

การทดสอบความชำนาญรายการ การนับจำนวนจุลินทรีย์ในแป้ง Proficiency Testing: Aerobic plate count in starch

รวีวรรณ อจลสำอาง^{1*}, สุกัลยา พลเดช¹, พจมาน ทำจิ้น¹
Raviwan Artsamang^{1*}, Sukanya Pondet¹, Pochaman Tagheen¹

บทคัดย่อ

กิจกรรมการทดสอบความชำนาญ รายการ Aerobic plate count in starch ปี พ.ศ.2556 มีห้องปฏิบัติการที่เข้าร่วมกิจกรรม 140 ห้องปฏิบัติการ และส่งผลกลับมาทั้งหมด ตัวอย่างที่จัดเตรียมสำหรับกิจกรรมนี้เป็นตัวอย่างแป้งมันสำปะหลัง ซึ่งผ่านการทดสอบความเป็นเนื้อเดียวกันและความเสถียรตลอดช่วงระยะเวลาที่กำหนดให้ห้องปฏิบัติการทำการทดสอบ

การประเมินสมรรถนะของห้องปฏิบัติการ คณะผู้ดำเนินงานเลือกใช้ค่ากำหนด (assigned value) ที่ได้จากค่าเฉลี่ยโรบัสต์ (robust average, \hat{x}^*) ของห้องปฏิบัติการที่เข้าร่วมกิจกรรม คำนวณโดยวิธี Algorithm A ตามมาตรฐาน ISO 13528 : 2005 และเลือกใช้ค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของการประเมิน การทดสอบความชำนาญ (standard deviation for proficiency assessment, $\hat{\sigma}_p$) ได้กำหนดไว้ที่ 0.5 log cfu/g เกณฑ์ในการประเมินกำหนดให้ห้องปฏิบัติการที่มีค่า $|z|$ score ≤ 2 เป็นห้องปฏิบัติการที่มีผลการทดสอบเป็นที่น่าพอใจ และที่มีค่า $|z|$ score ≥ 3 เป็นห้องปฏิบัติการที่มีผลการทดสอบไม่เป็นที่น่าพอใจหรือจัดเป็น outlier

ผลการประเมินสมรรถนะห้องปฏิบัติการที่เข้าร่วมกิจกรรมรายการ Aerobic plate count in starch พบว่าห้องปฏิบัติการส่วนใหญ่ได้ผลเป็นที่น่าพอใจคือมีค่า $|z|$ score ≤ 2 คิดเป็นร้อยละ 92.9 ได้ผลเป็นที่น่าสงสัยคือมีค่า $2 < |z| < 3$ คิดเป็นร้อยละ 5.7 ส่วนห้องปฏิบัติการที่ได้ผลไม่เป็นที่น่าพอใจคือมีค่า $|z|$ score ≥ 3 คิดเป็นร้อยละ 1.4

Abstract

Proficiency testing program: Aerobic plate count in starch for year 2013, there were 140 laboratories participated and all test results were accepted. Sample used in this program was starch which was tested for homogeneity before sending and confirmed stability until the last day that participants were allowed to test.

Evaluation of laboratories was conducted by using assigned value derived from robust average of participants calculated by Algorithm A following ISO 13528:2005. The standard deviation for proficiency assessment, $\hat{\sigma}_p$ was set at 0.5 log cfu/g from expert judgments. Laboratories who have $|z|$ score ≤ 2 are satisfactory, and $2 < |z| < 3$ are questionable while those who have $|z|$ score ≥ 3 are outlier.

For this program, it was found that laboratories who have score ≤ 2 are 92.9 %, those who have $2 < |z| < 3$ are 5.7 % and $|z|$ score ≥ 3 are 1.4.

คำสำคัญ : การนับจำนวนจุลินทรีย์ด้วยวิธี plate count, แป้ง, ทดสอบความชำนาญ

Keywords : Aerobic plate count, Starch, Proficiency testing

¹กรมวิทยาศาสตร์บริการ

*Corresponding author E-mail address : raviwan@dss.go.th

1. บทนำ (Introduction)

การควบคุมคุณภาพของห้องปฏิบัติการโดยการเข้าร่วมกิจกรรมการทดสอบความชำนาญเป็นเหมือนการควบคุมคุณภาพภายในของห้องปฏิบัติการ โดยใช้การตรวจสอบจากภายนอก การที่ผลการทดสอบความชำนาญดีจะเป็นหลักฐานที่ดีในการประกันคุณภาพของห้องปฏิบัติการว่าขั้นตอนในการปฏิบัติงาน วิวิธีวิเคราะห์ และการปฏิบัติการต่างๆ ของห้องปฏิบัติการอยู่ในการควบคุมที่ดี

