ข้อมูลข่าวสารของกรมวิทยาศาสตร์บริการ
ตาม พ.ร.บ. ข้อมูลข่าวสารของราชการ พ.ศ. 2540

วศ บร
ชว 10

เอกสารผลงานที่เสนอให้ประเมินเพื่อแต่งตั้งให้ดำรงตำแหน่ง
นักวิทยาศาสตร์ 7ว

ของ

นางวรรณี อู่ไพบูรณ์
นักวิทยาศาสตร์ 6ว

เรื่องที่ 1

การเปรียบเทียบวิธีการประเมินผลของห้องปฏิบัติการในกิจกรรมทดสอบความชำนาญด้านน้ำมันหล่อลื่น

กลุ่มบริหารจัดการทดสอบความชำนาญ
สำนักบริหารจัดการและรับรองห้องปฏิบัติการ
กรมวิทยาศาสตร์บริการ

พ.ศ. 2547

กรมวิทยาศาสตร์บริการ

ข้อมูลข่าวสารของกรมวิทยาศาสตร์บริการ
ตาม พ.ร.บ. ข้อมูลข่าวสารของราชการ พ.ศ. 2540

เอกสารผลงานที่เสนอให้ประเมินเพื่อแต่งตั้งให้ดำรงตำแหน่ง
นักวิทยาศาสตร์ 7ว

ของ

นางวรรณี อู่ไพบูรณ์
นักวิทยาศาสตร์ 6ว

เลขหมู่ กฟ ปธ
ฟว 10
เลขทะเบียน 13895
วันที่ 25 / ส.ค. / 49

เรื่องที่ 1

**การเปรียบเทียบวิธีการประเมินผลของห้องปฏิบัติการในกิจกรรม
ทดสอบความชำนาญด้านน้ำมันหล่อลื่น**

กลุ่มบริหารจัดการทดสอบความชำนาญ
สำนักบริหารจัดการและรับรองห้องปฏิบัติการ
กรมวิทยาศาสตร์บริการ

พ.ศ. 2547

กรมวิทยาศาสตร์บริการ

บทคัดย่อ

ฝ่ายวิเคราะห์เคมีเชิงฟิสิกส์ (เดิม) มีการเข้าร่วมกิจกรรมการทดสอบความชำนาญภายใต้ชื่อโครงการการเปรียบเทียบผลการทดสอบระหว่างห้องปฏิบัติการผลิตภัณฑ์หล่อลื่น รายการวิเคราะห์ที่เข้าร่วมในโครงการคือการวิเคราะห์หาค่าความหนืดที่อุณหภูมิ 40 และ 100 องศาเซลเซียสและรายการวิเคราะห์หาจุดวาบไฟแบบถ้วยเปิด การหาค่ากำหนดเป็นแบบใช้ค่ามติจากห้องปฏิบัติการที่เข้าร่วมโครงการ ตัดค่านอกกลุ่มโดยตัดผลการทดสอบที่มีค่าเบี่ยงเบนไปจากค่ากลางเกินกว่า 3 SD และประเมินความสามารถของห้องปฏิบัติการโดยใช้สถิติทดสอบแบบใช้พารามิเตอร์ หาค่ากำหนดโดยใช้ค่ามัชฌิมเลขคณิต ค่าการกระจายที่ใช้คำนวณความสามารถทางสถิติคือค่าความเบี่ยงเบนมาตรฐาน เป็นค่าที่คำนวณจากค่าความสามารถทวนซ้ำได้ของวิธีทดสอบมาตรฐาน ASTM ค่าที่ประเมินความสามารถใช้ค่า Z-score

งานวิจัยนี้ได้นำข้อมูลการเข้าร่วมโครงการเปรียบเทียบผลฯรอบที่ 14-18 มาทำการศึกษาการกระจายของข้อมูลก่อนและหลังการตัดค่านอกกลุ่มว่า การกระจายเป็นแบบปกติหรือไม่โดยใช้วิธี Kolmogorov – Smirnov ศึกษาเปรียบเทียบการตัดค่านอกกลุ่มแบบ Grubbs tests กับแบบที่ใช้โครงการการเปรียบเทียบผลฯและศึกษาเปรียบเทียบสถิติที่ใช้ในการประเมินความสามารถของห้องปฏิบัติการ 3 แบบคือแบบที่ใช้ในโครงการการเปรียบเทียบผลฯกับแบบ Normalize IQR และแบบ Algorithm A

ผลการวิจัยพบว่ามีข้อมูลที่มีการกระจายไม่ใช่แบบปกติ ส่วนหนึ่งเนื่องมาจากค่านอกกลุ่มและพบว่ามีการนำข้อมูลมีการกระจายไม่ใช่แบบปกติมาประเมินผลโดยใช้สถิติแบบใช้พารามิเตอร์ การเปรียบเทียบการตัดค่านอกกลุ่มทั้ง 2 วิธี มีความแตกต่างกัน โดยมีเกณฑ์อยู่ที่จำนวนข้อมูลถ้าน้อยกว่า 20 ข้อมูล ค่าต่างสุดที่ทำให้ค่า G_p หรือ G_l อยู่ในช่วง ค่าวิกฤติ < (ค่า G_p หรือ G_l) < 3 วิธี Grubbs test จะพบว่ามีค่านอกกลุ่ม แต่วิธีที่ใช้โครงการการเปรียบเทียบผลฯไม่พบค่านอกกลุ่ม ถ้าจำนวนข้อมูลมากกว่า 20 ข้อมูล ค่าต่างสุดที่ทำให้ค่า G_p หรือ G_l อยู่ในช่วง 3 < (ค่า G_p หรือ G_l) < ค่าวิกฤติ วิธี Grubbs test จะไม่พบว่าค่านอกกลุ่ม แต่วิธีที่ใช้โครงการการเปรียบเทียบผลฯจะพบค่านอกกลุ่ม เมื่อการเปรียบเทียบการประเมินความสามารถห้องปฏิบัติการทั้ง 3 วิธีคือแบบที่ใช้ในโครงการเปรียบเทียบผลฯแบบ Normalize IQR และแบบ Algorithm A ของ 3 รายการทดสอบส่วนมากให้ค่ากำหนดและความเบี่ยงเบนมาตรฐานใกล้เคียงกัน การประมาณค่า Z ให้ผลไม่แตกต่างกัน

สารบัญ

	หน้า
บทคัดย่อ	i
สารบัญ	ii
สารบัญตาราง	iii
บทที่ 1 บทนำ	1
1.1 ที่มาของปัญหา	1
1.2 วัตถุประสงค์	2
1.3 ประโยชน์ที่ได้รับ	2
1.4 ขั้นตอนการดำเนินงาน	2
1.5 ระยะเวลาดำเนินการ	2
บทที่ 2 วารสารปริทัศน์	3
2.1 การดำเนินการทดสอบความชำนาญ	3
2.2 สถิติที่ใช้ในการหาค่ากำหนดและการกระจายของผลการทดสอบจากผู้เข้าร่วมกิจกรรม	6
บทที่ 3 วัสดุ อุปกรณ์ เครื่องมือและวิธีดำเนินการ	9
3.1 วัสดุ อุปกรณ์และเครื่องมือ	9
3.2 วิธีทดลอง	9
3.3 วิธีการดำเนินการในการเปรียบเทียบวิธีการประเมินผลของห้องปฏิบัติการในกิจกรรมทดสอบความชำนาญ	11
บทที่ 4 ผลการทดลอง	14
4.1 ผลการทดสอบค่าทางสถิติของโครงการเปรียบเทียบผลฯรอบที่ 14-18	14
4.2 ผลการศึกษาการกระจายของข้อมูลด้วยวิธี Kolomogorov - Smirnov Test	14
4.3 ผลการเปรียบเทียบการหาค่านอกกลุ่มแบบที่ใช้ในโครงการเปรียบเทียบผลฯกับแบบ Grubbs Test	14
4.4 ผลการเปรียบเทียบการประเมินผลการทดสอบความชำนาญในรูปคะแนนมาตรฐาน	14
บทที่ 5 วิจารณ์ผลการทดลอง	35
บทที่ 6 สรุปผลการทดลอง	38
กิตติกรรมประกาศ	39
เอกสารอ้างอิง	40

สารบัญ (ต่อ)

	หน้า
ภาคผนวก ก ผลการศึกษาการกระจายของข้อมูลด้วยวิธี Kolomogorov-Smirnov test	41
ภาคผนวก ข การตัดค่านอกกลุ่มด้วยวิธี Grubbs test	44
ภาคผนวก ค การประเมินความสามารถโดยใช้สถิติแบบ Algorithm A	48
ภาคผนวก ง ตาราง Critical values for Grubbs test	64

บทที่ 1

บทนำ

1.1 ที่มาของปัญหา

การทดสอบความชำนาญคือการประเมินความสามารถของห้องปฏิบัติการโดยใช้วิธีการเปรียบเทียบผลการทดสอบระหว่างห้องปฏิบัติการ เพื่อหาสมรรถนะของการวัดหรือการทดสอบของห้องปฏิบัติการและยังใช้เฝ้าระวังสมรรถนะของห้องปฏิบัติการอย่างต่อเนื่อง ประโยชน์อื่นๆที่ได้รับคือการเพิ่มความน่าเชื่อถือให้แก่ลูกค้าของห้องปฏิบัติการ ใช้เป็นตัวชี้บ่งปัญหาในห้องปฏิบัติการและริเริ่มหาวิธีแก้ไข ใช้ประเมินความสามารถของห้องปฏิบัติการอย่างมีความสามารถ อาจรวมถึงการประเมินตนเอง การตรวจประเมินโดยลูกค้าหรือหน่วยรับรองห้องปฏิบัติการ

การจัดการทดสอบความชำนาญจะเกี่ยวข้องกับการใช้สถิติเป็นส่วนมากคือตั้งแต่ขั้นตอนการเตรียมตัวอย่าง การนำเสนอข้อมูลและการวิเคราะห์ข้อมูล การตีความหมาย การนำผลทางสถิติไปปฏิบัติเพื่อการแก้ปัญหา ดังนั้นสถิติที่ใช้ต้องมีความเหมาะสมมีวิธีการที่เด่นชัดจึงจะให้ผลที่มีความน่าเชื่อถือ วิธีที่ใช้ในการประเมินความสามารถของห้องปฏิบัติการนั้นมีหลายวิธีและไม่มีวิธีใดใช้เป็นมาตรฐาน ขึ้นกับผู้จัดทำโครงการจะตัดสินใจและพัฒนาขั้นตอนสำหรับโครงการของตนอย่างไรก็ตามผู้จัดทำโครงการจะต้องบอกถึงการเลือกใช้วิธีที่จะนำมาประเมินความสามารถของห้องปฏิบัติการแก่ผู้ที่จะเข้าร่วมโครงการทุกครั้ง ผู้จัดทำโครงการและผู้เข้าร่วมกิจกรรมจึงควรมีความเข้าใจถึงขั้นตอนการจัดทำและสถิติที่ใช้ให้ดีเสียก่อนเพื่อที่จะได้รับประโยชน์จากการทำกิจกรรมนั้นได้มากที่สุด

ผู้เกี่ยวข้องในวงการค้าน้ำมันหล่อลื่นทั้งภาครัฐและเอกชน มีการจัดกิจกรรมทดสอบความชำนาญเป็นประจำทุกๆ 4 เดือน ภายใต้ชื่อโครงการคือการเปรียบเทียบผลการทดสอบระหว่างห้องปฏิบัติการผลิตภัณฑ์หล่อลื่น (Interlaboratory Comparison for Lubrications) โดยมีวัตถุประสงค์ เพื่อใช้เป็นแนวทางในการเปรียบเทียบผลการทดสอบระหว่างห้องปฏิบัติการผลิตภัณฑ์หล่อลื่น ใช้ในการประเมินความสามารถในการดำเนินการทดสอบและประสิทธิภาพของเครื่องมือทดสอบ เพื่อแลกเปลี่ยนความรู้ความชำนาญ งานวิเคราะห์เคมีเชิงฟิสิกส์ (เดิม) ในฐานะเป็นห้องปฏิบัติการทดสอบของภาครัฐที่ได้รับความเชื่อถือ ได้เข้าร่วมกิจกรรมการทดสอบความชำนาญดังกล่าวด้วยในรายการที่ได้รับ ISO 17025 คือรายการวิเคราะห์ค่าความหนืดและการวิเคราะห์หาจุดวาบไฟ การประเมินผลมีการใช้สถิติรูปแบบหนึ่ง ซึ่งใช้มาระยะหนึ่งแล้ว ผู้วิจัยมีจึงความเห็นว่าควรมีการศึกษาสถิติที่ใช้ในปัจจุบันเปรียบเทียบวิธีทางสถิติอื่นๆที่มีการใช้อยู่ทั่วไป

เพื่อใช้เป็นแนวทางปรับปรุงการจัดทำกิจกรรมทดสอบความชำนาญให้เป็นไปตามมาตรฐานสากล หัวข้อที่ทำการศึกษาคือการกระจายของข้อมูล การตัดค่านอกกลุ่ม (Outlier) และสถิติที่ใช้ประเมินความสามารถของห้องปฏิบัติการ

1.2 วัตถุประสงค์

1.2.1 ศึกษาการกระจายของข้อมูลที่ได้จากโครงการเปรียบเทียบผลฯว่าเป็นแบบปกติหรือไม่

1.2.2 เปรียบเทียบการตัดค่านอกกลุ่มระหว่างวิธีที่ใช้ในโครงการเปรียบเทียบผลฯ ($\overline{X} \pm 3$ SD) กับวิธี Grubbs test

1.2.3 เปรียบเทียบการใช้สถิติในการประเมินผลแบบที่โครงการเปรียบเทียบผลฯใช้อยู่ในปัจจุบันกับสถิติแบบโรบัส (Robust statistic) คือ Normalize IQR และ Algorithm A

1.3 ประโยชน์ที่ได้รับ

1.3.1 ทราบถึงความเหมาะสมของสถิติที่ใช้อยู่ในปัจจุบัน

1.3.2 ใช้เป็นข้อมูลในการปรับปรุงการประเมินผลการทดสอบความชำนาญให้เป็นไปตามมาตรฐานสากล

1.4 ขั้นตอนการดำเนินงาน

1.4.1 รวบรวมข้อมูลเกี่ยวกับการเข้ากิจกรรมทดสอบความชำนาญโครงการการเปรียบเทียบผลฯ

1.4.2 ศึกษาสถิติต่างๆที่เกี่ยวข้องกับการจัดกิจกรรมทดสอบความชำนาญ

1.4.3 เลือกสถิติจะนำมาเปรียบเทียบ

1.4.4 นำข้อมูลมาประเมินผลตามวิธีที่คัดเลือก

1.4.5 เปรียบเทียบผลและวิจารณ์และสรุปผล

1.5 ระยะเวลาดำเนินการ

กรกฎาคม 2546 ถึง มกราคม 2547

บทที่ 2

วารสารปริทัศน์

2.1 การดำเนินการทดสอบความชำนาญ [1-2, 5]

การดำเนินการทดสอบความชำนาญสามารถแบ่งขั้นตอนการดำเนินการเป็น 2 ขั้นตอนคือ

2.1.1 ขั้นตอนการเตรียมตัวอย่างต้องใช้ตัวอย่างที่มีเสถียรภาพและมีความเป็นเนื้อเดียวกัน

