency Testing of Polarization and Color of Sugar, Round No. 1/2 of 2018. (in Thai)
- [5] Final Report, 2010, Proficiency Testing of Polarization and Color of Sugar, Round No. 15, 2010. (in Thai)
- [6] Final Report, 2013, Proficiency Testing of Polarization and Color of Sugar, Round No. 22, 2013. (in Thai)
- [7] Shalabh, T.K.II, Chapter 4: Stratified Sampling, pp. 1- 27, Sampling Theory, Department of Mathematics and Statistics, Indian Institute of Technology, Kanpur.
- [8] Accreditation ISO 17025: 2005 for Testing No. 17T025/0516, 2016, Testing Laboratory Cane and Sugar Industry Promotion Center Region 2, Kamphaengphet, Accreditation No. TESTING 0241, Certificate no, 16T041/0373.

-
- [9] ICUMSA Method GS2/ 3- 1, 2011, The Braunschweig Method for the Polarisation of White Sugar by Polarimetry- Official (Reference) Method.
- [10] ICUMSA Method GS2/ 3- 10, 2011, The Determination of White Sugar Solution Colour-Official.
- [11] ISO 13528: 2015(E) , 2015, Statistical Methods for Use in Proficiency Testing by Interlaboratory Comparisons, Geneva.
- [12] ISO/IEC 17043: 2010, 2010, International Standard Conformity Assessment-General Requirements for Proficiency Testing, Geneva.