การทดสอบความชำนาญของห้องปฏิบัติการ (laboratory proficiency testing) เป็นการตรวจสอบสมรรถนะของห้องปฏิบัติการ โดยใช้เทคนิคการเปรียบเทียบผลการวิเคราะห์หรือทดสอบระหว่างห้องปฏิบัติการ (interlaboratory comparison) โดยใช้ตัวอย่างเดียวกันหรือเหมือนกัน ปฏิบัติภายใต้เงื่อนไขเดียวกัน จุดมุ่งหมายเพื่อพัฒนาคุณภาพของห้องปฏิบัติการทดสอบ ผลจากการเข้าร่วมกิจกรรมทดสอบความชำนาญจะทำให้ห้องปฏิบัติการที่เข้าร่วมได้แสดงความสามารถให้เป็นที่ยอมรับแก่หน่วยงานที่ให้การรับรองหรือหน่วยงานที่กำกับดูแลและลูกค้า ผู้จัดกิจกรรมทดสอบความชำนาญจะจัดส่งตัวอย่างที่แบ่งมาจากตัวอย่างเดียวกัน ไปยังห้องปฏิบัติการที่เข้าร่วมกิจกรรม เพื่อให้แต่ละห้องปฏิบัติการทำการวิเคราะห์ และส่งผลภายในเวลาที่กำหนด กรมวิทยาศาสตร์บริการจึงได้จัดกิจกรรมการทดสอบความชำนาญรายการ การนับจำนวนจุลินทรีย์ในแป้ง (Aerobic plate count in starch) ซึ่งรายการ Aerobic plate count เป็นรายการหนึ่งที่ห้องปฏิบัติการทดสอบอาหารต้องทดสอบเพื่อเป็นการตรวจสอบคุณภาพอาหาร หรือการปนเปื้อนระหว่างการผลิต และในด้านการสร้างความเชื่อมั่นในผลการทดสอบและคุณภาพของสินค้า

การเลือกตัวอย่างแป้ง (starch) สำหรับกิจกรรมทดสอบความชำนาญครั้งนี้เนื่องจากตัวอย่างแป้ง มีความเสถียรเพียงพอที่จะคงความไม่เปลี่ยนแปลงของจำนวนจุลินทรีย์ในระหว่างช่วงระยะเวลาการทดสอบของแต่ละ

ห้องปฏิบัติการ ซึ่งจะทำให้มั่นใจว่าผลการทดสอบที่ห้องปฏิบัติการวิเคราะห์มาจากตัวอย่างที่เป็นตัวอย่างที่เหมือนกันไม่มีการเปลี่ยนแปลง กิจกรรมนี้ได้ให้บริการมาหลายปีและในปี พ.ศ.2556 นี้ ได้มีการพัฒนาโดยเพิ่มการปนเปื้อนของแป้งโดยเติมเชื้อจากปุ๋ยชีวภาพลงไปเป็นตัวแทนของการปนเปื้อนเพื่อให้ห้องปฏิบัติการได้แสดงความสามารถในการทำเจือจางได้เพียงพอ

2. วิธีการวิจัย (Experimental)

2.1 การจัดหาตัวอย่าง จัดซื้อตัวอย่างแป้ง (starch) ที่จำหน่ายอยู่ในซูเปอร์มาร์เก็ตประมาณ 10 กิโลกรัม โดยจัดซื้อเมื่อเดือนธันวาคม 2555 เพื่อจัดส่งตัวอย่างในเดือนมกราคม 2556 ขณะซื้อต้องสังเกตที่ถุงว่าต้องเป็น lot การผลิตเดียวกัน เพื่อให้ตัวอย่างแต่ละถุงมีความแตกต่างกันน้อยที่สุด นำมาผสมกันให้เป็นตัวอย่างเดียวกันโดยใช้เครื่องผสม แป้งมีลักษณะเป็นผงละเอียดสีขาว ซึ่งมีเชื้อจุลินทรีย์ปนเปื้อนอยู่ตามธรรมชาติและมีการเติมเชื้อจากปุ๋ยชีวภาพเพื่อเพิ่มการปนเปื้อน ทำการแบ่งบรรจุโดยแบ่งตัวอย่างประมาณ 55 กรัม บรรจุในถุงอะลูมิเนียมฟอยล์ปิดผนึก มีฉลากระบุหมายเลขตัวอย่างชัดเจน เป็น Sample A จำนวนตัวอย่างที่จัดทำนอกจากต้องให้เพียงพอกับจำนวนห้องปฏิบัติการแล้ว ยังต้องมีเหลือให้เพียงพอกับตัวอย่างที่ต้องหาความเป็นเนื้อเดียวกัน (homogeneity) 10 ตัวอย่าง และความเสถียร (stability) อีก 5 ตัวอย่าง นอกจากนี้ยังต้องมีเหลือเก็บไว้สำหรับเมื่อลูกค้าร้องขอเนื่องจากตัวอย่างเสียหายระหว่างขนส่ง และเก็บไว้ศึกษาความเสถียรเมื่อต้องการนำไปทำเป็นตัวอย่างควบคุม (control sample) ภายหลัง