2.1.2 ขั้นตอนการประเมินผลหลังจากได้ข้อมูลจากห้องปฏิบัติการต่างๆแล้วโดยมี 3 ขั้นตอนพื้นฐานที่สามารถใช้ได้กับทุกการทดสอบความชำนาญคือ

2.1.2.1 การหาค่ากำหนด (Assigned value)

2.1.2.2 การคำนวณความสามารถเชิงสถิติ (Performance statistic)

2.1.2.3 การประเมินความสามารถ (Evaluation of Performance)

2.1.2.1 การหาค่ากำหนด

ค่ากำหนดคือค่าที่ระบุปริมาณและเป็นที่ยอมรับโดยรวม ต้องมีค่าความไม่แน่นอนที่เหมาะสมกับวัตถุประสงค์ของการนำค่ากำหนดไปใช้เป็นค่าที่ใช้ในการประเมินผู้เข้าร่วมโครงการอย่างยุติธรรม วิธีการที่ใช้ในการหาค่ากำหนดมีหลายวิธี วิธีที่นิยมใช้กันมากได้แก่

- วิธีแบบทราบค่า (Known values) เป็นค่าที่ได้จากผลการทดสอบโดยวิธีการเฉพาะ (เช่นผลิตจากโรงงานหรือจากการเจือจางสารที่ทราบความเข้มข้นที่แน่นอน)
- วิธีแบบใช้ค่าอ้างอิงรับรอง (Certified reference values) ค่าที่ได้จากวิธีทดสอบที่เฉพาะเจาะจง (สำหรับการทดสอบเชิงปริมาณ)
- วิธีแบบใช้ค่าอ้างอิง (Reference values) ค่าที่ได้จากการวิเคราะห์ การวัดหรือจากผลการเปรียบเทียบของวัตถุทดสอบกับวัตถุอ้างอิงหรือวัสดุมาตรฐาน ซึ่งสามารถสอบกลับไปยังมาตรฐานแห่งชาติหรือมาตรฐานสากล
- วิธีการแบบใช้ค่ามติจากห้องปฏิบัติการที่เชี่ยวชาญ (Consensus values from expert laboratories) เป็นค่าที่ได้จากห้องปฏิบัติการที่มีความชำนาญโดยห้องปฏิบัติการเหล่านั้นต้องแสดงให้เห็นถึงความสามารถในการทดสอบตามรายการที่ระบุ โดยใช้วิธีทดสอบที่ได้ตรวจสอบความใช้ได้แล้ว (Validation method) มีความแม่นยำและเที่ยงตรงสูงและเป็นวิธีที่เทียบเท่ากับวิธีทดสอบ

ที่ใช้กันทั่วไป ในบางกรณีห้องปฏิบัติการที่กำหนดให้เป็นที่ทดสอบนั้นอาจเป็นห้องปฏิบัติการอ้างอิง (Reference laboratories)

- วิธีการแบบใช้ค่ามติจากห้องปฏิบัติการที่เข้าร่วมโครงการ (Consensus values) เป็นค่าที่ได้จากห้องปฏิบัติการที่เข้าร่วมโครงการโดยใช้สถิติที่เหมาะสมในการหาค่าเฉลี่ย ค่าเฉลี่ยในทางสถิติสามารถแสดงได้หลายรูปแบบเช่นค่าเฉลี่ยเลขคณิต (Mean) ค่ามัธยฐาน (Median) ค่าฐานนิยม (Mode) เมื่อหาค่ากำหนดด้วยวิธีนี้จะต้องคำนึงถึงผลกระทบจากค่าต่างสุด (Extreme results) ในชุดข้อมูล ซึ่งสามารถจัดการกับค่าต่างสุดที่เกิดขึ้นได้ โดยใช้สถิติแบบโรบัส เพื่อลดอิทธิพลจากค่าต่างสุดหรือโดยการตัดค่านอกกลุ่มออกก่อน วิธีที่ใช้เช่น Dixon's หรือ Grubbs test แล้วจึงทำการคำนวณผลสรุปทางสถิติ แต่ค่านอกกลุ่มที่ถูกตัดออกนั้นยังถูกนำมาประเมินในขั้นตอนของการเปรียบเทียบการทดสอบความชำนาญและจัดระดับความสามารถอยู่

2.1.2.2 การคำนวณความสามารถเชิงสถิติ

ผลที่ได้จากการทดสอบความชำนาญมักจำเป็นต้องแปลงให้อยู่ในรูปความสามารถเชิงสถิติ เพื่อใช้ในการแปลผลและเพื่อเปรียบเทียบกับเป้าหมายที่วางไว้ วัตถุประสงค์คือต้องการวัดความเบี่ยงเบนของผลข้อมูลที่เบี่ยงเบนไปจากค่ากลางที่กำหนดและนำไปใช้ในการคำนวณความสามารถของห้องปฏิบัติการ เทคนิคที่ใช้อาจเริ่มจากขั้นตอนที่ง่ายๆไปจนถึงการใช้สถิติที่มีความซับซ้อน การคำนวณความสามารถเชิงสถิติจะพิจารณาถึงขนาดความเบี่ยงเบนของข้อมูลที่เรียกว่า "การกระจาย" โดยสามารถวัดได้ด้วยสถิติหลายตัวได้แก่

- ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (Standard deviation, SD)
- สัมประสิทธิ์ความแปรผัน (Coefficient of variation)
- ค่าเปอร์เซ็นต์ไตล์ (Percentiles)
- ความเบี่ยงเบนสัมบูรณ์โดยเฉลี่ย (Median absolute deviation)

สถิติที่ใช้ในการประเมินความสามารถโดยเรียงลำดับขั้นตอนที่ง่ายไปจนถึงสถิติที่มีความซับซ้อนคือ

- ผลต่างระหว่าง (x - X) เมื่อ x คือผลการทดสอบของผู้เข้าร่วมโครงการ และ X คือค่ากำหนด (x - X) เรียกว่าค่า "Estimate of laboratory bias"
- ร้อยละความแตกต่าง (percent difference) เป็นผลต่างที่ปรับให้อยู่ในรูปของร้อยละ

$$\frac{(x-X) \times 100}{X}$$

- เปอร์เซ็นต์ไตล์หรือการจัดลำดับที่ (Rank) มีประโยชน์สำหรับข้อมูลที่กระจัดกระจายหรือมีลักษณะการกระจายไม่ใช่แบบปกติ มีการตอบสนองที่แสดงลำดับหรือมีผลตอบสนองที่แตกต่างในจำนวนจำกัด แต่การใช้เทคนิคนี้ควรใช้ด้วยความระมัดระวัง เนื่องจากการรายงานความสามารถของห้องปฏิบัติการโดยเรียงลำดับความสามารถไม่นิยมใช้ในการทดสอบความชำนาญเพราะอาจจะทำให้เกิดความเข้าใจผิดแล้วนำไปสู่การแปลผลที่ผิด
- ค่า Z- score

$$Z = \frac{x - X}{s}$$

s คือตัวสถิติที่ใช้วัดการกระจายที่เหมาะสม โดยเลือกให้ตรงกับข้อกำหนดของโครงการ สมการนี้สามารถใช้ได้กับกรณีที่ X และ s เป็นผลการทดสอบที่ได้จากผู้เข้าร่วมโครงการหรือเมื่อ X และ s ไม่ได้ใช้ผลการทดสอบจากผู้ร่วมโครงการ (ทั้งหมด) เช่นบางครั้งอาจใช้ค่าเบี่ยงเบนของค่ากำหนดแทนก็ได้ ถ้าใช้เทคนิค Z- score ในการประมาณค่าการกระจายทั้งนี้ขึ้นกับจำนวนข้อมูลที่มีมากเพียงพอ เพื่อลดอิทธิพลจากค่าต่างสุดและทำให้ได้ค่าความไม่แน่นอนของการกระจายต่ำ มีขั้นตอนทางสถิติหลายวิธีที่ใช้คำนวณค่ากำหนดและการกระจายของผลการทดสอบจากผู้เข้าร่วมกิจกรรมซึ่งจะกล่าวในภายหลัง
- En numbers มักใช้กับโครงการเปรียบเทียบด้านการวัด (measurement comparison schemes) โดยมีสมการดังนี้

$$En = \frac{x - X}{\sqrt{U^2_{lab} + U^2_{ref}}}$$

เมื่อ U_{lab} คือค่าความไม่แน่นอนของผลจากผู้เข้าร่วมโครงการและ U^2_{ref} คือค่าความไม่แน่นอนของค่ากำหนด จากห้องปฏิบัติการอ้างอิง

2.1.2.3 การประเมินความสามารถ

ผลที่ได้จากการคำนวณความสามารถทางสถิติ ส่วนมากจะใช้ค่า Z-score และ En numbers ซึ่งมีเกณฑ์ตัดสินดังนี้คือ

- สำหรับ Z-score

ถ้าค่า $|Z| \leq 2$ แสดงว่าผลของห้องปฏิบัติการนั้นเป็นที่น่าพอใจ (satisfactory)

$2 < |Z| < 3$ แสดงว่าผลของห้องปฏิบัติการนั้นเป็นที่สงสัยต้องตรวจสอบ (questionable)

$3 \leq |Z|$ แสดงว่าผลของห้องปฏิบัติการนั้นไม่เป็นที่น่าพอใจ (unsatisfactory)

- สำหรับ En numbers

ถ้าค่า $|E| \leq 1$ แสดงว่าผลของห้องปฏิบัติการนั้นเป็นที่พอใจ

$1 < |E|$ แสดงว่าผลของห้องปฏิบัติการนั้นไม่ที่น่าพอใจ

2.2 สถิติที่ใช้ในการหาค่ากำหนดและการกระจายของผลการทดสอบจากผู้เข้าร่วมกิจกรรม

สถิติที่ใช้ในการคำนวณค่ากำหนดและค่าการกระจายของข้อมูลจากการใช้ผลการทดสอบของผู้เข้าร่วมโครงการตามหลักสถิติประยุกต์นั้นสามารถแบ่งออกได้เป็น 2 กลุ่มใหญ่ๆคือ สถิติทดสอบแบบใช้พารามิเตอร์ (Parametric Tests) และแบบไม่ใช้พารามิเตอร์/โรบัส (Nonsparametric Tests tatistic /Robust Statistic)

2.2.1 สถิติทดสอบแบบใช้พารามิเตอร์เป็นสถิติที่ใช้กับข้อมูลเชิงปริมาณ ค่ากลางที่จะใช้เป็นค่ากำหนดคำนวณจากค่าเฉลี่ยเลขคณิต ค่าการกระจายของข้อมูลได้จากค่าความเบี่ยงเบนมาตรฐาน วิธีนี้ใช้ได้ดีกับข้อมูลที่มีการแจกแจงแบบปกติหรือใกล้เคียง ก่อนที่จะใช้สถิติแบบนี้ต้องพิสูจน์ว่าข้อมูลมีการกระจายแบบปกติเสียก่อน ซึ่งสามารถทดสอบได้หลายวิธีเช่น Kolomogorov - Smirnov test, Lilliefors test เป็นต้น การใช้ค่าเฉลี่ยเลขคณิตมีข้อเสียคือถ้าข้อมูลนั้นมีค่าต่างสุดจะมีผลกระทบต่อค่ากลางมากดังตัวอย่างเช่น

4.5, 4.9, 5.6, 4.2, 6.2, 5.2, 9.9

จะเห็นว่าค่า 9.9 เป็นค่าที่แตกต่างจากค่าอื่นมาก ถ้าคำนวณค่ากลางโดยใช้ค่าเฉลี่ยเลขคณิต ค่า $\overline{x}$ = 5.8 ค่า SD = 1.9 จะเห็นว่า ค่า SD ค่อนข้างใหญ่ $\overline{x}$ ที่ได้นั้นได้รับอิทธิพลจากค่าต่างสุด ถ้าตัดค่า 9.9 ออกจะได้ค่า $\overline{x}$ = 5.1, SD = 0.7

2.2.2 การใช้สถิติแบบไม่ใช้พารามิเตอร์ เป็นวิธีที่สะดวกในกรณีที่ไม่ทราบการแจกแจงของประชากรหรือตัวอย่างมีขนาดเล็ก ได้รับการยอมรับว่าสามารถใช้ได้กับข้อมูลที่มีการกระจายไม่ใช่แบบปกติ สถิติแบบนี้เป็นสถิติที่ใช้ข้อมูลอยู่ที่อยู่ในรูปมาตราแสดงตำแหน่งหรือข้อมูลที่อยู่ในรูปลำดับที่หรือในรูปความถี่ สถิติแบบนี้มีประโยชน์ในการ

ทดสอบความชำนาญเพราะมักจะพบเสมอว่าข้อมูลมีการกระจายไม่ใช่แบบปกติ วิธีแบบโรบัสมีตั้งแต่วิธีง่ายๆไปจนถึงยุ่งยากขึ้น

2.2.2.1 วิธี median/MAD method

เป็นวิธีที่ง่ายที่สุดใช้ค่ามัธยฐานเป็นค่ากลางของมูล ขั้นตอนคือเรียงลำดับของข้อมูลจากน้อยไปหามากจากตัวอย่างข้างต้น

4.2, 4.5, 4.9, **5.2,** 5.6, 6.2, 9.9,

ค่ากลางคือ 5.2 จะเห็นว่าค่านี้จะไม่เปลี่ยนแปลงแม้ว่าค่าต่างสุดจะเปลี่ยนไปเท่าไรก็ตาม การหาค่าความเบี่ยงเบนใช้ค่า Median absolute deviation (MAD) คือค่ามัธยฐานของผลต่างสมบูรณ์ของผลทดสอบกับค่ามัธยฐาน {MAD = median $(x_i$ – median)}

-1.0 -0.7 -0.3 0.0 0.4 1.0 4.7

เมื่อเรียงลำดับข้อมูลใหม่โดยไม่คิดเครื่องหมายได้ค่า

0.0 0.3 0.4 **0.7** 1.0 1.0 4.7

ค่า MAD = 0.7 จะเห็นว่าการเปลี่ยนแปลงของค่าต่างสุดไม่มีผลต่อค่า MAD ทำให้ค่า MAD มีค่าเท่ากับค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานของการกระจายแบบปกติโดยคูณค่า MAD ด้วย 1.483 จะได้ค่าความเบี่ยงเบนมาตรฐาน = 1.04

2.2.2.2 Normalize IQR

ใช้ค่าค่ามัธยฐานเป็นค่ากลาง ค่าความเบี่ยงเบนหาจากค่า Interquatile range (IQR) คือค่าผลต่างของควอไทล์ที่ 3 กับควอไทล์ที่ 1 (IQR = Q3 - Q_1) เป็นการพิจารณาเฉพาะข้อมูลกลุ่มใหญ่ที่มีปริมาณความถี่ 50 % รอบๆค่ากลางจึงมีผลทำให้ IQR เป็นตัวสถิติที่ไม่ได้รับผลกระทบจากค่าต่างสุด ถ้าจะทำให้มีค่าเท่ากับความเบี่ยงเบนมาตรฐานของการกระจายแบบปกติให้คูณ IQR ด้วย 0.7413 ซึ่งค่านี้จะเรียกว่า Normalize IQR

