การศึกษาผลกระทบของเนื้อสารตัวอย่างและประเภทของแบคทีเรียที่มีผลต่อค่าความไม่แน่นอนของการทดสอบทางจุลชีววิทยา
The effect of matrices and bacterial type on uncertainty of microbiological testing

กิจติศักดิ์ ยศอินทร์[1]*
Kijtisak Yotinn[1]*

บทคัดย่อ

การรายงานผลการทดสอบที่สมบูรณ์ต้องประกอบด้วยการแสดงค่าผลการทดสอบพร้อมด้วยค่าความไม่แน่นอนของการทดสอบ ค่าความไม่แน่นอนของการทดสอบแสดงถึงความแม่นของผลการทดสอบ การประมาณค่าความไม่แน่นอนของการทดสอบทางจุลชีววิทยาอาศัยวิธีการแบบ "Top-down approach" โดยใช้ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานของการทำซ้ำได้ (Standard deviation of reproducibility, SR) ตามมาตรฐาน ISO/TS 19036:2006/Amd.1:2009(E) จากข้อมูลของห้องปฏิบัติการทดสอบที่ได้รับการรับรองตามมาตรฐาน ISO/IEC 17025 พบว่าเนื้อสารของตัวอย่างมีผลต่อค่าความไม่แน่นอนของการทดสอบ หากเป็นตัวอย่างที่มีความเป็นเนื้อเดียวกันค่าความไม่แน่นอนจะมีค่าน้อยกว่าตัวอย่างที่มีความเป็นเนื้อเดียวกันน้อยกว่า และพบว่าชนิดของแบคทีเรียไม่มีผลต่อค่าความไม่แน่นอนของการทดสอบทางจุลชีววิทยา

Abstract

A complete test report shall include the results of the test, along with the uncertainty of the test result. The uncertainty of the test shows the quality of the test results. The estimation of the uncertainty of the microbiological testing are "Top-down approach" that using the standard deviation of reproducibility. The standard ISO/TS 19036:2006/Amd.1:2009(E) mentions various factors that affect the uncertainty of microbiological testing. The data from accredited laboratory according to ISO/IEC 17025 shows that the matrices of the sample affect the uncertainty of the microbiological testing. The uncertainty of microbiological testing from homogeneous sample is smaller than the inhomogeneous sample. In addition, the types of bacteria do not affect on the uncertainty of microbiological testing.

คำสำคัญ : ความไม่แน่นอนของการทดสอบทางจุลชีววิทยา, เนื้อสารทดสอบ
Keywords : Microbiological uncertainty , Matrices

[1]กรมวิทยาศาสตร์บริการ
*Corresponding author E-mail address : kijtisak@dss.go.th

1. บทนำ (Introduction)

การรายงานผลการทดสอบที่สมบูรณ์ต้องประกอบด้วยการแสดงค่าผลการทดสอบ พร้อมด้วยค่าความไม่แน่นอนของการทดสอบ ค่าความไม่แน่นอนของการทดสอบ (Uncertainty of measurement) เป็นพารามิเตอร์ค่าความคลาดเคลื่อนของผลการทดสอบที่กระจายครอบคลุมปริมาณที่ทดสอบ ซึ่งเป็นส่วนหนึ่งของมาตรวิทยา(1) ในปัจจุบันผู้ทดสอบต่างตระหนักว่าแม้ได้มีการปรับแก้ค่าผลการทดสอบ (correction) ให้เหมาะสมแล้ว แต่ยังคงมีค่าความไม่แน่นอนผลของการทดสอบอยู่ ซึ่งเป็นการแสดงถึงความแม่นของผลการทดสอบ ปัจจุบันมีแนวทางการประมาณค่าความไม่แน่นอนของการทดสอบหลายวิธีซึ่งข้อกำหนด ISO/IEC 17025 ไม่ได้ระบุว่าต้องใช้แนวทางใด แต่ห้องปฏิบัติการควรใช้แนวทางที่ให้การประมาณค่าความไม่แน่นอนของการทดสอบอย่างสมเหตุสมผลและถูกต้องตามหลักวิชาการ

จุลินทรีย์เป็นสิ่งมีชีวิตและมีสภาวะที่หลากหลาย แตกต่างกัน อาจจำแนกออกเป็น genera, species และ strain การประมาณค่าความไม่แน่นอนของการทดสอบทางจุลชีววิทยาแบบ "bottom-up approach" จะมีโอกาสสูงที่แหล่งความไม่แน่นอนย่อยซึ่งมีนัยสำคัญในการประมาณค่าความไม่แน่นอนของการทดสอบทางจุลชีววิทยาอาจไม่ถูกนำมาประเมิน ทำให้การประมาณค่าความไม่แน่นอนของการทดสอบต่ำกว่าความเป็นจริง ขณะที่แนวทางการประมาณค่าความไม่แน่นอนของการทดสอบแบบ "Top-down approach" หรือ "Global Approach" เป็นการใช้หลักการที่เข้าใจได้ง่าย โดยใช้ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานของการทำซ้ำ (Standard deviation of reproducibility, SR) ที่ได้จากการทดสอบมาพิจารณาหาค่าความไม่แน่นอนของการทดสอบ ส่วนแหล่งความไม่แน่นอนย่อย ๆ ไม่ได้นำมาคิด เนื่องจากถูกรวมไว้แล้วในการประมาณค่าความไม่แน่นอนของการทดสอบ(2) แนวทางนี้เป็นไปตามมาตรฐาน ISO/TS 19036:2006/Amd.1:2009(E) ซึ่งห้องปฏิบัติการทางจุลชีววิทยานิยมใช้แนวทางนี้ในการขอรับการรับรองความสามารถห้องปฏิบัติการทดสอบตามมาตรฐาน ISO/IEC 17025