2.2 การทดสอบความเป็นเนื้อเดียวกัน (homogeneity testing) (1)

ตัวอย่าง starch ที่จัดเตรียมขึ้นสำหรับแจกจ่ายให้ผู้เข้าร่วมกิจกรรมจะต้องมีความเป็นเนื้อเดียวกัน และมีความเสถียรตลอดช่วงระยะเวลาที่กำหนด เลือกสุ่มตัวอย่างจำนวน 10 ตัวอย่าง และได้ทดสอบ

ความเป็นเนื้อเดียวกัน อาหารเลี้ยงเชื้อที่ใช้คือ Plate count agar บ่มเชื้อที่ 35 ± 1 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 48 ชั่วโมง แต่ละตัวอย่างจะทดสอบแบบ duplicate ในการประเมินผลเพื่อตรวจสอบความเป็นเนื้อเดียวกันของตัวอย่าง วิเคราะห์ทางสถิติด้วยวิธี Between sample analysis ตามมาตรฐาน ISO 13528 : 2005 (2) สำหรับการวิเคราะห์ความเหมาะสมกับกิจกรรม พบว่าตัวอย่างที่จัดเตรียมขึ้นมีความเหมาะสมกับวัตถุประสงค์การดำเนินการในครั้งนี้

2.3 การทดสอบความเสถียร (stability testing) (1)

เลือกสุ่มตัวอย่างที่เป็นชุดเดียวกับที่แจกจ่ายให้แก่องค์ปฏิบัติการที่เข้าร่วมกิจกรรม จำนวน 5 ตัวอย่าง ทำการทดสอบรายการ Aerobic plate count ซึ่งปฏิบัติเช่นเดียวกับการทดสอบความเป็นเนื้อเดียวกัน โดยทำการทดสอบในวันที่ 20 กุมภาพันธ์ 2556 ซึ่งเป็นวันหลังจากที่กำหนดให้ห้องปฏิบัติการทำการทดสอบเป็นวันสุดท้าย นำข้อมูลที่ได้มาหาค่าเฉลี่ยและเปรียบเทียบกับค่าเฉลี่ยของชุดข้อมูลที่ทดสอบความเป็นเนื้อเดียวกัน โดยใช้เกณฑ์การยอมรับตามมาตรฐาน ISO 13528 : 2005 จากการประเมินทางสถิติพบว่าชุดตัวอย่างมีความเสถียรตลอดช่วงระยะเวลาที่กำหนดให้ห้องปฏิบัติการที่เข้าร่วมกิจกรรมดำเนินการทดสอบ

2.4 การแจกจ่ายตัวอย่าง (sample distribution) (1)

คณะผู้ดำเนินงานได้ส่งตัวอย่างพร้อมเอกสารที่เกี่ยวข้องให้ห้องปฏิบัติการที่เข้าร่วมกิจกรรมครั้งนี้ทางไปรษณีย์ด่วนพิเศษ (EMS) ในวันที่ 11 กุมภาพันธ์ 2556 ซึ่งแต่ละห้องปฏิบัติการจะได้รับตัวอย่าง จำนวน 1 ตัวอย่าง พร้อมเอกสาร 5 ชุด ได้แก่ เอกสารข้อแนะนำสำหรับห้องปฏิบัติการในการดำเนินงาน (Instruction to participants) เอกสารทางเทคนิค (Technical document) ใบรายงานผลการทดสอบ (Results sheet) แบบบันทึกการรับตัวอย่าง แบบข้อตกลงร่วม ห้องปฏิบัติการที่เข้าร่วมกิจกรรมสามารถเลือกวิธีทดสอบตามที่ห้องปฏิบัติการใช้อยู่เป็นประจำในการทดสอบรายการ Aerobic plate count โดยรายงานผลการทดสอบในใบรายงาน