จากตัวอย่างข้างต้น

Q_1 = 4.5

Q_3 = 6.2

(Q_3-Q_1) = 6.2 - 4.5 = 1.7

Normalize IQR = 1.7 x 0.7413 = 1.26

2.2.2.3 Algorithm A[6]

เป็นวิธีที่ยุ่งยากขึ้นต้องใช้คอมพิวเตอร์ช่วยในการคำนวณขั้นตอนคือ

ก เรียงลำดับข้อมูลจากน้อยไปมาก

ข หาค่าค่ามัธยฐานใช้สัญลักษณ์ x*

ค หาค่า MAD ใช้สัญลักษณ์ s

ง หาค่า Normalize ของ s ใช้สัญลักษณ์ s* โดยการคูณด้วย 1.4826

จ ตัดค่านอกกลุ่มโดยใช้ค่า x* ± 1.5 s* โดยถ้าข้อมูลที่มีค่ามากกว่าเปลี่ยนค่านั้นให้เป็น x* + 1.5 s* ถ้าข้อมูลที่มีค่าน้อยกว่าเปลี่ยนค่านั้นให้เป็น x* - 1.5 s*

ฉ แล้วหาค่ากลางใหม่โดยใช้ค่าเฉลี่ยเลขคณิต

ช หาค่าความเบี่ยงเบนของข้อมูลใหม่โดยใช้สูตร

$$s^* = 1.134 \sqrt{\frac{\sum x_i - \bar{x}}{p - 1}}$$

ซ แล้วตั้งเกณฑ์ใหม่ x* ± 1.5s* ทำซ้ำตั้งแต่ข้อ ข ถึงข้อ ง จนค่า x* กับ s* ไม่เปลี่ยนแปลงจึงใช้ค่านั้นเป็นค่ากลางและค่าความเบี่ยงเบน

ตัวอย่างการคำนวณ

ก. ข้อมูล 4.2 4.5 4.9 **5.2** 5.6 6.2 9.9

ข. ค่ามัธยฐาน (x*) = 5.2

ค. MAD (s) = 0.7

ง. s* = 1.4826 x 0.7 = 1.04

จ. 1.5 s* = 1.56

x* + 1.5 s* = 6.76

x* - 1.5 s* = 3.64

ค่านอกกลุ่มคือ 9.9 จึงปรับค่า 9.9 ไปเป็น 6.76 ข้อมูลใหม่คือ

4.2 4.5 4.9 5.2 6.2 **6.76**

ฉ. ค่ากลาง x* = 5.28

ช. s* = 1.08

บทที่ 3

วัสดุ อุปกรณ์ เครื่องมือและวิธีดำเนินการ

ตัวอย่างที่ใช้ในโครงการเปรียบเทียบผลฯ เป็นตัวอย่างน้ำมันหล่อลื่นที่จัดเตรียมโดยเจ้าภาพในการจัดรอบนั้นๆจัดส่งให้แก่สมาชิกที่เข้าร่วมโครงการ ข้อมูลที่นำมาวิเคราะห์ทางสถิติเป็นข้อมูลที่ได้จากการเข้าร่วมโครงการเปรียบเทียบผลฯจากการจัดรอบที่ 14 – 18 มีรายการวิเคราะห์ที่เข้าร่วมในโครงการ 3 รายการคือ

- การวิเคราะห์ค่าความหนืดที่ 40 องศาเซลเซียส
- การวิเคราะห์ค่าความหนืดที่ 100 องศาเซลเซียส
- การวิเคราะห์จุดวาบไฟแบบถ้วยเปิด

3.1 วัสดุ อุปกรณ์และเครื่องมือ

3.1.1 เครื่องวิเคราะห์ค่าความหนืดแบบคิเนมาติก (Cannon CT 1000)

3.1.2 เครื่องหาจุดวาบไฟแบบถ้วยเปิด (Flash point CFP 92)

3.1.3 หลอดแก้วหาค่าความหนืดแบบ Cannon-Fenske routine

3.1.4 นาฬิกาจับเวลาความละเอียด 0.00000 วินาที (Setatime Quartz Timer)

3.1.5 ตะแกรงกรองความละเอียด (Sieve ความละเอียด 75 ไมโครเมตร)

3.2 วิธีทดลอง[3]

3.2.1 การหาค่าความหนืด (Kinematic Viscosity of Transparent and Opaque Liquids :ASTM D 445)

3.2.1.1 เลือกหลอดแก้วหาค่าความหนืด ตามช่วงค่าความหนืดของตัวอย่าง โดยเวลาที่ใช้ในการไหลผ่านปริมาตรที่กำหนดต้องไม่น้อยกว่า 200 วินาที หลอดที่ใช้ทำการทดลองต้องแห้งและสะอาดปรับอุณหภูมิของอ่างน้ำมัน (Viscometer bath) ให้ได้ตามอุณหภูมิที่ต้องการ

3.2.1.2 ถ้าตัวอย่างมีตะกอนจะต้องกรองผ่านตะแกรงกรองความละเอียด 75 ไมโครเมตร

3.2.1.3 ใส่ตัวอย่างลงในหลอดแก้วหาค่าความหนืดและนำไปแช่ในอ่างน้ำมันเป็นเวลา 30 นาที

3.2.1.4 ดูดตัวอย่างขึ้นมาให้ตัวอย่างอยู่เหนือขีดบนประมาณ 7 มิลลิเมตร ปล่อยให้ตัวอย่างไหลลงมา เริ่มจับเวลาตั้งแต่ตัวอย่างไหลจากจากขีดบนถึงขีดล่างโดยจับเวลาเป็นวินาที อ่านละเอียด 0.1 วินาที ถ้าเวลาที่อ่านได้น้อยกว่า 200 วินาที ให้เลือกหลอดแก้วหาค่าความหนืดอันใหม่ที่มีขนาดขนาดหลอดรูเล็ก (capillary tube) เล็กลง

3.2.1.5 ทำซ้ำอีกครั้งตามข้อ 3.2.1.4

3.2.1.6 เวลาที่อ่านได้ทั้ง 2 ครั้ง ต้องต่างจากค่าเฉลี่ยไม่เกิน 0.13 % ให้นำค่าเวลาที่ใช้ในการไหลเฉลี่ย (t) ไปคำนวณและรายงานเป็นค่าความหนืด แต่ถ้าได้ผลต่างระหว่างเวลาที่ใช้ในการไหลทั้ง 2 ครั้งกับค่าเฉลี่ย เกินกว่าเกณฑ์ที่กำหนดต้องล้างหลอด แล้วทำการทดลองใหม่ตั้งแต่ข้อ 3.2.1.3

3.2.1.7 การคำนวณ $\nu = c\,t$

ν = Kinematic viscosity, mm^2/s

c = Viscometer constant, mm^2/s

t = Averange time, s

3.2.1.8 ค่าความสามารถทวนซ้ำได้ ของวิธีทดสอบเท่ากับ 0.76 เปอร์เซ็นต์ของค่าเฉลี่ย

3.2.2 การหาจุดวาบไฟแบบถ้วยเปิด (Flash and Fire Points by Cleveland Open Cup: ASTM D 92)

3.2.2.1 ตั้งโปรแกรมให้ความร้อนแก่ตัวอย่างโดยให้เพิ่มด้วยอัตรา 14 – 17 องศาเซลเซียสต่อนาที จนเมื่อตัวอย่างมีอุณหภูมิต่ำกว่าจุดวาบไฟที่คาดไว้ 56 องศาเซลเซียส ค่อยๆลดความร้อนลงจนเมื่อถึงอุณหภูมิ 28 องศาเซลเซียส ก่อนถึงจุดวาบไฟที่คาดไว้ อัตราความร้อนจะประมาณ 5-6 องศาเซลเซียสต่อนาที เมื่ออุณหภูมิของตัวอย่างต่ำกว่าจุดวาบไฟที่คาดไว้ 28 องศาเซลเซียส ให้ผ่าน เปลวไฟทุกๆ 2 องศาเซลเซียส โดยผ่านจากด้านหนึ่งไปยังอีกด้านหนึ่งเพียงครั้งเดียว ช่วงเวลาที่ผ่านถ้วยประมาณ 1.0 ± 0.1 วินาที

3.2.2.2 เติมตัวอย่างลงในถ้วยจนถึงขีดกำหนด ถ้าเติมมากเกินไปให้ใช้หลอดหยดดูดตัวอย่างส่วนที่เกินออก ถ้าทำตัวอย่างเลอะภายนอกถ้วย ให้เทตัวอย่างทิ้งและทำความสะอาดถ้วยใหม่ อย่าให้มีฟองอากาศบนผิวของตัวอย่าง ถ้าตัวอย่างหนืดมากควรอุ่นก่อนให้ตัวอย่างสามารถเทได้ แต่อุณหภูมิที่อุ่นไม่ควรเกินกว่าอุณหภูมิที่ต่ำกว่าจุดวาบไฟที่คาดไว้ 56 องศาเซลเซียส

3.2.2.3 จุดเปลวไฟและปรับให้มีขนาด 3.2 ถึง 4.8 มิลลิเมตร

3.2.2.4 บันทึกอุณหภูมิเมื่อเกิดการวาบไฟตัวบนอย่างในถ้วยทดสอบและรายงานเป็นค่าจุดวาบไฟ

3.2.2.5 ค่าความสามารถทวนซ้ำได้ของวิธีทดสอบเท่ากับ 18 องศาเซลเซียส

3.2.2.6 รายงานค่าเป็นเลขจำนวนเต็ม

3.3 วิธีการดำเนินการในการเปรียบเทียบวิธีการประเมินผลของห้องปฏิบัติการในกิจกรรมทดสอบความชำนาญ

3.3.1 ศึกษาวิธีการประเมินผลการทดสอบความชำนาญจากเอกสารอ้างอิง

3.3.2 รวบรวมข้อมูลจากกิจกรรมทดสอบความชำนาญของห้องเคมีวิเคราะห์เชิงฟิสิกส์ (เดิม) ที่เข้าร่วมโครงการเปรียบเทียบผลฯรอบที่ 14-18 ในรายการวิเคราะห์ค่าความหนืดที่ 40 และ 100 องศาเซลเซียสและรายการวิเคราะห์จุดวาบไฟแบบถ้วยเปิด

3.3.3 นำข้อมูลในข้อ 3.3.2 มาคำนวณค่าทางสถิติต่างๆคือ ค่าต่ำสุด (Min) ค่าสูงสุด (Max) ค่ากลาง (ค่าเฉลี่ยเลขคณิต ค่ามัธยฐาน), SD_1, SD_2, SD_R, $\overline{X} \pm 3\ SD_1$ การกระจายของข้อมูลและจำนวนห้องปฏิบัติการที่มีค่าออกนอกกลุ่มและศึกษาการกระจายของข้อมูลว่าเป็นแบบปกติหรือไม่โดยวิธี Kolmogorov – Smirnov ทั้งก่อนและหลังการตัดข้อมูลที่เป็นค่านอกกลุ่มและแสดงผลเป็น OK (มีการกระจายแบบปกติ) หรือ Not OK (มีการกระจายไม่ใช่แบบปกติ)

3.3.4 นำข้อมูลมาเปรียบเทียบการตัดค่านอกกลุ่มแบบที่ใช้การเปรียบเทียบผลฯกับแบบ Grubbs test ที่ระดับความเชื่อมั่น 99 %

3.3.5 เปรียบเทียบการประเมินความสามารถของห้องปฏิบัติการโดยใช้ค่า Z-score ของ 3 วิธีคือ

3.3.5.1 วิธีแบบใช้พารามิเตอร์ที่ใช้ในโครงการเปรียบเทียบผลฯ

3.3.5.2 วิธีโรบัสแบบ Normalize IQR

3.3.5.3 วิธีโรบัสแบบ Algorithm A

3.3.5.1 วิธีแบบใช้พารามิเตอร์ที่ใช้ในโครงการเปรียบเทียบผลฯ

- หาค่าเฉลี่ยเลขคณิตของกลุ่มรอบที่ 1 ($\overline{X}_1$) โดยนำผลการทดสอบในแต่ละรายการทดสอบมาหาค่าเฉลี่ยโดยใช้สูตร

$$\overline{X}_1 = \frac{\sum_{i=1}^{n} X_i}{n}$$

X_i = ผลการทดสอบของแต่ละห้องปฏิบัติการ

n = จำนวนห้องปฏิบัติการ

- หาส่วนเบี่ยงเบนมาตราฐานรอบที่ 1 (SD_1) โดยใช้สูตร

$$SD_1 = \sqrt{\frac{\Sigma (X_i - \overline{X}_1)^2}{(n-1)}}$$

X_i = ผลการทดสอบของแต่ละห้องปฏิบัติการ

n = จำนวนห้องปฏิบัติการ

- การตัดค่านอกกลุ่ม

ในกรณีที่ผลการทดสอบรายการใดมีค่า (X_i-$\overline{X}_1$) มีค่ามากกว่าหรือน้อยกว่า $\pm$ 3 SD_1 [$-3SD_1 < (X_i - \overline{X}_1) > +3SD_1$] ให้ตัดผลการทดสอบรายการดังกล่าวของห้องปฏิบัติการนั้นออก

- นำผลการทดสอบที่เหลือมาคำนวณหาค่าเฉลี่ยรอบที่ 2 ($\overline{X}_2$) ของกลุ่มใหม่ โดยใช้สูตร

$$\overline{X}_2 = \frac{\sum X_i}{n}$$

X_i = ผลการทดสอบของห้องปฏิบัติการที่เหลือหลังจากตัดค่านอกกลุ่ม

n = จำนวนห้องปฏิบัติการที่เหลือหลังจากตัดค่านอกกลุ่ม

- การคำนวณหาค่า Z-score

$$Z = \frac{X_i - \overline{X}}{SD_R}$$

X_i = ผลการทดสอบของแต่ละห้องปฏิบัติการ

$\overline{X}$ = ค่าเฉลี่ยของผลการทดสอบ

SD_R = ค่าTarget standard deviation / Standard deviation from reproducibility

สามารถหาค่า SD_R ได้จากสูตร

$$*R = 2\sqrt{2}\,SD_R$$

$$SD_R = \frac{R}{2\sqrt{2}}$$

R = ค่าความสามารถทวนซ้ำได้ของวิธีทดสอบ

* จาก ISO 5725 – 6[4] สำหรับการทดลองที่ทำ 2 ซ้ำที่ความเชื่อมั่น 95 % ให้ค่าโดยประมาณของ $t\sqrt{2}$ = 2.8 หรือเท่ากับ $2\sqrt{2}$ (t ค่าวิกฤติจากตาราง t ที่ความเชื่อมั่น 95%)

3.3.5.2 วิธีโรบัสแบบ Normalize IQR วิธีการตามข้อ 2.2.2.2

3.3.5.3 วิธีโรบัสแบบ Algorithm A จาก ISO 13528 วิธีการตามข้อ 2.2.2.3

ข้อกำหนดในการคำนวณคือค่าเฉลี่ยและค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานที่ใช้ในการคำนวณทางสถิติจะคงหลักทศนิยมไว้เกินกว่าที่ ASTM กำหนดให้รายงานผลอีก 1 และ 2 ตำแหน่งตามลำดับ การรายงานค่า Z–score ใช้ทศนิยม 2 ตำแหน่ง การปัดเศษเลขทศนิยมให้เป็นไปตามมาตรฐานการปัดเศษเลขทศนิยม การให้คะแนนสำหรับการประเมินความสามารถของห้องปฏิบัติการใช้คะแนนที่คำนวณจากค่า Z-score เป็นตัวบ่งบอกความหมายของผลการทดสอบในแต่ละรายการดังนี้

$|Z| \leq 2$ = น่าพอใจ

$2 < |Z| < 3$ = น่าสงสัย

$3 \leq |Z|$ = ไม่น่าพอใจ

บทที่ 4

ผลการทดลอง

4.1 ผลการทดสอบค่าทางสถิติของโครงการเปรียบเทียบผลฯรอบที่ 14-18

4.1.1 การวิเคราะห์ค่าความหนืดที่ 40 องศาเซลเซียส แสดงดังตารางที่ 4.1

4.1.2 การวิเคราะห์ค่าความหนืดที่ 100 องศาเซลเซียส แสดงดังตารางที่ 4.2

4.1.3 การวิเคราะห์จุดวาบไฟแบบถ้วยเปิด แสดงดังตารางที่ 4.3

4.2 ผลการศึกษาการกระจายของข้อมูลด้วยวิธี Kolomogorov - Smirnov test

4.2.1 ผลการศึกษาการกระจายของข้อมูลก่อนตัดค่านอกกลุ่มและหลังหลังตัดค่านอกกลุ่มจากโปรแกรม SPSS แสดงในภาคผนวก ก

4.3 ผลการเปรียบเทียบการหาค่านอกกลุ่มแบบที่ใช้ในโครงการเปรียบเทียบผลฯกับแบบ Grubbs test

4.3.1 การวิเคราะห์ค่าความหนืดที่ 40 องศาเซลเซียส แสดงดังตารางที่ 4.4

4.3.2 การวิเคราะห์ค่าความหนืดที่ 100 องศาเซลเซียส แสดงดังตารางที่ 4.5

4.3.3 การวิเคราะห์จุดวาบไฟแบบถ้วยเปิด แสดงดังตารางที่ 4.6

4.3.4 ผลการคำนวณค่านอกกลุ่มแบบ Grubbs test แสดงในภาคผนวก ข

4.4 ผลการเปรียบเทียบการประเมินผลการทดสอบความชำนาญในรูปคะแนนมาตรฐาน

4.4.1 การวิเคราะห์ค่าความหนืดที่ 40 องศาเซลเซียส แสดงดังตารางที่ 4.7-4.11

4.4.2 การวิเคราะห์ค่าความหนืดที่ 100 องศาเซลเซียส แสดงดังตารางที่ 3.12-3.16

4.4.3 การวิเคราะห์จุดวาบไฟแบบถ้วยเปิด แสดงดังตารางที่ 3.17 - 3.21

4.4.4 ผลการคำนวณสถิติแบบ Algorithm แสดงในภาคผนวก ค

ตารางที่ 4.1 แสดงผลการวิเคราะห์และค่าทางสถิติของรายการวิเคราะห์ค่าความหนืด ที่ 40 องศาเซลเซียส

	ค่าความหนืดที่ 40 องศาเซลเซียส				
	รอบที่ 14	รอบที่ 15	รอบที่ 16	รอบที่ 17	รอบที่ 18
1	145.8*	30.11	105.4	149.6	185.0*
2	148.1	30.12	105.5	149.9	188.0
3	148.5	30.14	105.5	149.9	188.4
4	148.6	30.16	105.6	149.9	188.4
5	148.8	30.18	105.7	150.1	188.4
6	148.8	30.19	105.7	150.2	188.5
7	148.8	30.20	105.7	150.2	188.6
8	148.9	30.20	105.8	150.4	188.7
9	148.9	30.24	105.9	150.6	188.7
10	149.0	30.26	105.9	150.6	188.8
11	149.1	30.27	106.1	150.6	189.0
12	149.1	30.44	106.2	150.7	189.0
13	149.3	-	106.4	151.1	189.1
14	149.4	-	107.4	151.2	189.3
15	149.6	-	-	151.9	189.8
16	150.6	-	-	-	-
N	16	12	14	15	15
ค่าต่ำสุด	145.8	30.11	105.4	149.6	185.0
ค่าสูงสุด	150.6	30.44	107.4	151.9	189.8
$\overline{X}_i$	148.83	30.209	105.91	150.46	188.51
SD_i	0.9776	0.0889	0.5127	0.6055	1.0656
$3\ SD_i$	2.9327	0.2666	1.5381	1.8166	3.1968
$\overline{X}_i \pm 3SD$	145.90-151.76	29.942-30.476	104.38-107.48	148.64-152.28	185.31-191.71
รูปแบบการกระจาย*	Not OK	OK	OK	OK	Not OK

เครื่องหมาย * แสดงค่านอกกลุ่ม

OK แสดงการกระจายเป็นแบบปกติ

Not OK แสดงการกระจายไม่ใช่แบบปกติ

กรมวิทยาศาสตร์บริการ

ตารางที่ 4.1 แสดงผลการวิเคราะห์และค่าทางสถิติของการวิเคราะห์ค่าความหนืด ที่ 40 องศาเซลเซียส (ต่อ)

	ค่าความหนืดที่ 40 องศาเซลเซียส				
	รอบที่ 14	รอบที่ 15	รอบที่ 16	รอบที่ 17	รอบที่ 18
จำนวนค่านอกกลุ่ม	1	0	0	0	1
มัธยฐาน	148.90	30.195	105.75	150.40	188.70
$\overline{X}_2$	149.03	-	-	-	188.76
SD_2	0.5690	-	-	-	0.4126
SD_R	0.401	0.081	0.285	0.404	0.507
รูปแบบการกระจาย*	OK	OK	OK	OK	OK

OK แสดงการกระจายเป็นแบบปกติ

Not OK แสดงว่าการกระจายไม่ใช่แบบปกติ

ตารางที่ 4.2 แสดงผลการวิเคราะห์และค่าทางสถิติของการวิเคราะห์ค่าความหนืด ที่ 100 องศาเซลเซียส

	ค่าความหนืดที่ 100 องศาเซลเซียส				
	รอบที่ 14	รอบที่ 15	รอบที่ 16	รอบที่ 17	รอบที่ 18
1	14.63	5.384	14.15	17.53	17.14
2	14.64	5.401	14.21	17.55	17.14
3	14.66	5.403	14.22	17.56	17.15
4	14.66	5.409	14.22	17.56	17.16
5	14.67	5.410	14.23	17.57	17.16
6	14.68	5.410	14.24	17.57	17.16
7	14.68	5.411	14.25	17.57	17.17
8	14.69	5.412	14.26	17.58	17.18
9	14.69	5.418	14.26	17.58	17.18
10	14.69	5.424	14.26	17.60	17.18
11	14.69	5.462	14.27	17.61	17.20

ตารางที่ 4.2 แสดงผลการวิเคราะห์และค่าทางสถิติของการวิเคราะห์ค่าความหนืด ที่ 100 องศาเซลเซียส (ต่อ)

	ค่าความหนืดที่ 100 องศาเซลเซียส				
	รอบที่ 14	รอบที่ 15	รอบที่ 16	รอบที่ 17	รอบที่ 18
12	14.70	5.474	14.28	17.62	17.23
13	14.72	-	14.32	17.62	17.23
14	14.80	-	14.34	17.63	17.25
15	15.34*	-	-	17.67	20.43*
N	15	12	14	15	15
ค่าต่ำสุด	14.63	5.384	14.15	17.53	17.14
ค่าสูงสุด	15.34	5.474	14.34	17.67	20.43
$\overline{X}_1$	14.729	5.418	14.251	17.588	17.397
SD_1	0.1734	0.0254	0.0468	0.0365	0.8396
$3\ SD_1$	0.5202	0.0761	0.1404	0.1095	2.5189
รูปแบบการกระจาย*	Not OK	Not OK	OK	OK	Not OK
$\overline{X}_1 \pm 3\ SD$	14.209-15.249	5.341-5.494	14.111-14.391	17.479-17.697	14.878-19.916
จำนวนค่านอกกลุ่ม	1	0	0	0	1
มัธยฐาน	14.690	5.4105	14.255	17.580	17.180
$\overline{X}_2$	14.686	-	-	-	17.181
SD_2	0.0400	-	-	-	0.0347
SD_R	0.0395	0.0146	0.0383	0.0473	0.0462
รูปแบบการกระจาย*	Not OK	Not OK	OK	OK	OK

เครื่องหมาย * แสดงค่านอกกลุ่ม

OK แสดงการกระจายเป็นแบบปกติ

Not OK แสดงการกระจายไม่เป็นแบบปกติ

ตารางที่ 4.3 แสดงผลการวิเคราะห์และค่าทางสถิติของการวิเคราะห์จุดวาบไฟแบบถ้วยเปิด

	ค่าจุดวาบไฟแบบถ้วยเปิด (องศาเซลเซียส)				
	รอบที่ 14	รอบที่ 15	รอบที่ 16	รอบที่ 17	รอบที่ 18
1	270	221	219	234	224
2	273	222	220	237	231
3	278	224	221	240	234
4	279	224	224	240	235
5	281	226	225	242	237
6	282	226	227	242	238
7	282	228	228	243	238
8	283	230	228	243	239
9	284	232	231	244	239
10	285	235	232	247	240
11	286	239	232	248	240
12	286	241	235	248	241
13	286	-	-	250	243
14	291	-	-	251	245
15	293	-	-	252	-
N	15	12	12	15	14
ค่าต่ำสุด	270	221	219	234	224
ค่าสูงสุด	293	241	235	252	245
$\overline{X}_1$	282.6	229.0	226.8	244.1	237.4
SD_1	6.03	6.55	5.17	5.22	5.26
$3\ SD_1$	18.09	19.65	15.51	15.66	15.78
รูปแบบการกระจาย*	OK	OK	OK	OK	OK
$\overline{X}_1 \pm 3SD$	265-301	209-249	211-243	228-260	221-253
จำนวนค่านอกกลุ่ม	0	0	0	0	0
มัธยฐาน	283.0	227.0	227.5	243.0	238.5
SD_R	6.36	6.36	6.36	6.36	6.36
รูปแบบการกระจาย*	OK	OK	OK	OK	OK

OK แสดงการกระจายเป็นแบบปกติ

Not OK แสดงการกระจายไม่เป็นแบบปกติ

ตารางที่ 4.4 แสดงการเปรียบเทียบการหาค่านอกกลุ่มแบบเปรียบเทียบผลฯผลิตภัณฑ์หล่อลื่นกับแบบ Grubbs test ของการวิเคราะห์ค่าความหนืดที่ 40 องศาเซลเซียส

	ค่าความหนืดที่ 40 องศาเซลเซียส				
	รอบที่ 14	รอบที่ 15	รอบที่ 16	รอบที่ 17	รอบที่ 18
1. จำนวนค่านอกกลุ่มหาแบบ $\overline{X} \pm 3$ SD	1	0	0	0	1
2. จำนวนค่านอกกลุ่มหาแบบ Grubbs test	1	0	1	0	1

ตารางที่ 4.5 แสดงการเปรียบเทียบการหาค่านอกกลุ่มแบบเปรียบเทียบผลฯผลิตภัณฑ์หล่อลื่นกับแบบ Grubbs test ของการวิเคราะห์ค่าความหนืดที่ 100 องศาเซลเซียส

	ค่าความหนืดที่ 100 องศาเซลเซียส				
	รอบที่ 14	รอบที่ 15	รอบที่ 16	รอบที่ 17	รอบที่ 18
1. จำนวนค่านอกกลุ่มหาแบบ $\overline{X} \pm 3$ SD	1	0	0	0	1
2. จำนวนค่านอกกลุ่มหาแบบ Grubbs test	1	0	0	0	1

ตารางที่ 4.6 แสดงการเปรียบเทียบการหาค่านอกกลุ่มแบบเปรียบเทียบผลฯผลิตภัณฑ์หล่อลื่นกับแบบ Grubbs test ของการวิเคราะห์ค่าจุดวาบไฟแบบถ้วยเปิด

	จุดวาบไฟแบบถ้วยเปิด				
	รอบที่ 14	รอบที่ 15	รอบที่ 16	รอบที่ 17	รอบที่ 18
1. จำนวนค่านอกกลุ่มหาแบบ $\overline{X} \pm 3$ SD	0	0	0	0	0
2. จำนวนค่านอกกลุ่มหาแบบ Grubbs test	0	0	0	0	0

ตารางที่ 4.7 ผลการทดสอบความชำนาญรอบที่ 14 ในรูปคะแนนมาตรฐานของการวิเคราะห์ค่าความหนืดที่ 40 องศาเซลเซียส

วิธีการประเมินผล / ค่าทางสถิติ		Algorithm A	โครงการเปรียบเทียบผลฯ	Normalize IQR
ค่ากำหนด		148.92	149.03	148.90
ค่าความเบี่ยงเบนมาตรฐาน		0.424	0.401	0.408
ผลการวิเคราะห์		Z		
145.8		-7.36	-8.05	-7.60
148.1		-1.93	-2.32	-1.96
148.5		-0.99	-1.32	-0.98
148.6		-0.75	-1.07	-0.74
148.8		-0.28	-0.57	-0.25
148.8		-0.28	-0.57	-0.25
148.8		-0.28	-0.57	-0.25
148.9		-0.05	-0.32	0.00
148.9		-0.05	-0.32	0.00
149.0		0.19	-0.07	0.25
149.1		0.42	0.17	0.49
149.1		0.42	0.17	0.49
149.3		0.90	0.67	0.98
149.4		1.13	0.92	1.23
149.6		1.60	1.42	1.72
150.6		3.96	3.92	4.17
จำนวนห้องปฏิบัติการ	$Z \leq 2$	14	13	14
	$2 < Z < 3$	0	1	0
	$3 \leq Z$	2	2	2

ตารางที่ 4.8 ผลการทดสอบความชำนาญรอบที่ 15 ในรูปคะแนนมาตรฐานของการวิเคราะห์ค่าความหนืดที่ 40 องศาเซลเซียส

วิธีการประเมินผล / ค่าทางสถิติ		Algorithm A	โครงการเปรียบเทียบผลฯ	Normalize IQR
ค่ากำหนด		30.198	30.209	30.195
ค่าความเบี่ยงเบนมาตรฐาน		0.0688	0.0812	0.0820
ผลการวิเคราะห์		Z		
30.11		-1.28	-1.22	-1.04
30.12		-1.13	-1.10	-0.91
30.14		-0.84	-0.85	-0.67
30.16		-0.55	-0.60	-0.43
30.18		-0.26	-0.36	-0.18
30.19		-0.12	-0.23	-0.06
30.20		0.03	-0.11	0.06
30.20		0.03	-0.11	0.06
30.24		0.61	0.38	0.55
30.26		0.90	0.63	0.79
30.27		1.04	0.75	0.91
30.44		3.50	2.84	2.99
จำนวนห้องปฏิบัติการ	$Z \leq 2$	11	11	11
	$2 < Z < 3$	0	1	1
	$3 \leq Z$	1	0	0

ตารางที่ 4.9 ผลการทดสอบความชำนาญรอบที่ 16 ในรูปคะแนนมาตรฐานของการวิเคราะห์ค่าความหนืดที่ 40 องศาเซลเซียส