ผลการทดสอบ พร้อมระเบียบวิธีทดสอบที่ใช้

2.5 การออกแบบทางสถิติ (statistical design)

สถิติที่ใช้ในการประเมินผลกิจกรรมการทดสอบความชำนาญครั้งนี้ปฏิบัติตามมาตรฐานประกอบด้วย ISO 13528 : 2005 ซึ่งแต่ละห้องปฏิบัติการที่เข้าร่วมกิจกรรมจะได้รับตัวอย่างจำนวน 1 ตัวอย่าง โดยทำการทดสอบรายการ Aerobic plate count และรายงานผลการทดสอบเพียง 1 ค่า จากนั้นทำการประเมินผลการทดสอบของแต่ละห้องปฏิบัติการ โดยการหาค่าสถิติต่าง ๆ ดังนี้

2.6 สถิติโรบัสต์ (robust statistic)

เป็นสถิติที่ใช้ประเมินสมรรถนะของห้องปฏิบัติการซึ่งคำนวณโดยวิธี Algorithm A หาค่าเฉลี่ยโรบัสต์ (robust average, x^*) ซึ่งค่าดังกล่าวนี้จะนำมาใช้ในการคำนวณหาค่า z-score ของห้องปฏิบัติการที่เข้าร่วมกิจกรรม

2.7 การหาค่ากำหนด (assigned value)

ใช้ค่าเฉลี่ยโรบัสต์ x^* ของห้องปฏิบัติการที่เข้าร่วมกิจกรรมเป็นค่ากำหนด ซึ่งจัดเป็นค่ายอมรับจากกลุ่มของห้องปฏิบัติการที่เข้าร่วมกิจกรรม (consensus value from participants) ซึ่งคำนวณโดยวิธี Algorithm A

2.8 การหาค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของการประเมินการทดสอบความชำนาญ (standard deviation for proficiency assessment, $\hat{\sigma}_p$)

ในกิจกรรมการทดสอบความชำนาญครั้งนี้ คณะผู้ดำเนินงาน และที่ปรึกษาด้านวิชาการได้พิจารณาจากเอกสารวิชาการที่เกี่ยวข้องและประวัติของการดำเนินกิจกรรมทดสอบความชำนาญรายการนี้ที่ผ่านมา และตัดสินใจเลือกใช้ค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของการประเมินการทดสอบความชำนาญ (standard deviation for proficiency assessment, $\hat{\sigma}_p$) เป็นค่า 0.500 log cfu/g ซึ่งค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานดังกล่าว จะนำมาใช้ในการประเมินผลค่า z-score ของห้องปฏิบัติการที่เข้าร่วมกิจกรรม

2.9 การหาค่าความไม่แน่นอน (uncertainty) ของค่ากำหนด

เนื่องจากค่ากำหนดของกิจกรรมทดสอบความชำนาญในครั้งนี้ คำนวณโดยวิธี Algorithm A ดังนั้นค่าความไม่แน่นอนมาตรฐาน (standard uncertainty) ของค่ากำหนด สามารถคำนวณได้ ดังสมการที่ (1)

$$u_x = 1.25 \times s^* / \sqrt{n} \quad (1)$$

u_x = ค่าความไม่แน่นอนมาตรฐาน

s^* = ค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานโรบัสต์

n = จำนวนผลทดสอบ

3. ผลและวิจารณ์ (Result and Discussion)

ห้องปฏิบัติการที่รายงานผลรายการ Aerobic plate count มีจำนวน 140 ห้องปฏิบัติการ ผลการทดสอบทั้งหมดได้นำมาประเมินผลทางสถิติเพื่อคำนวณหาค่าเฉลี่ยโรบัสต์ (x^*)

ค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของการประเมินการทดสอบความชำนาญ ($\hat{\sigma}_p$) และค่าความไม่แน่นอนของค่ากำหนด (u_x) โดยการเปลี่ยนรูป (transformed) ค่าที่ห้องปฏิบัติการรายงานมาจาก cfu/g เป็นค่า log10 cfu/g เพื่อนำมาใช้ในการประเมินสมรรถนะของห้องปฏิบัติการที่เข้าร่วมกิจกรรม

3.1 ค่าเฉลี่ยโรบัสต์ (x^*) และค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของการประเมินการทดสอบความชำนาญ ($\hat{\sigma}_p$) ดังแสดงใน Table 1

Table 1: Summary statistics for Aerobic plate count in starch

Summary statistics	Value
No. of results	140
Robust average (x^*) (log cfu/g)	5.327
Standard deviation for proficiency assessment ($\hat{\sigma}_p$) (log cfu/g)	0.500

3.2 การประเมินสมรรถนะ (evaluation of performance)

3.2.1 วิธีการประเมินผล

ในการประเมินสมรรถนะของห้องปฏิบัติการครั้งนี้ คณะผู้ดำเนินงานเลือกใช้ z-score ที่คำนวณจากค่าเฉลี่ยโรบัสต์ (x^*) และค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของการประเมินการทดสอบความชำนาญ ($\hat{\sigma}_p$) ซึ่งตั้งไว้ที่ 0.500 log cfu/g ซึ่งสามารถคำนวณได้ดังสมการที่ (2)

$$z = (X_i - x^*) / \hat{\sigma}_p \quad (2)$$

X_i = ผลการทดสอบจากห้องปฏิบัติการ

x^* = ค่าเฉลี่ยโรบัสต์ (Robust average)

$\hat{\sigma}_p$ = ค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของการประเมินการทดสอบความชำนาญ

3.2.2 เกณฑ์การประเมิน

การประเมินค่า z-score ใช้เกณฑ์การประเมินดังตารางที่ 2 ซึ่งถ้าผลของ $|z|$ score มีค่ามากกว่าหรือเท่ากับ 3 จะแสดงด้วยอักษร "A" (Action signal) ข้างตัวเลข แสดงว่าผลการทดสอบนั้นเป็น outlier ต้องหาสาเหตุและดำเนินการแก้ไข และถ้าผลของ $|z|$ score มีค่ามากกว่า 2 แต่น้อยกว่า 3 จะแสดงด้วยอักษร "W" (Warning signal) ข้างตัวเลข แสดงว่าผลการทดสอบอยู่ในเกณฑ์ที่ต้องระวัง อาจจะทบทวนวิธีการทดสอบใหม่

Table 2 Criteria for z-score

z-score	Criteria
$ z \leq 2$	ผลเป็นที่น่าพอใจ (satisfactory)
$2 < z < 3$	ผลเป็นที่น่าสงสัย (questionable)
$ z \geq 3$	ผลไม่เป็นที่น่าพอใจ (unsatisfactory)

3.2.3 ผลการประเมิน

ผลจากการประเมินสมรรถนะของห้องปฏิบัติการในตัวอย่าง starch รายการทดสอบ Aerobic plate count สรุปผลได้ดังแสดงใน Table 3

Table 3 Evaluation of performance: Aerobic plate count in starch

Z score	Number of laboratories	% laboratories
$ z \leq 2$	130	92.9
$2 < z < 3$	8	5.7
$ z \geq 3$	2	1.4

3.2.4 ข้อคิดเห็นทางเทคนิค

จากข้อมูลในใบรายงานผลการทดสอบที่ห้องปฏิบัติการระบุวิธีทดสอบไว้พบว่า วิธีที่ห้องปฏิบัติการส่วนใหญ่ใช้วิธี Pour plate method เป็นจำนวน 120 ห้องปฏิบัติการ วิธี Petrifilm plate จำนวน 16 ห้องปฏิบัติการ และวิธี Spread plate จำนวน 4 ห้องปฏิบัติการ ดังแสดงใน Table 5

Table 4 : Laboratories code numbers (PC01-1301 - ...) who have $|z| > 2$

Laboratory code number	
$2 < z < 3$	$ z \geq 3$
001, 005, 014, 037, 058, 075, 077, 128	036, 112

คำอธิบาย ตัวอย่างเช่น 001 หมายถึงห้องปฏิบัติการที่มีรหัส PC01-1301-001

จากการประเมินของห้องปฏิบัติการโดยใช้ z-score สำหรับห้องปฏิบัติการที่มีผลเป็นที่น่าสงสัย ($2 < |z| < 3$) และไม่เป็นที่น่าพอใจ ($|z| \geq 3$) ของรายการ Aerobic plate count ดังแสดงใน Table 4 สำหรับการประเมินผลของแต่ละห้องปฏิบัติการอยู่ใน Table 5 ห้องปฏิบัติการที่ได้ผลของ $|z|$ score มีค่ามากกว่าหรือเท่ากับ 3 ควรดำเนินการตรวจสอบหาสาเหตุและปฏิบัติการแก้ไข สำหรับห้องปฏิบัติการที่ได้ผลของ $|z|$ score มีค่าระหว่าง 2 และ 3 ควรดำเนินการทบทวนผลการทดสอบ

4. สรุป (Conclusion)