วิธีการประเมินผล / ค่าทางสถิติ		Algorithm A	โครงการเปรียบเทียบผลฯ	Normalize IQR
ค่ากำหนด		105.84	105.91	105.80
ค่าความเบี่ยงเบนมาตรฐาน		0.369	0.285	0.400
ผลการวิเคราะห์		Z		
105.4		-1.19	-1.79	-1.00
105.5		-0.92	-1.44	-0.75
105.5		-0.92	-1.44	-0.75
105.6		-0.65	-1.09	-0.50
105.7		-0.38	-0.74	-0.25
105.7		-0.38	-0.74	-0.25
105.7		-0.38	-0.74	-0.25
105.8		-0.11	-0.39	0.00
105.9		0.16	-0.04	0.25
105.9		0.16	-0.04	0.25
106.1		0.70	0.67	0.75
106.2		0.98	1.02	1.00
106.4		1.52	1.72	1.50
107.4		4.23	5.23	4.00
จำนวนห้องปฏิบัติการ	$Z \leq 2$	13	13	13
	$2 < Z < 3$	0	0	0
	$3 \leq Z$	1	1	1

ตารางที่ 4.10 ผลการทดสอบความชำนาญรอบที่ 17 ในรูปคะแนนมาตรฐานของการวิเคราะห์ค่าความหนืดที่ 40 องศาเซลเซียส

วิธีการประเมินผล / ค่าทางสถิติ		Algorithm A	โครงการเปรียบเทียบผลฯ	Normalize IQR
ค่ากำหนด		150.40	150.46	150.40
ค่าความเบี่ยงเบนมาตรฐาน		0.545	0.404	0.593
ผลการวิเคราะห์		Z		
149.6		-1.47	-2.13	-1.36
149.9		-0.92	-1.39	-0.85
149.9		-0.92	-1.39	-0.85
149.9		-0.92	-1.39	-0.85
150.1		-0.55	-0.89	-0.51
150.2		-0.37	-0.64	-0.34
150.2		-0.37	-0.64	-0.34
150.4		0.00	0.15	0.00
150.6		0.37	0.35	0.34
150.6		0.37	0.35	0.34
150.6		0.37	0.35	0.34
150.7		0.55	0.59	0.51
151.1		1.28	1.58	1.19
151.2		1.47	1.83	1.36
151.9		2.75	3.56	2.54
จำนวนห้องปฏิบัติการ	$Z \leq 2$	14	13	14
	$2 < Z < 3$	1	1	1
	$3 \leq Z$	0	1	0

ตารางที่ 4.11 ผลการทดสอบความชำนาญรอบที่ 18 ในรูปคะแนนมาตรฐานของการวิเคราะห์ค่าความหนืดที่ 40 องศาเซลเซียส

วิธีการประเมินผล / ค่าทางสถิติ		Algorithm A	โครงการเปรียบเทียบผลฯ	Normalize IQR
ค่ากำหนด		188.66	188.75	188.60
ค่าความเบี่ยงเบนมาตรฐาน		0.488	0.507	0.445
ผลการวิเคราะห์		Z		
185.0		-7.42	-7.32	-8.22
188.0		-1.39	-1.52	-1.62
188.4		-0.64	-0.79	-0.79
188.4		-0.53	-0.69	-0.67
188.4		-0.53	-0.69	-0.67
188.5		-0.33	-0.49	-0.45
188.6		-0.10	-0.28	-0.20
188.7		-0.02	-0.20	-0.11
188.7		0.08	-0.10	0.00
188.8		0.29	0.10	0.22
189.0		0.64	0.43	0.61
189.0		0.70	0.49	0.67
189.1		0.90	0.69	0.90
189.3		1.31	1.08	1.35
189.8		2.34	2.07	2.47
จำนวนห้องปฏิบัติการ	$Z \leq 2$	13	13	13
	$2 < Z < 3$	1	1	1
	$3 \leq Z$	1	1	1

ตารางที่ 4.12 ผลการทดสอบความชำนาญรอบที่ 14 ในรูปคะแนนมาตรฐานของการวิเคราะห์ค่าความหนืดที่ 100 องศาเซลเซียส

วิธีการประเมินผล / ค่าทางสถิติ		Algorithm A	โครงการเปรียบเทียบผลฯ	Normalize IQR
ค่ากำหนด		14.684	14.686	14.690
ค่าความเบี่ยงเบนมาตรฐาน		0.0355	0.0395	0.0297
ผลการวิเคราะห์		Z		
14.63		-1.52	-1.42	-2.02
14.64		-1.24	-1.16	-1.68
14.66		-0.68	-0.66	-1.01
14.66		-0.68	-0.66	-1.01
14.67		-0.39	-0.41	-0.67
14.68		-0.11	-0.15	-0.34
14.68		-0.11	-0.15	-0.34
14.69		0.17	0.10	0.00
14.69		0.17	0.10	0.00
14.69		0.17	0.10	0.00
14.72		0.17	0.10	0.00
14.80		0.45	0.35	0.34
14.69		1.01	0.86	1.01
14.70		3.27	2.89	3.70
15.34		18.48	16.56	21.89
จำนวนห้องปฏิบัติการ	$Z \leq 2$	13	13	12
	$2 < Z < 3$	0	1	1
	$3 \leq Z$	2	1	2

ตารางที่ 4.13 ผลการทดสอบความชำนาญรอบที่ 15 ในรูปคะแนนมาตรฐานของการวิเคราะห์ค่าความหนืดที่ 100 องศาเซลเซียส

วิธีการประเมินผล / ค่าทางสถิติ		Algorithm A	โครงการเปรียบเทียบผลฯ	Normalize IQR
ค่ากำหนด		5.414	5.418	5.414
ค่าความเบี่ยงเบนมาตรฐาน		0.0120	0.0146	0.0125
ผลการวิเคราะห์		Z		
5.384		-2.50	-2.33	-2.40
5.401		-1.08	- 1.16	-1.04
5.403		-0.92	-1.03	-0.88
5.409		-0.42	-0.62	-0.40
5.410		-0.33	- 0.55	-0.32
5.410		-0.33	- 0.55	-0.32
5.411		-0.25	-0.48	-0.24
5.412		-0.17	-0.41	-0.16
5.418		0.33	0.00	0.32
5.424		0.83	0.41	0.80
5.462		4.00	3.01	3.84
5.474		5.00	3.84	4.80
จำนวนห้องปฏิบัติการ	$Z \leq 2$	9	9	9
	$2 < Z < 3$	1	2	1
	$3 \leq Z$	2	1	2

ตารางที่ 4.14 ผลการทดสอบความชำนาญรอบที่16ในรูปคะแนนมาตรฐานของการวิเคราะห์ค่าความหนืดที่ 100 องศาเซลเซียส

วิธีการประเมินผล / ค่าทางสถิติ		Algorithm A	โครงการเปรียบเทียบผลฯ	Normalize IQR
ค่ากำหนด		14.247	14.251	14.26
ค่าความเบี่ยงเบนมาตรฐาน		0.0471	0.0383	0.0385
ผลการวิเคราะห์		Z		
14.15		-2.06	- 2.63	-2.86
14.21		-0.79	- 1.07	-1.30
14.22		-0.57	- 0.81	-1.04
14.22		-0.57	- 0.81	-1.04
14.23		-0.36	- 0.55	-0.78
14.24		-0.15	- 0.29	-0.52
14.25		0.06	- 0.03	-0.26
14.26		0.28	0.23	0.00
14.26		0.28	0.23	0.00
14.26		0.28	0.23	0.00
14.27		0.49	0.50	0.26
14.28		0.70	0.76	0.52
14.32		1.55	1.80	1.56
14.34		1.97	2.32	2.08
จำนวนห้องปฏิบัติการ	$Z \leq 2$	13	12	12
	$2<Z<3$	1	2	2
	$3 \leq Z$	0	0	0

ตารางที่ 4.15 ผลการทดสอบความชำนาญรอบที่ 17 ในรูปคะแนนมาตรฐานของการวิเคราะห์ค่าความหนืดที่ 100 องศาเซลเซียส

วิธีการประเมินผล / ค่าทางสถิติ		Algorithm A	โครงการเปรียบเทียบผลฯ	Normalize IQR
ค่ากำหนด		17.587	17.588	17.580
ค่าความเบี่ยงเบนมาตรฐาน		0.0335	0.0473	0.0445
ผลการวิเคราะห์		Z		
17.53		-1.70	-1.23	-1.12
17.55		-1.10	-0.81	-0.67
17.56		-0.81	-0.60	-0.45
17.56		-0.81	-0.60	-0.45
17.57		-0.51	-0.38	-0.22
17.57		-0.51	-0.38	-0.22
17.57		-0.51	-0.38	-0.22
17.58		-0.21	-0.17	0.00
17.58		-0.21	-0.17	0.00
17.60		0.39	0.26	0.45
17.61		0.69	0.47	0.67
17.62		0.99	0.68	0.90
17.62		0.99	0.68	0.90
17.63		1.28	0.89	1.12
17.67		2.48	1.74	2.02
จำนวนห้องปฏิบัติการ	$Z \leq 2$	14	14	14
	$2 < Z < 3$	1	0	1
	$3 \leq Z$	0	0	0

ตารางที่ 4.16 ผลการทดสอบความชำนาญรอบที่ 18 ในรูปคะแนนมาตรฐานของการวิเคราะห์ค่าความหนืดที่ 100 องศาเซลเซียส

วิธีการประเมินผล / ค่าทางสถิติ		Algorithm A	โครงการเปรียบเทียบผลฯ	Normalize IQR
ค่ากำหนด		17.181	17.180	17.180
ค่าความเบี่ยงเบนมาตรฐาน		0.036	0.0462	0.052
ผลการวิเคราะห์		Z		
17.14		-1.14	-0.87	-0.77
17.14		-1.33	-0.87	-0.77
17.15		-1.00	-0.65	-0.58
17.16		-0.67	-0.43	-0.39
17.16		-0.67	-0.43	-0.39
17.16		-0.67	-0.43	-0.39
17.17		-0.33	-0.22	-0.19
17.18		0.00	0.00	0.00
17.18		0.00	0.00	0.00
17.18		0.00	0.00	0.00
17.20		0.67	0.43	0.39
17.23		1.67	1.09	0.96
17.23		1.67	1.09	0.96
17.25		2.33	1.52	1.35
20.43		108.33	70.65	62.62
จำนวนห้องปฏิบัติการ	$Z \leq 2$	13	14	14
	$2 < Z < 3$	1	0	0
	$3 \leq Z$	1	1	1

ตารางที่ 4.17 ผลการทดสอบความชำนาญรอบที่ 14 ในรูปคะแนนมาตรฐานของการวิเคราะห์จุดวาบไฟแบบถ้วยเปิด

วิธีการประเมินผล / ค่าทางสถิติ		Algorithm A	โครงการเปรียบเทียบผลฯ	Normalize IQR
ค่ากำหนด		282.8	282.6	283.0
ค่าความเบี่ยงเบนมาตรฐาน		5.34	6.36	5.19
ผลการวิเคราะห์		Z		
270		-2.40	-1.98	-2.50
273		-1.84	-1.51	-1.93
278		-0.90	-0.72	-0.96
279		-0.71	-0.57	-0.77
281		-0.34	-0.25	-0.39
282		-0.15	-0.09	-0.19
282		-0.15	-0.09	-0.19
283		0.04	0.06	0.00
284		0.22	0.22	0.19
285		0.41	0.38	0.39
286		0.60	0.53	0.58
286		0.60	0.53	0.58
286		0.60	0.53	0.58
291		1.54	1.32	1.54
293		1.91	1.64	1.93
จำนวนห้องปฏิบัติการ	$Z \leq 2$	14	15	14
	$2 < Z < 3$	1	0	1
	$3 \leq Z$	0	0	0

ตารางที่ 4.18 ผลการทดสอบความชำนาญรอบที่ 15 ในรูปคะแนนมาตรฐานของการวิเคราะห์จุดวาบไฟแบบถ้วยเปิด

วิธีการประเมินผล / ค่าทางสถิติ		Algorithm A	โครงการเปรียบเทียบผลฯ	Normalize IQR
ค่ากำหนด		228.3	229.0	227.0
ค่าความเบี่ยงเบนมาตรฐาน		6.12	6.36	7.60
ผลการวิเคราะห์		Z		
221.0		-1.19	-1.26	-0.79
222.0		-1.03	-1.10	-0.66
224.0		-0.70	-0.79	-0.39
224.0		-0.70	-0.79	-0.39
226.0		-0.38	-0.47	-0.13
226.0		-0.38	-0.47	-0.13
228.0		-0.05	-0.16	0.13
230.0		0.28	0.16	0.39
232.0		0.60	0.47	0.66
235.0		1.09	0.94	1.05
239.0		1.75	1.57	1.58
241.0		2.08	1.89	1.84
จำนวนห้องปฏิบัติการ	$Z \leq 2$	11	12	12
	$2 < Z < 3$	1	0	0
	$3 \leq Z$	0	0	0

ตารางที่ 4.19 ผลการทดสอบความชำนาญรอบที่16 ในรูปคะแนนมาตรฐานของการวิเคราะห์จุดวาบไฟแบบถ้วยเปิด

วิธีการประเมินผล / ค่าทางสถิติ		Algorithm A	โครงการเปรียบเทียบผลฯ	Normalize IQR
ค่ากำหนด		226.8	226.8	227.5
ค่าความเบี่ยงเบนมาตรฐาน		5.86	6.36	7.41
ผลการวิเคราะห์		Z		
219		-1.33	-1.26	-1.15
220		-1.16	-1.10	-1.01
221		-0.99	-0.94	-0.88
224		-0.48	-0.47	-0.47
225		-0.31	-0.31	-0.34
227		0.03	0.00	-0.07
228		0.20	0.16	0.07
228		0.20	0.16	0.07
231		0.72	0.63	0.47
232		0.89	0.79	0.61
232		0.89	0.79	0.61
235		1.40	1.26	1.01
จำนวนห้องปฏิบัติการ	$Z \leq 2$	12	12	12
	$2 < Z < 3$	0	0	0
	$3 \leq Z$	0	0	0

ตารางที่ 4.20 ผลการทดสอบความชำนาญรอบที่17 ในรูปคะแนนมาตรฐานของการวิเคราะห์จุดวาบไฟแบบถ้วยเปิด

วิธีการประเมินผล / ค่าทางสถิติ		Algorithm A	โครงการเปรียบเทียบผลฯ	Normalize IQR
ค่ากำหนด		244	244	243
ค่าความเบี่ยงเบนมาตรฐาน		5.8	6.4	5.9
ผลการวิเคราะห์		Z		
234		-1.72	-1.56	-1.53
237		-1.21	-1.09	-1.02
240		-0.69	-0.63	-0.51
240		-0.69	-0.63	-0.51
242		-0.34	-0.31	-0.17
242		-0.34	-0.31	-0.17
243		-0.17	-0.16	0.00
243		-0.17	-0.16	0.00
244		0.00	0.00	0.17
247		0.52	0.47	0.68
248		0.69	0.63	0.85
248		0.69	0.63	0.85
250		1.03	0.94	1.19
251		1.21	1.09	1.36
252		1.38	1.25	1.53
จำนวนห้องปฏิบัติการ	$Z \leq 2$	15	15	15
	$2 < Z < 3$	0	0	0
	$3 \leq Z$	0	0	0