การทดสอบความชำนาญรายการ Aerobic plate count in starch โดยการใช้ตัวอย่างแป้งมีเชื้อจุลินทรีย์ปนเปื้อนอยู่ตามธรรมชาติและมีการเติมเชื้อจากปุ๋ยชีวภาพเพื่อเพิ่มการปนเปื้อน เพื่อให้ห้องปฏิบัติการได้แสดงความสามารถในการทำ dilution ได้เพียงพอ ตัวอย่างแป้งมีความเป็นเนื้อเดียวกันและความเสถียรตลอดระยะเวลาที่ส่งให้ห้องปฏิบัติการที่เข้าร่วมกิจกรรมได้ทดสอบ ห้องปฏิบัติการที่เข้าร่วมกิจกรรมสามารถใช้ผลการประเมินสมรรถนะมาใช้ในการพัฒนาความสามารถห้องปฏิบัติการ และช่วยเป็นที่ยืนยันในความสามารถของห้องปฏิบัติการ ในกรณีที่เกิดการทดสอบความชำนาญไม่เป็นที่น่าพอใจ หรือเป็นที่น่าสงสัย ห้องปฏิบัติการต้องมีการทบทวน สืบสวนหาสาเหตุ และปฏิบัติการแก้ไข เพื่อเป็นการพัฒนาความสามารถของห้องปฏิบัติการให้ดีขึ้น

5. กิตติกรรมประกาศ (Acknowledgement)

ขอขอบคุณ คุณรัชดา เหมปฐวี ผู้อำนวยการศูนย์บริหารจัดการทดสอบความชำนาญ คุณวรรณิ์ อุโพบรณ์ คุณศรีสุดา ห่อระฤก ที่ให้ความอนุเคราะห์ในการจัดกิจกรรมนี้ให้ลุล่วงไปได้ดี

6. เอกสารอ้างอิง (References)

(1) Conformity assessment-General requirements for proficiency testing, ISO/IEC 17043 : 2010.

(2) Statistical methods for use in proficiency testing by interlaboratory comparisons.

ISO/13528: 2005.

Table 5 Results and z-scores for Aerobic plate count in starch

Laboratory Code No.	*Results as lab reported (cfu/g)	Transformed Results (log cfu/g)	z-scores	Method Code	Laboratory Code No.	Results as lab reported (cfu/g)	Transformed Results (log cfu/g)	z-scores	Method Code
PC01-1301-001	9.0x10 ³	3.95	-2.75 W	1	PC01-1301-031	1.1x10 ⁵	5.04	-0.57	1
PC01-1301-002	210,000	5.32	-0.01	1	PC01-1301-032	1.3x10 ⁶	6.11	1.57	2
PC01-1301-003	1.6x10 ⁵	5.20	-0.25	1	PC01-1301-033	2.50x10 ⁴	4.40	-1.85	1
PC01-1301-004	1.4x10 ⁵	5.15	-0.35	1	PC01-1301-034	150,000	5.18	-0.29	1
PC01-1301-005	1.2x10 ⁴	4.08	-2.49 W	1	PC01-1301-035	1.39x10 ⁵	5.14	-0.37	2
PC01-1301-006	1.19x10 ⁵	5.08	-0.49	1	PC01-1301-036	4.3x10 ³	3.63	-3.39 A	1
PC01-1301-007	2.5x10 ⁵	5.40	0.15	1	PC01-1301-037	6,800	3.83	-2.99 W	1
PC01-1301-008	6.9x10 ⁵	5.84	1.03	3	PC01-1301-038	57,000	4.76	-1.13	1
PC01-1301-009	208,000	5.32	-0.01	1	PC01-1301-039	5.51x10 ⁵	5.74	0.83	1
PC01-1301-010	1.9x10 ⁵	5.28	-0.09	1	PC01-1301-040	500,000	5.70	0.75	3
PC01-1301-011	8.6x10 ⁵	5.93	1.21	3	PC01-1301-041	4.5x10 ⁴	4.65	-1.35	1
PC01-1301-012	670,000	5.83	1.01	3	PC01-1301-042	4.4x10 ⁴	4.64	-1.37	1
PC01-1301-013	176,000	5.25	-0.15	1	PC01-1301-043	2.6x10 ⁵	5.41	0.17	1
PC01-1301-014	1.4x10 ⁴	4.15	-2.35 W	1	PC01-1301-044	8.50x10 ⁵	5.93	1.21	1
PC01-1301-015	9.1x10 ⁴	4.96	-0.73	1	PC01-1301-045	10x10 ⁵	6.00	1.35	1
PC01-1301-016	1.2x10 ⁵	5.08	-0.49	1	PC01-1301-046	2.33x10 ⁵	5.37	0.09	1
PC01-1301-017	2.6x10 ⁵	5.41	0.17	1	PC01-1301-047	2.7x10 ⁵	5.43	0.21	3
PC01-1301-018	4.2x10 ⁵	5.62	0.59	1	PC01-1301-048	99,000	5.00	-0.65	1
PC01-1301-019	4.2x10 ⁵	5.62	0.59	1	PC01-1301-049	200,000	5.30	-0.05	1
PC01-1301-020	1.2x10 ⁶	6.08	1.51	3	PC01-1301-050	6.0x10 ⁴	4.78	-1.09	1
PC01-1301-021	32,000	4.51	-1.63	1	PC01-1301-051	1.3x10 ⁵	5.11	-0.43	1
PC01-1301-022	2.6x10 ⁵	5.41	0.17	1	PC01-1301-052	320,000	5.51	0.37	1
PC01-1301-023	1.38x10 ⁵	5.14	-0.37	3	PC01-1301-053	1.1x10 ⁵	5.04	-0.57	1
PC01-1301-024	4.6x10 ⁵	5.66	0.67	1	PC01-1301-054	5.55x10 ⁵	5.74	0.83	1
PC01-1301-025	2.1x10 ⁵	5.32	-0.01	1	PC01-1301-055	2.4x10 ⁵	5.38	0.11	3
PC01-1301-026	1.64x10 ⁵	5.21	-0.23	1	PC01-1301-056	2.7x10 ⁵	5.43	0.21	1
PC01-1301-027	6.0x10 ⁵	5.78	0.91	3	PC01-1301-057	6.1x10 ⁵	5.79	0.93	1
PC01-1301-028	1.3x10 ⁵	5.11	-0.43	1	PC01-1301-058	19,000	4.28	-2.09 W	1
PC01-1301-029	340,000	5.53	0.41	1	PC01-1301-059	6.4x10 ⁵	5.81	0.97	1
PC01-1301-030	1.8x10 ⁵	5.26	-0.13	1	PC01-1301-060	8.0x10 ⁴	4.90	-0.85	1

Table 5 Results and z-scores for Aerobic plate count in starch (continued)

Laboratory Code No.	*Results as lab reported (cfu/g)	Transformed Results (log cfu/g)	z-scores	Method Code	Laboratory Code No.	Results as lab reported (cfu/g)	Transformed Results (log cfu/g)	z-scores	Method Code
PC01-1301-061	96,000	4.98	-0.69	1	PC01-1301-091	1.1x10 ⁵	5.04	-0.57	1
PC01-1301-062	2.1x10 ⁵	5.32	-0.01	1	PC01-1301-092	41,000	4.61	-1.43	1
PC01-1301-063	2.12x10 ⁵	5.33	0.01	1	PC01-1301-093	2.4x10 ⁵	5.38	0.11	1
PC01-1301-064	1.3x10 ⁵	5.11	-0.43	1	PC01-1301-094	1.2x10 ⁵	5.08	-0.49	1
PC01-1301-065	110,000	5.04	-0.57	1	PC01-1301-095	1.6x10 ⁵	5.20	-0.25	1
PC01-1301-066	1.32x10 ⁶	6.12	1.59	1	PC01-1301-096	1.0x10 ⁶	6.00	1.35	1
PC01-1301-067	2.45x10 ⁵	5.39	0.13	1	PC01-1301-097	72x10 ³	4.86	-0.93	1
PC01-1301-068	8.2x10 ⁵	5.91	1.17	3	PC01-1301-098	860,000	5.93	1.21	3
PC01-1301-069	120x10 ³	5.08	-0.49	1	PC01-1301-099	5.3x10 ⁵	5.72	0.79	3
PC01-1301-070	4.5x10 ⁵	5.65	0.65	3	PC01-1301-100	1.6x10 ⁵	5.20	-0.25	1
PC01-1301-071	3.4x10 ⁵	5.53	0.41	1	PC01-1301-101	7.1x10 ⁵	5.85	1.05	1
PC01-1301-072	2.4x10 ⁵	5.38	0.11	1	PC01-1301-102	1.2x10 ⁵	5.08	-0.49	1
PC01-1301-073	5.27x10 ⁵	5.72	0.79	1	PC01-1301-103	5.7x10 ⁵	5.76	0.87	2
PC01-1301-074	630,000	5.80	0.95	1	PC01-1301-104	9.30x10 ⁴	4.97	-0.71	1
PC01-1301-075	8.6x10 ³	3.93	-2.79 W	1	PC01-1301-105	1.8x10 ⁵	5.26	-0.13	1
PC01-1301-076	570,000	5.76	0.87	1	PC01-1301-106	4.8x10 ⁴	4.68	-1.29	1
PC01-1301-077	1.8x10 ⁴	4.26	-2.13 W	1	PC01-1301-107	3.0x10 ⁵	5.48	0.31	1
PC01-1301-078	149,000	5.17	-0.31	1	PC01-1301-108	310,000	5.49	0.33	1
PC01-1301-079	8.83x10 ⁵	5.95	1.25	1	PC01-1301-109	1.0x10 ⁵	5.00	-0.65	1
PC01-1301-080	1.5x10 ⁶	6.18	1.71	1	PC01-1301-110	8.4x10 ⁴	4.92	-0.81	1
PC01-1301-081	430,000	5.63	0.61	1	PC01-1301-111	114,000	5.06	-0.53	1
PC01-1301-082	1.6x10 ⁵	5.20	-0.25	1	PC01-1301-112	2.2x10 ³	3.34	-3.97 A	1