ตารางที่ 4.21 ผลการทดสอบความชำนาญรอบที่18 ในรูปคะแนนมาตรฐานของการวิเคราะห์จุดวาบไฟแบบถ้วยเปิด

วิธีการประเมินผล / ค่าทางสถิติ		Algorithm A	โครงการเปรียบเทียบผลฯ	Normalize IQR
ค่ากำหนด		238.00	237	238
ค่าความเบี่ยงเบนมาตรฐาน		4.60	6.4	4.0
ผลการวิเคราะห์		Z		
224		-3.04	-2.03	-3.50
231		-1.52	-0.94	-1.75
234		-0.87	-0.47	-1.00
235		-0.65	-0.31	-0.75
237		-0.22	0.00	-0.25
238		0.00	0.16	0.00
238		0.00	0.16	0.00
239		0.22	0.31	0.25
239		0.22	0.31	0.25
240		0.43	0.47	0.50
240		0.43	0.47	0.50
241		0.65	0.63	0.75
243		1.09	0.94	1.25
245		1.52	1.25	1.75
จำนวนห้องปฏิบัติการ	$Z \leq 2$	14	14	14
	$2 < Z < 3$	0	1	0
	$3 \leq Z$	1	0	1

บทที่ 5

วิจารณ์ผลการทดลอง

5.1 จากผลการเข้าร่วมโครงการทดสอบความชำนาญและค่าทางสถิติของผลิตภัณฑ์น้ำมันหล่อลื่น รอบที่ 14-18 แสดงในตารางที่ 4.1-4.3 นำมาศึกษาค่าทางสถิติได้ผลดังนี้

5.1.1 จากตารางที่ 4.1 การวิเคราะห์ค่าความหนืดที่ 40 องศาเซลเซียส

- พบว่าข้อมูลรอบที่ 14-18 มีค่าต่ำสุดของแต่ละชุดข้อมูลเป็นค่านอกกลุ่ม ซึ่งมีผลต่อค่ากลาง และค่าความเบี่ยงเบนมาตรฐาน หลังจากตัดค่านอกกลุ่มออกแล้วข้อมูลมีความเบี่ยงเบนลดลงแต่ยังมีค่าสูงกว่าความเบี่ยงเบนที่คำนวณแบบใช้ค่าความสามารถทวนซ้ำได้ของวิธีทดสอบมาตรฐาน ($SD_2 > SD_R$)
- ศึกษาการกระจายของข้อมูลด้วยวิธี Kolomogorov – Smirnov พบว่าข้อมูลรอบที่ 14, 18 มีการกระจายไม่ใช่แบบปกติ หลังจากตัดค่านอกกลุ่มออกแล้วจึงทำให้ข้อมูลมีการกระจายแบบปกติ

5.1.2 จากตารางที่ 4.2 การวิเคราะห์ความหนืดที่ 100 องศาเซลเซียส

- พบว่าข้อมูลรอบที่ 14-18 มีค่าสูงสุดของแต่ละชุดข้อมูลเป็นค่านอกกลุ่ม ซึ่งมีผลต่อค่ากลางและค่าความเบี่ยงเบนมาตรฐาน หลังจากตัดค่านอกกลุ่มออกแล้วข้อมูลมีความเบี่ยงเบนลดลงแต่ยังมีค่าสูงกว่าความเบี่ยงเบนที่คำนวณแบบใช้ค่าความสามารถทวนซ้ำของวิธีทดสอบมาตรฐาน ยกเว้นรอบที่ 18 ผลการทดลองมีความเบี่ยงเบนน้อยกว่าที่กำหนดโดยวิธีมาตรฐาน
- ศึกษาการกระจายของข้อมูลด้วยวิธี Kolomogorov – Smirnov พบว่าชุดข้อมูลรอบที่ 14, 15, 18 มีการกระจายไม่ใช่แบบปกติ หลังจากตัดค่านอกกลุ่มของข้อมูลรอบที่ 14-18 ออกแล้วข้อมูลรอบที่ 14 ยังคงมีการกระจายไม่ใช่แบบปกติ ส่วนชุดข้อมูลรอบที่ 15 ไม่พบค่านอกกลุ่ม จึงมี 2 ชุดข้อมูล (รอบที่ 14-15) ที่มีการกระจายไม่ใช่แบบปกติ ถูกนำไปประเมินความสามารถของห้องปฏิบัติโดยใช้สถิติแบบใช้พารามิเตอร์

5.1.3 จากตารางที่ 4.3 การวิเคราะห์การวิเคราะห์ค่าจุดวาบไฟแบบถ้วยเปิด

- ไม่มีข้อมูลที่เป็นค่านอกกลุ่ม ผลการทดสอบในแต่ละชุดข้อมูลมีความเบี่ยงเบนมาตรฐานน้อยกว่าที่กำหนดโดยวิธีมาตรฐาน
- ศึกษาการกระจายของข้อมูลด้วยวิธี Kolomogorov – Smirnov ทุกชุดข้อมูลมีการกระจายแบบปกติ

5.2 การเปรียบเทียบการหาค่านอกกลุ่มแบบที่ใช้ในโครงการเปรียบเทียบผลฯกับแบบ Grubbs test จากตารางที่ 4.4-4.6 พบว่าการตัดค่านอกกลุ่มของทั้ง 2 วิธีให้ผลเหมือนกันยกเว้นข้อมูลการวิเคราะห์ค่าความหนืดที่ 40 องศาเซลเซียส รอบที่ 16 การตัดค่านอกกลุ่มแบบที่ใช้ในโครงการเปรียบเทียบผลฯ ไม่พบค่านอกกลุ่มแต่การตัดค่านอกกลุ่มแบบ Grubbs tests พบค่านอกกลุ่ม 1 ค่า

เมื่อพิจารณาการตัดค่านอกกลุ่มแบบ Grubbs test มีการนำค่าสูงสุดและต่ำสุดมาทดสอบโดยใช้สูตร

ค่าสูงสุด $G_p = \frac{X_p - \overline{X}}{SD}$ ---------5.1

ค่าต่ำสุด $G_l = \frac{\overline{X} - X_i}{SD}$ ---------5.2

X_p = ค่าข้อมูลสูงสุด

X_i = ค่าข้อมูลต่ำสุด

SD = ค่าความเบี่ยงเบนมาตรฐาน

เมื่อแทนค่าเกณฑ์ในการยอมรับค่าของข้อมูลที่ใช้ในโครงการเปรียบเทียบผลฯคือ $\overline{X} \pm 3$ SD ลงในสมการ 5.1- 5.2

$$G_p = \frac{(\overline{X} + 3\,SD) - \overline{X}}{SD} = 3$$

$$G_l = \frac{\overline{X} - (\overline{X} - 3\,SD)}{SD} = 3$$

จะเห็นว่าเกณฑ์ในการตัดค่านอกกลุ่มของวิธีที่ใช้ในโครงการเปรียบเทียบผลฯจะให้ค่า G_p และ G_l เท่ากับ 3 เมื่อดูในตาราง Critical values for Grubbs test (ตารางที่ ง.1) จะเห็นว่าค่านี้จะตรงกับค่า p (จำนวนข้อมูล) ที่ 20 ซึ่งเป็นจำนวนข้อมูลที่ทำให้เกิดความแตกต่างของทั้ง 2 วิธี สามารถแบ่งได้เป็น 2 กรณีคือ

- กรณีที่ 1 เมื่อจำนวนข้อมูลน้อยกว่า 20 ข้อมูล ค่าต่างสุดของข้อมูลที่ทำให้ค่า G_p หรือ G_l อยู่ในช่วงมากกว่าค่าวิกฤติที่ได้จากตาราง Critical values for Grubbs test แต่น้อยกว่า 3 [ค่าวิกฤติ < (ค่า G_p หรือ G_l) <3] จะทำให้ 2 วิธีมีความต่างกันคือ ถ้าใช้วิธี Grubbs test จะพบว่ามีค่านอกกลุ่ม แต่วิธีที่ใช้ในโครงการเปรียบเทียบผลฯไม่พบค่านอกกลุ่ม ตัวอย่าง

เช่นการจัดรอบที่ 16 การวิเคราะห์ค่าความหนืดที่ 40 องศาเซลเซียส มีจำนวนข้อมูลเท่ากับ 14 ข้อมูล ค่าสูงสุด = 107.4 ค่า $\overline{X}$ = 105.91 SD = 0.5127

$$G_p = \frac{107.4 - 105.91}{0.5127} = 2.9061$$

(ค่าวิกฤติ = 2.755) < G_p <3

ผลการเปรียบเทียบปรากฏว่าพบค่านอกกลุ่มเมื่อใช้วิธี Grubbs test แต่ไม่พบค่านอกกลุ่มเมื่อใช้วิธีที่ใช้ในโครงการเปรียบเทียบผลฯ

- กรณีที่ 2 เมื่อจำนวนข้อมูลมากกว่า 20 ข้อมูล ค่าต่างสุดของข้อมูลที่ทำให้ค่า G_p หรือ G_I อยู่ในช่วงน้อยกว่าค่าวิกฤติที่ได้จากตาราง Critical values for Grubbs test แต่มากกว่า 3 [3 < (ค่า G_p หรือ G_I) < ค่าวิกฤติ] ทำให้ 2 วิธีมีความต่างกันคือ ถ้าใช้วิธี Grubbs test จะพบว่าไม่มีค่านอกกลุ่ม แต่วิธีที่ใช้ในโครงการเปรียบเทียบผลฯจะมีค่านอกกลุ่ม

5.3 การเปรียบเทียบการประเมินผลการทดสอบความชำนาญในรูปคะแนนมาตรฐานของ 3 วิธีคือ แบบ Normalize IQR แบบ Algorithm A และแบบที่ใช้ในโครงการเปรียบเทียบผลฯจากตารางที่ 4.7-4.21

- พบว่าทั้ง 3 วิธีให้ค่ากำหนดใกล้เคียงกันทั้ง 3 รายการทดสอบ ค่าความเบี่ยงเบนมาตรฐานแตกต่างกันบ้างเล็กน้อยขึ้นกับการกระจายของข้อมูลวิธี Normalize IQR และวิธี Algorithm A สามารถปรับค่าความเบี่ยงเบนข้อมูลที่มีความเบี่ยงเบนสูงๆให้แคบลงได้โดยไม่ต้องตัดค่านอกกลุ่มเช่นในรายการวิเคราะห์ค่าความหนืดที่ 40 องศาเซลเซียส รอบที่ 14 และ18
- การประเมินความสามารถห้องปฏิบัติการทั้ง 3 วิธีแสดงความแตกต่างกันไม่ชัดเจน รายการการวิเคราะห์จุดวาบไฟแบบถ้วยเปิดวิธี Normalize IQR และวิธี Algorithm A ค่อนข้างให้ผลที่เข้มงวดกว่าแบบที่ใช้ในโครงการเปรียบเทียบผลฯเพราะผลการทดสอบเกาะกลุ่มกันและมีความเบี่ยงเบนน้อยกว่าที่กำหนดตามวิธีมาตรฐาน

บทที่ 6

สรุปผล

6.1 การกระจายของข้อมูลไม่ใช่แบบปกติ ส่วนมากเนื่องจากการมีค่านอกกลุ่ม เมื่อตัดค่านี้ออกแล้วทำให้ข้อมูลมีการกระจายแบบปกติ ยกเว้นการทดสอบรายการค่าความหนืดที่ 100 องศาเซลเซียส รอบที่ 14 เมื่อตัดค่านอกกลุ่มออกแล้วการกระจายยังคงไม่ใช่แบบปกติ มีข้อมูลที่มีการกระจายแบบไม่ใช่แบบปกติคือรายการทดสอบค่าความหนืดที่ 100 องศาเซลเซียส รอบที่ 14 และ 15 ถูกนำมาประเมินผล ซึ่งไม่ตรงกับข้อกำหนดของสถิติทดสอบแบบใช้พารามิเตอร์ ก่อนการประเมินผลจึงควรศึกษาการกระจายของข้อมูลก่อนหรือเปลี่ยนมาใช้วิธีที่อื่นเช่นวิธีทดสอบแบบไม่ใช้พารามิเตอร์หรือแบบโรบัส

6.2 จากการเปรียบเทียบการตัดค่านอกกลุ่มแบบที่ใช้ในโครงการเปรียบเทียบผลฯคือ $\overline{X} \pm 3$ SD กับแบบ Grubbs test พบว่าทั้ง 2 วิธีจะให้ผลต่างกัน โดยมีเกณฑ์อยู่ที่จำนวนข้อมูลในชุดตัวอย่างว่าถ้าน้อยว่า 20 ข้อมูล ค่าต่างสุดของข้อมูลทำให้ค่า ค่า G_p หรือ G_I ตกอยู่ในช่วง [ค่าวิกฤติ < (ค่า G_p หรือ G_I) < 3] วิธี Grubbs test จะพบว่ามีค่านอกกลุ่มแต่วิธี $\overline{X} \pm 3$ SD ไม่พบค่านอกกลุ่ม ถ้าจำนวนข้อมูลมากกว่า 20 ข้อมูล ค่า G_p หรือ G_I ตกอยู่ในช่วง [ค่าวิกฤติ < (ค่า G_p หรือ G_I) < 3] วิธี Grubbs test จะไม่พบว่าค่านอกกลุ่มแต่วิธี $\overline{X} \pm 3$ SD จะพบค่านอกกลุ่ม จากการศึกษาสามารถสรุปได้ว่าวิธีการตัดค่านอกกลุ่มที่ใช้ในปัจจุบันแตกต่างจากวิธีมาตรฐานที่นิยมใช้อยู่ทั่วไปจึงควรมีการปรับปรุงวิธีการที่ใช้

6.3 การประเมินผล 3 วิธีคือแบบที่ใช้ในโครงการเปรียบเทียบผลฯ แบบ Normalize IQR และแบบ Algorithm A ของ 3 รายการทดสอบส่วนมากให้ค่ากำหนดและค่าความเบี่ยงเบนมาตรฐานใกล้เคียงกัน การประมาณค่า Z ให้ผลแตกต่างกันไม่ชัดเจน การใช้วิธี Normalize IQR และแบบ Algorithm A ในการประเมินความสามารถห้องปฏิบัติการเป็นวิธีที่สะดวกแบบหนึ่งเพราะไม่ต้องตัดค่านอกกลุ่มและไม่ต้องทดสอบการกระจายของข้อมูล

กิตติกรรมประกาศ

ผู้วิจัยขอขอบคุณท่านคณะกรรมการผู้ตรวจประเมิน ที่ให้ความอนุเคราะห์ในการตรวจประเมินและให้คำแนะนำในการแก้ไขให้งานสำเร็จลุล่วงไปด้วยดี ขอขอบคุณท่านผู้อำนวยการโครงการเคมีคุณส่องแสง เลี่ยวชวลิต ผู้ให้ความสนับสนุนโครงการฯ คุณสุดา นันทวิทยา นักวิทยาศาสตร์ 8 ว. และนักวิทยาศาสตร์ประจำห้องเคมีวิเคราะห์เชิงฟิสิกส์ทุกท่านที่ให้ความช่วยเหลือด้านข้อมูล สุดท้ายนี้ผู้วิจัยขอขอบคุณคุณศิริวรรณ ศิลป์สกุลสุข นักวิทยาศาสตร์ 7 ว. และ ดร. พจมาน ท่าจีน นักวิทยาศาสตร์ 6ว . ผู้ให้คำแนะนำด้านวิชาการ

เอกสารอ้างอิง

1. กัลยา วานิชย์บัญชา. **การวิเคราะห์สถิติ: สถิติเพื่อการตัดสินใจ.** กรุงเทพมหานคร: โรงพิมพ์จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, 2544. หน้า 216-217, 249.
2. ศิริวรรณ ศิลป์สกุลสุข. กานดา โกมลวัฒนชัย. **การจัดการข้อมูลการทดสอบความชำนาญด้วยวิธีทางสถิติ.** วารสารกรมวิทยาศาสตร์บริการ มกราคม 2546, ปีที่ 51, ฉบับที่ 161, หน้า 29-33.
3. American Society for Testing and Materials. **Annual book of ASTM Standards: petroleum products, lubricants and fossil fuel.** Section 5. vol. 05.01. Washington, DC: ASTM, 2003
4. The International Organization for Standardization. Accuracy (trueness and precision) of measurement methods and results Part 6: Use in practice of accuracy values. **ISO 5725-6.** 1994.
5. The International Organization for Standardization/ The International Electrotechnical Commission. Proficiency testing by interlaboratory comparisons-Part 1: development and operation of proficiency testing schemes. **ISO/IEC Guide 43-1.** 1997.
6. The International Organization for Standardization. Statistical methods for use in proficiency testing by interlaboratory comparisons. **ISO/ FDIS13528.** 2003.