PC01-1301-083	1.0x10 ⁶	6.00	1.35	1	PC01-1301-113	1.5x10 ⁵	5.18	-0.29	1
PC01-1301-084	104,500	5.02	-0.61	1	PC01-1301-114	1.8x10 ⁵	5.26	-0.13	1
PC01-1301-085	4.94x10 ⁵	5.69	0.73	3	PC01-1301-115	62,000	4.79	-1.07	1
PC01-1301-086	330,000	5.52	0.39	1	PC01-1301-116	3.7x10 ⁵	5.57	0.49	1
PC01-1301-087	2.71x10 ⁵	5.43	0.21	1	PC01-1301-117	2.60x10 ⁵	5.41	0.17	1
PC01-1301-088	3.8x10 ⁵	5.58	0.51	1	PC01-1301-118	1.6x10 ⁵	5.20	-0.25	1
PC01-1301-089	1.1x10 ⁶	6.04	1.43	1	PC01-1301-119	77,720	4.89	-0.87	1
PC01-1301-090	2.2x10 ⁵	5.34	0.03	1	PC01-1301-120	240,000	5.38	0.11	1

Table 5 Results and z-scores for Aerobic plate count in starch (continued)

Laboratory Code No.	*Results as lab reported (cfu/g)	Transformed Results (log cfu/g)	z-scores	Method Code
PC01-1301-121	1.5×10^5	5.18	-0.29	1
PC01-1301-122	2.2×10^5	5.34	0.03	1
PC01-1301-123	1.39×10^5	5.14	-0.37	1
PC01-1301-124	220,000	5.34	0.03	3
PC01-1301-125	160,000	5.20	-0.25	1
PC01-1301-126	2.0×10^5	5.30	-0.05	1
PC01-1301-127	2.1×10^5	5.32	-0.01	1
PC01-1301-128	8.0×10^3	3.90	-2.85 W	1
PC01-1301-129	2.1×10^5	5.32	-0.01	1
PC01-1301-130	8.50×10^5	5.93	1.21	3
PC01-1301-131	8.25×10^5	5.92	1.19	1
PC01-1301-132	1.50×10^5	5.18	-0.29	1
PC01-1301-133	320,000	5.51	0.37	1
PC01-1301-134	6.7×10^5	5.83	1.01	1
PC01-1301-135	1.37×10^6	6.14	1.63	1
PC01-1301-136	1.8×10^5	5.26	-0.13	1
PC01-1301-137	2.4×10^5	5.38	0.11	2
PC01-1301-138	8.6×10^4	4.93	-0.79	1
PC01-1301-139	6.5×10^5	5.81	0.97	1
PC01-1301-140	373,101	5.57	0.49	1

*Results as lab reported (cfu/g) หมายถึง ค่าที่ห้องปฏิบัติการที่เข้าร่วมกิจกรรมรายงานมา

Summary statistics	Result
No. of results	140
Robust average $(x^*)^1$ (log cfu/g)	5.327
Standard deviation for proficiency assessment $(\sigma_p)^2$ (log cfu/g)	0.500

หมายเหตุ

1. "A" หมายถึง "Action signal" เมื่อ $|z| > 3$
2. "W" หมายถึง "Warning signal" เมื่อ $2 < |z| < 3$

Method Code

Code 1 = Pour plate method

Code 2 = Spread plate

Code 3 = Petrifilm plate