ภาคผนวก ก

ผลการศึกษาการกระจายของข้อมูลด้วยวิธี Kolomogorov- Smirnov test

ผลการศึกษาการกระจายของข้อมูลการเปรียบเทียบผลการทดสอบระหว่างห้องปฏิบัติการผลิตภัณฑ์หล่อลื่น ก่อนตัดค่านอกกลุ่มและหลังตัดค่านอกกลุ่มด้วยวิธี Kolomogorov- Smirnov test โดยใช้โปรแกรมสำเร็จรูป SPSS

ตารางที่ ก.1 แสดงผลการศึกษากระจายของข้อมูลของการวิเคราะห์ค่าความหนืดที่ 40 องศาเซลเซียส

	Kolmogorov-Smirnov		
	df	Sig.	Result*
1. รอบที่ 14	16	0.013	Not OK
2. รอบที่ 14.14 (หลังตัดค่านอกกลุ่ม)	15	0.168	OK
3. รอบที่ 15	12	0.161	OK
4. รอบที่ 16	14	0.069	OK
5. รอบที่ 17	15	0.200	OK
6. รอบที่ 18	15	0.000	Not OK
7. รอบที่ 18 (หลังตัดค่านอกกลุ่ม)	14	0.200	OK

OK แสดงการกระจายเป็นแบบปกติ

Not OK แสดงการกระจายไม่เป็นแบบปกติ

ตารางที่ ก.2 แสดงผลการศึกษากระจายของข้อมูลของการวิเคราะห์ค่าความหนืดที่ 100 องศาเซลเซียส

	Kolmogorov-Smirnov		
	df	Sig.	Result*
1. รอบที่ 14	15	0.000	Not OK
2. No.14 (หลังตัดค่านอกกลุ่ม)	14	0.024	Not OK
3. รอบที่ 15	12	0.022	Not OK
4. รอบที่ 16	14	0.200	OK
5.รอบที่ 17	15	0.168	OK
6. รอบที่18	15	0.000	Not OK
7. รอบที่ 18 (หลังตัดค่านอกกลุ่ม)	14	0.059	OK

OK แสดงการกระจายเป็นแบบปกติ

Not OK แสดงการกระจายไม่เป็นแบบปกติ

ตารางที่ ก.3 แสดงผลการศึกษากระจายของข้อมูลของการวิเคราะห์ค่าจุดวาบไฟแบบถ้วยเปิด

	Kolmogorov-Smirnov		
	df	Sig.	Result
1. รอบที่ 14	15	0.200	OK
2. รอบที่ 15	12	0.200	OK
3. รอบที่ 16	12	0.200	OK
4. รอบที่ 17	14	0.200	OK
5. รอบที่ 18	15	0.200	OK

ภาคผนวก ข

การตัดค่านอกกลุ่มด้วยวิธี Grubbs test

ตารางที่ ข.1 แสดงผลการตัดค่านอกกลุ่มของข้อมูลของการวิเคราะห์ค่าความหนืดที่ 40 องศาเซลเซียสด้วยวิธี Grubbs test

	ค่าความหนืดที่ 40 องศาเซลเซียส				
	รอบที่14	รอบที่15	รอบที่16	รอบที่17	รอบที่18
1	145.8	30.11	105.4	149.6	185.0
2	148.1	30.12	105.5	149.9	188.0
3	148.5	30.14	105.5	149.9	188.4
4	148.6	30.16	105.6	149.9	188.4
5	148.8	30.18	105.7	150.1	188.4
6	148.8	30.19	105.7	150.2	188.5
7	148.8	30.20	105.7	150.2	188.6
8	148.9	30.20	105.8	150.4	188.7
9	148.9	30.24	105.9	150.6	188.7
10	149.0	30.26	105.9	150.6	188.8
11	149.1	30.27	106.1	150.7	189.0
12	149.1	30.44	106.2	150.7	189.0
13	149.3	-	106.4	151.1	189.1
14	149.4	-	107.4	151.2	189.3
15	149.6	-	-	151.9	189.8
16	150.6	-	-	-	-
Mean ($\bar{X}$)	148.8	30.21	105.91	150.5	188.5
SD	0.9776	0.0889	0.5127	0.6055	1.0656
$G_p = (X_p - \bar{X})/SD$	1.8412	2.5872	2.9062	2.3121	1.2200
$G_i = (\bar{X} - X_i)/SD$	3.0687	1.1249	0.9947	1.4864	3.2845
$G_{critical(0.01)}$	2.852	2.636	2.755	2.806	2.806
ค่านอกกลุ่ม	145.8	-	107.4	-	189.8

ตารางที่ ข.2 แสดงผลการตัดค่านอกกลุ่มของข้อมูลของการวิเคราะห์ค่าความหนืดที่ 100 องศาเซลเซียสด้วยวิธี Grubbs test

	ค่าความหนืดที่ 100 องศาเซลเซียส				
	รอบที่14	รอบที่15	รอบที่16	รอบที่17	รอบที่18
1	14.63	5.384	14.15	17.53	17.14
2	14.64	5.401	14.21	17.55	17.14
3	14.66	5.403	14.22	17.56	17.15
4	14.66	5.409	14.22	17.56	17.16
5	14.67	5.410	14.23	17.57	17.16
6	14.68	5.410	14.24	17.57	17.16
7	14.68	5.411	14.25	17.57	17.17
8	14.69	5.412	14.26	17.58	17.18
9	14.69	5.418	14.26	17.58	17.18
10	14.69	5.424	14.26	17.6	17.18
11	14.69	5.462	14.27	17.61	17.20
12	14.70	5.474	14.28	17.62	17.23
13	14.72	-	14.32	17.62	17.23
14	14.80	-	14.34	17.63	17.25
15	15.34	-	-	17.67	20.43
Mean ($\bar{X}$)	14.73	5.418	14.25	17.59	17.40
SD	0.1734	0.0254	0.0468	0.0365	0.8396
$G_p = (X_p - \bar{X})/SD$	3.5179	2.2047	1.9231	2.1918	3.6089
$G_i = (\bar{X} - X_i)/SD$	0.5767	1.3386	2.1368	1.6438	0.3097
$G_{critical(0.01)}$	2.806	2.636	2.755	2.806	2.806
ค่านอกกลุ่ม	15.34	-	-	-	20.43

ตารางที่ ข.3 แสดงผลการตัดค่านอกกลุ่มของข้อมูลของการวิเคราะห์ค่าจุดวาบไฟแบบถ้วยเปิด ด้วยวิธี Grubbs test

	ค่าจุดวาบไฟแบบถ้วยเปิด (องศาเซลเซียส)				
	รอบที่14	รอบที่15	รอบที่16	รอบที่17	รอบที่18
1	270	221	219	234	224
2	273	222	220	237	231
3	278	224	221	240	234
4	279	224	224	240	235
5	281	226	225	242	237
6	282	226	227	242	238
7	282	228	228	243	238
8	283	230	228	243	239
9	284	232	231	244	239
10	285	235	232	247	240
11	286	239	232	248	240
12	286	241	235	248	241
13	286	-	-	250	243
14	291	-	-	251	245
15	293	-	-	252	-
Mean ($\bar{X}$)	283	229	227	244	237
SD	6.03	6.55	5.17	5.22	5.26
$G_p = (X_p - \bar{X})/SD$	1.6584	1.8321	1.5474	1.5326	1.5209
$G_i = (\bar{X} - X_i)/SD$	2.1559	1.2214	1.5474	1.9157	2.4715
$G_{critical(0.01)}$	2.806	2.636	2.636	2.806	2.755
ค่านอกกลุ่ม	-	-	-	-	-

ภาคผนวก ค

การประเมินความสามารถโดยใช้สถิติแบบ Algorithm

ตารางที่ ค.1 การประเมินความสามารถโดยใช้สถิติแบบ Algorithm A ของการวิเคราะห์ค่าความหนืดที่ 40 องศาเซลเซียส (รอบที่14)

Iteration	0	1	2	3
S = 1.5s*	-	0.555	0.624	0.636
x* - S	-	148.34	148.31	148.28
x*+S	-	149.46	149.55	149.56
1	145.8	148.34	148.31	148.28
2	148.1	148.34	148.31	148.28
3	148.5	148.50	148.50	148.50
4	148.6	148.60	148.60	148.60
5	148.8	148.80	148.80	148.80
6	148.8	148.80	148.80	148.80
7	148.8	148.80	148.80	148.80
8	148.9	148.90	148.90	148.90
9	148.9	148.90	148.90	148.90
10	149.0	149.00	149.00	149.00
11	149.1	149.10	149.10	149.10
12	149.1	149.10	149.10	149.10
13	149.3	149.30	149.30	149.30
14	149.4	149.40	149.40	149.40
15	149.6	149.46	149.46	149.50
16	150.6	149.46	149.46	149.50
averange	148.83	148.93	148.92	148.92
MAD (s)	0.250	-	-	-
SD	0.978	0.367	0.374	0.388
New x*	148.90	148.93	148.92	148.92
News*	0.371	0.416	0.424	0.424

ตารางที่ ค.2 การประเมินความสามารถโดยใช้สถิติแบบ Algorithm A ของการวิเคราะห์ค่าความหนืดที่ 40 องศาเซลเซียส (รอบที่ 15)

Iteration	0	1	2	3	4	5
S=1.5s*	-	0.1113	0.1055	0.1037	0.1034	0.1032
x*-S	-	30.089	30.093	30.094	30.095	30.095
x*+S	-	30.311	30.303	30.302	30.301	30.301
1	30.11	30.110	30.110	30.110	30.110	30.110
2	30.12	30.120	30.120	30.120	30.120	30.120
3	30.14	30.140	30.140	30.140	30.140	30.140
4	30.16	30.160	30.160	30.160	30.160	30.160
5	30.18	30.180	30.180	30.180	30.180	30.180
6	30.19	30.190	30.190	30.190	30.190	30.190
7	30.20	30.200	30.200	30.200	30.200	30.200
8	30.20	30.200	30.200	30.200	30.200	30.200
9	30.24	30.240	30.240	30.240	30.240	30.240
10	30.26	30.260	30.260	30.260	30.260	30.260
11	30.27	30.270	30.270	30.270	30.270	30.270
12	30.44	30.311	30.303	30.302	30.301	30.301
averange	30.209	30.198	30.198	30.198	30.198	30.198
MAD (s)	0.0500	-	-	-	-	-
SD	0.0889	0.0622	0.0609	0.0608	0.0606	0.0606
New x*	30.200	30.198	30.198	30.198	30.198	30.198
News*	0.0742	0.0703	0.0691	0.0689	0.0688	0.0688

ตารางที่ ค.3 การประเมินความสามารถโดยใช้สถิติแบบ Algorithm A ของการวิเคราะห์ค่าความหนืดที่ 40 องศาเซลเซียส (รอบที่ 16)

Iteration	0	1	2
S=1.5s*	-	0.557	0.554
x*-S	-	105.28	105.29
x*+S	-	106.40	106.39
1	105.4	105.40	105.40
2	105.5	105.50	105.50
3	105.5	105.50	105.50
4	105.6	105.60	105.60
5	105.7	105.70	105.70
6	105.7	105.70	105.70
7	105.7	105.70	105.70
8	105.8	105.80	105.80
9	105.9	105.90	105.90
10	105.9	105.90	105.90
11	106.1	106.10	106.10
12	106.2	106.20	106.20
13	106.4	106.40	106.40
14	106.4	106.40	106.40
averange	105.84	105.84	105.84
MAD (s)	0.250	-	-
SD	0.243	0.325	0.325
New x*	105.75	105.84	105.84
News*	0.371	0.369	0.369

ตารางที่ ค.4 การประเมินความสามารถโดยใช้สถิติแบบ Algorithm A ของการวิเคราะห์ค่าความหนืดที่ 40 องศาเซลเซียส (รอบที่ 17)

Iteration	0	1	2
S=1.5s*	-	0.668	0.818
x*-S	-	149.40	149.58
x*+S	-	151.10	151.22
1	149.6	149.60	149.60
2	149.9	149.90	149.90
3	149.9	149.90	149.90
4	149.9	149.90	149.90
5	150.1	150.10	150.10
6	150.2	150.20	150.20
7	150.2	150.20	150.20
8	150.4	150.40	150.40
9	150.6	150.60	150.60
10	150.6	150.60	150.60
11	150.6	150.60	150.60
12	150.7	150.70	150.70
13	151.1	151.10	151.10
14	151.2	151.10	151.10
15	151.9	151.10	151.10
averange	150.46	150.40	150.40
MAD (s)	0.300	-	-
SD	0.603	0.481	0.481
New x*	150.4	150.40	150.40
News*	0.445	0.545	0.545

ตารางที่ ค.5 การประเมินความสามารถโดยใช้สถิติแบบ Algorithm A ของการวิเคราะห์ค่าความหนืดที่ 40 องศาเซลเซียส (รอบที่ 18)

Iteration	0	1	2	3
S=1.5s*	-	0.668	0.732	0.732
x*-S	-	187.93	187.92	187.87
x*+S	-	189.27	189.38	189.33
1	185.0	187.93	187.93	187.93
2	188.0	187.93	187.93	187.93
3	188.3	188.30	188.30	188.30
4	188.4	188.40	188.40	188.40
5	188.4	188.40	188.40	188.40
6	188.5	188.50	188.50	188.50
7	188.6	188.60	188.60	188.60
8	188.6	188.60	188.60	188.60
9	188.7	188.70	188.70	188.70
10	188.8	188.80	188.80	188.80
11	189.0	189.00	189.00	189.00
12	189.0	189.00	189.00	189.00
13	189.1	189.10	189.10	189.10
14	189.3	189.27	189.29	189.29
15	189.8	189.27	189.29	189.29
averange	188.50	188.65	188.66	188.66
MAD (s)	0.30	-	-	-
SD	1.066	0.427	0.431	0.431
New x*	188.60	188.65	188.66	188.66
News*	0.445	0.488	0.488	0.488

ตารางที่ ค.6 การประเมินความสามารถโดยใช้สถิติแบบ Algorithm A ของการวิเคราะห์ค่าความหนืดที่ 100 องศาเซลเซียส (รอบที่ 14)

Iteration	0	1	2	3	4	5	6	7
S = 1.5s*	-	0.0446	0.0483	0.0504	0.0516	0.0524	0.0528	0.0533
x* -S	-	14.645	14.638	14.635	14.633	14.632	14.631	14.631
x*+S	-	14.744	14.734	14.735	14.737	14.736	14.737	14.737
1	14.63	14.645	14.638	14.635	14.633	14.632	14.631	14.631
2	14.64	14.645	14.638	14.635	14.633	14.632	14.631	14.631
3	14.66	14.660	14.660	14.660	14.660	14.660	14.660	14.660
4	14.66	14.660	14.660	14.660	14.660	14.660	14.660	14.660
5	14.67	14.670	14.670	14.670	14.670	14.670	14.670	14.670
6	14.68	14.680	14.680	14.680	14.680	14.680	14.680	14.680
7	14.68	14.680	14.680	14.680	14.680	14.680	14.680	14.680
8	14.69	14.690	14.690	14.690	14.690	14.690	14.690	14.690
9	14.69	14.690	14.690	14.690	14.690	14.690	14.690	14.690
10	14.69	14.690	14.690	14.690	14.690	14.690	14.690	14.690
11	14.69	14.690	14.690	14.690	14.690	14.690	14.690	14.690
12	14.7	14.700	14.700	14.700	14.700	14.700	14.700	14.700
13	14.72	14.720	14.720	14.720	14.720	14.720	14.720	14.720
14	14.80	14.735	14.734	14.734	14.734	14.734	14.734	14.734
15	15.34	14.735	14.734	14.734	14.734	14.734	14.734	14.734
averange	14.729	14.685	14.685	14.685	14.684	14.684	14.684	14.684
MAD (s)	0.020	-	-	-	-	-	-	-
SD	0.1734	0.0284	0.0296	0.0303	0.0308	0.0310	0.0313	0.0313
New x*	14.690	14.686	14.685	14.685	14.684	14.684	14.684	14.684
News*	0.0297	0.0322	0.0336	0.0344	0.0349	0.0352	0.0355	0.0355

ตารางที่ ค.7 การประเมินความสามารถโดยใช้สถิติแบบ Algorithm A ของการวิเคราะห์ค่าความหนืดที่ 100 องศาเซลเซียส (รอบที่ 15)

Iteration	0	1	2	3
S=1.5s*	-	0.017	0.019	0.019
x*-S	-	5.399	5.395	5.394
x*+S	-	5.433	5.433	5.433
1	5.384	5.399	5.399	5.399
2	5.401	5.401	5.401	5.401
3	5.403	5.403	5.403	5.403
4	5.409	5.409	5.409	5.409
5	5.410	5.410	5.410	5.410
6	5.410	5.410	5.410	5.410
7	5.411	5.411	5.411	5.411
8	5.412	5.412	5.412	5.412
9	5.418	5.418	5.418	5.418
10	5.424	5.424	5.424	5.424
11	5.462	5.433	5.433	5.433
12	5.474	5.433	5.433	5.433
averange	5.418	5.414	5.414	5.414
MAD (s)	0.0075	-	-	-
SD	0.0254	0.0114	0.0114	0.0114
New x*	5.416	5.414	5.414	5.414
News*	0.0111	0.0129	0.0125	0.01253

ตารางที่ ค.8 การประเมินความสามารถโดยใช้สถิติแบบ Algorithm A ของการวิเคราะห์ค่าความหนืดที่ 100 องศาเซลเซียส (รอบที่ 16)

Iteration	0	1	2
S=1.5s*	-	0.0557	0.0707
x*-S	-	14.199	14.176
x*+S	-	14.311	14.318
1	14.15	14.150	14.150
2	14.21	14.210	14.210
3	14.22	14.220	14.220
4	14.22	14.220	14.220
5	14.23	14.230	14.230
6	14.24	14.240	14.240
7	14.25	14.250	14.250
8	14.26	14.260	14.260
9	14.26	14.260	14.260
10	14.26	14.260	14.260
11	14.27	14.270	14.270
12	14.28	14.270	14.270
13	14.32	14.311	14.311
14	14.34	14.311	14.311
averange	14.251	14.247	14.247
MAD (s)	0.0250	-	-
SD	0.0468	0.0415	0.0415
New x*	14.255	14.247	14.247
News*	0.0371	0.0471	0.0471

ตารางที่ ค.9 การประเมินความสามารถโดยใช้สถิติแบบ Algorithm A ของการวิเคราะห์ค่าความหนืดที่ 100 องศาเซลเซียส (รอบที่ 17)

Iteration	0	1	2
S=1.5s*	-	0.04	0.05
x*-S	-	17.548	17.547
x*+S	-	17.633	17.637
1	17.53	17.548	17.548
2	17.55	17.550	17.550
3	17.56	17.560	17.560
4	17.56	17.560	17.560
5	17.57	17.570	17.570
6	17.57	17.570	17.570
7	17.57	17.570	17.570
8	17.58	17.580	17.580
9	17.58	17.580	17.580
10	17.6	17.600	17.600
11	17.61	17.610	17.610
12	17.62	17.620	17.620
13	17.62	17.620	17.620
14	17.63	17.630	17.630
15	17.67	17.633	17.633
averange	17.588	17.587	17.587
MAD (s)	0.0200	-	-
SD	0.0353	0.0295	0.0295
New x*	17.58	17.587	17.587
News*	0.0297	0.0335	0.0335

ตารางที่ ค.10 การประเมินความสามารถโดยใช้สถิติแบบ Algorithm A ของการวิเคราะห์ค่าความหนืดที่ 100 องศาเซลเซียส (รอบที่ 18)

Iteration	0	1	2
S=1.5s*	-	0.0446	0.0540
x*-S	-	17.135	17.127
x*+S	-	17.225	17.235
1.00	17.14	17.140	17.140
2.00	17.14	17.140	17.140
3.00	17.15	17.150	17.150
4.00	17.16	17.160	17.160
5.00	17.16	17.160	17.160
6.00	17.16	17.160	17.160
7.00	17.17	17.170	17.170
8.00	17.18	17.180	17.180
9.00	17.18	17.180	17.180
10.00	17.18	17.180	17.180
11.00	17.20	17.200	17.200
12.00	17.23	17.225	17.225
13.00	17.23	17.225	17.225
14.00	17.25	17.225	17.225
15.00	20.43	17.225	17.225
averange	17.397	17.181	17.181
MAD (s)	0.020	-	-
SD	0.8396	0.0315	0.0315
New x*	17.180	17.181	17.181
News*	0.0297-	0.036	0.036

ตารางที่ ค.11 การประเมินความสามารถโดยใช้สถิติแบบ Algorithm A ของการวิเคราะห์ค่าจุดวาบไฟแบบถ้วยเปิด (รอบที่ 14)

Iteration	0	1	2	3	4	5	6
S=1.5s*	-	6.68	7.32	7.74	7.86	7.98	8.01
x*-S	-	275.9	275.5	275.2	274.9	274.8	274.8
x*+S	-	289.3	290.1	290.6	290.7	290.8	290.8
1	270	275.9	275.5	275.2	274.9	274.8	274.8
2	273	275.9	275.5	275.2	274.9	274.8	274.8
3	278	278.0	278.0	278.0	278.0	278.0	278.0
4	279	279.0	279.0	279.0	279.0	279.0	279.0
5	281	281.0	281.0	281.0	281.0	281.0	281.0
6	282	282.0	282.0	282.0	282.0	282.0	282.0
7	282	282.0	282.0	282.0	282.0	282.0	282.0
8	283	283.0	283.0	283.0	283.0	283.0	283.0
9	284	284.0	284.0	284.0	284.0	284.0	284.0
10	285	285.0	285.0	285.0	285.0	285.0	285.0
11	286	286.0	286.0	286.0	286.0	286.0	286.0
12	286	286.0	286.0	286.0	286.0	286.0	286.0
13	286	286.0	286.0	286.0	286.0	286.0	286.0
14	291	289.3	290.0	290.0	290.0	290.0	290.0
15	293	289.3	290.0	290.0	290.0	290.0	290.0
averange	283.00	282.8	282.9	282.8	282.8	282.8	282.8
MAD (s)	3.00	-	-	-	-	-	-
SD	6.00	4.30	4.55	4.62	4.69	4.71	4.71
New x*	283	282.8	282.9	282.8	282.8	282.8	282.8
News*	4.45	4.88	5.16	5.24	5.32	5.34	5.34

ตารางที่ ค.12 การประเมินความสามารถโดยใช้สถิติแบบ Algorithm A ของการวิเคราะห์ค่าจุดวาบไฟแบบถ้วยเปิด (รอบที่ 15)

Iteration	0	1	2
S=1.5s*	-	8.90	9.20
x*-S	-	218.1	219.1
x*+S	-	235.9	237.5
1	221	221.0	221.0
2	222	222.0	222.0
3	224	224.0	224.0
4	224	224.0	224.0
5	226	226.0	226.0
6	226	226.0	226.0
7	228	228.0	228.0
8	230	230.0	230.0
9	232	232.0	232.0
10	235	235.0	235.0
11	239	236.0	236.0
12	241	236.0	236.0
averange	229.0	228.3	228.3
MAD (s)	4.00	-	-
SD	6.55	5.40	5.40
New x*	227.0	228.3	228.3
News*	5.93	6.12	6.12

ตารางที่ ค.13 การประเมินความสามารถโดยใช้สถิติแบบ Algorithm A ของการวิเคราะห์ค่าจุดวาบไฟแบบถ้วยเปิด (รอบที่ 16)

Iteration	0	1	2
S=1.5s*	-	8.90	8.88
x*-S	-	218.6	217.9
x*+S	-	236.4	235.7
1	219	218.6	218.6
2	220	220.0	220.0
3	221	221.0	221.0
4	224	224.0	224.0
5	225	225.0	225.0
6	227	227.0	227.0
7	228	228.0	228.0
8	228	228.0	228.0
9	231	231.0	231.0
10	232	232.0	232.0
11	232	232.0	232.0
12	235	235.0	235.0
averange	226.8	226.8	226.8
MAD (s)	4.0	-	-
SD	5.17	5.22	5.22
New x*	227.5	226.8	226.8
News*	5.93	5.92	5.92

ตารางที่ ค.14 การประเมินความสามารถโดยใช้สถิติแบบ Algorithm A ของการวิเคราะห์ค่าจุดวาบไฟแบบถ้วยเปิด (รอบที่ 17)

Iteration	0	1	2	3
S=1.5s*	0	8.90	8.84	9.86
x*-S	-	234.1	235.3	234.2
x*+S	-	251.9	252.9	253.9
1	234	234.1	235.3	235.0
2	237	237.0	237.0	237.0
3	240	240.0	240.0	240.0
4	240	240.0	240.0	240.0
5	242	242.0	242.0	242.0
6	242	242.0	242.0	242.0
8	243	243.0	243.0	243.0
9	244	244.0	244.0	244.0
10	247	247.0	247.0	247.0
11	248	248.0	248.0	248.0
12	248	248.0	248.0	248.0
13	250	250.0	250.0	250.0
14	251	251.0	251.0	251.0
15	252	251.9	251.9	251.9
averange	244.1	244.1	244.1	244.1
MAD (s)	4.00	-	-	-
SD	5.22	5.19	5.03	5.07
New x*	243	244.1	244.1	244.1
News*	5.93	5.89	5.70	5.78

ตารางที่ ค.15 การประเมินความสามารถโดยใช้สถิติแบบ Algorithm A ของการวิเคราะห์ค่าจุดวาบไฟแบบถ้วยเปิด (รอบที่ 18)

Iteration	0	1	2	3
S=1.5s*	-	8.88	7.26	7.26
x*-S	-	229.7	230.6	230.6
x*+S	-	247.3	245.1	245.1
1	224.0	229.7	229.7	229.7
2	231.0	231.0	231.0	231.0
3	234.0	234.0	234.0	234.0
4	235.0	235.0	235.0	235.0
5	237.0	237.0	237.0	237.0
6	238.0	238.0	238.0	238.0
7	238.0	238.0	238.0	238.0
8	239.0	239.0	239.0	239.0
9	239.0	239.0	239.0	239.0
10	240.0	240.0	240.0	240.0
11	240.0	240.0	240.0	240.0
12	241.0	241.0	241.0	241.0
13	243.0	243.0	243.0	243.0
14	245.0	245.0	245.0	245.0
averange	237.4	237.8	237.8	237.8
MAD (s)	5.00	-	-	-
SD	5.26	4.27	4.27	4.27
New x*	238.5	237.8	237.8	237.8
News*	5.93	4.84	4.84	4.84

ภาคผนวก ง

ตาราง Critical values for Grubbs test

ตารางที่ ง.1 ตาราง Critical values for Grubbs test

Critical values for Grubbs' test

p	One largest or one smallest		Two largest or two smallest	
	Upper 1 %	Upper 5 %	Lower 1 %	Lower 5 %
3	1,155	1,155	—	—
4	1,496	1,481	0,000 0	0,000 2
5	1,764	1,715	0,001 8	0,009 0
6	1,973	1,887	0,011 6	0,034 9
7	2,139	2,020	0,030 8	0,070 8
8	2,274	2,126	0,056 3	0,110 1
9	2,387	2,215	0,085 1	0,149 2
10	2,482	2,290	0,115 0	0,186 4
11	2,564	2,355	0,144 8	0,221 3
12	2,636	2,412	0,173 8	0,253 7
13	2,699	2,462	0,201 6	0,283 6
14	2,755	2,507	0,228 0	0,311 2
15	2,806	2,549	0,253 0	0,336 7
16	2,852	2,585	0,276 7	0,360 3
17	2,894	2,620	0,299 0	0,382 2
18	2,932	2,651	0,320 0	0,402 5
19	2,968	2,681	0,339 8	0,421 4
20	3,001	2,709	0,358 5	0,439 1
21	3,031	2,733	0,376 1	0,455 6
22	3,060	2,758	0,392 7	0,471 1
23	3,087	2,781	0,408 5	0,485 7
24	3,112	2,802	0,423 4	0,499 4
25	3,135	2,822	0,437 6	0,512 3
26	3,157	2,841	0,451 0	0,524 5
27	3,178	2,859	0,463 8	0,536 0
28	3,199	2,876	0,475 9	0,547 0
29	3,218	2,893	0,487 5	0,557 4
30	3,236	2,908	0,498 5	0,567 2
31	3,253	2,924	0,509 1	0,576 6
32	3,270	2,938	0,519 2	0,585 6
33	3,286	2,952	0,528 8	0,594 1
34	3,301	2,965	0,538 1	0,602 3
35	3,316	2,979	0,546 9	0,610 1
36	3,330	2,991	0,555 4	0,617 5
37	3,343	3,003	0,563 6	0,624 7
38	3,356	3,014	0,571 4	0,631 6
39	3,369	3,025	0,578 9	0,638 2
40	3,381	3,036	0,586 2	0,644 5

Reproduced, with the permission of the American Statistical Association, from reference [4] in annex C.

p = number of laboratories at a given level