มาตรฐานISO/TS19036:2006 ได้บ่งชี้ถึงแหล่งที่มาของค่าความไม่แน่นอนของการทดสอบทางจุลชีววิทยา ภายในห้องปฏิบัติการเดี่ยว (single laboratory) ปัจจัยต่าง ๆ ได้แก่การสุ่มตัวอย่าง (sampling) สารละลายเริ่มต้น (initial solution) ปริมาตรของสารละลายที่ใช้เจือจาง การควบคุมคุณภาพอาหารเลี้ยงเชื้อ เครื่องแก้วที่ใช้ในการทดสอบ เครื่องมือ ภาวะแวดล้อม และบุคลากรที่ทดสอบ ถูกรวมไว้แล้วในการประมาณค่าความไม่แน่นอนของการทดสอบโดยใช้ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานของการทำซ้ำ(2) ผู้วิจัยจึงมุ่งเน้นที่จะศึกษาปัจจัยที่มาจากลักษณะเนื้อสารของตัวอย่างทดสอบ และประเภทของจุลินทรีย์ ที่มีผลกระทบกับค่าความไม่แน่นอนของการทดสอบทางจุลชีววิทยาผ่านทางค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานของการทำซ้ำได้ โดยศึกษาข้อมูลที่ได้จากห้องปฏิบัติการทดสอบทางจุลชีววิทยาที่ได้รับการรับรองความสามารถห้องปฏิบัติการทดสอบ

2. วิธีการวิจัย (Experimental)

นำข้อมูลจากห้องปฏิบัติการทดสอบทางจุลชีววิทยาซึ่งได้กำหนดแผนการทดสอบที่เหมาะสมมาคำนวณหาค่าความไม่แน่นอนของการทดสอบ เปรียบเทียบค่าความไม่แน่นอนที่ได้จากตัวอย่างทดสอบประเภทอาหารชนิดต่าง ๆ และตัวอย่างทดสอบประเภทน้ำชนิดต่าง ๆ ตลอดจนค่าความไม่แน่นอนที่ได้จากการทดสอบแบคทีเรียแกรมบวกและแบคทีเรียแกรมลบ รายละเอียดของการคำนวณดังนี้

2.1 คำนวณค่าความไม่แน่นอนของการทดสอบ

2.1.1 นำผลการแจงนับ (cfu/g หรือ cfu/ml) ทั้งหมดของผู้วิเคราะห์ทั้ง 2 คน มาแปลงเป็นค่า $\log_{10}$ (cfu/g หรือ cfu/ml) เพื่อให้ข้อมูลเป็น normal distribution

2.1.2 คำนวณค่าแตกต่างระหว่างค่า $\log_{10}$ ของผลการทดสอบของผู้ทดสอบ 1 และ 2

2.1.3 นำผลที่ได้จากข้อ 2.1.2 ยกกำลัง 2 แล้วหารด้วย 2

2.1.4 คำนวณค่า standard deviation of reproducibility (S_R) หรือกรณีที่มีผู้วิเคราะห์เพียงคนเดียวใน ห้องปฏิบัติการ ให้คำนวณค่า standard deviation of repeatability (S_r)

2.1.5 นำค่า S_R หรือ S_r ที่ได้คูณกับ coverage factor (k) ที่ระดับความเชื่อมั่น 95% (p = 0.05) k มีค่าเท่ากับ 2 เพื่อให้ได้ค่าความไม่แน่นอนขยาย (U)

2.1.6 บันทึกผลการคำนวณค่าความไม่แน่นอนของการทดสอบ

- กรณีที่มีผู้วิเคราะห์ 1 คนในห้องปฏิบัติการ ให้ใช้สมการที่ 1

$$S_r = \sqrt{\frac{\sum(y-\bar{y})^2}{n-1}} \quad \text{.....(1)}$$

เมื่อ S_r = ความเบี่ยงเบนมาตรฐานของการทำซ้ำได้

$y - \bar{y}$ = เป็นผลต่างระหว่างแต่ละค่าที่นับได้ (log^{10})

- กรณีมีผู้วิเคราะห์มากกว่า 1 คนในห้องปฏิบัติการ ให้ใช้สมการที่ 2

$$s_R = \sqrt{\frac{1}{n}\sum_{i=0}^{n}\frac{(y_{iA}-y_{iB})^2}{2}} \quad \text{.....(2)}$$

เมื่อ S_R = ความเบี่ยงเบนมาตรฐานของการทำซ้ำได้

$(y_{iA} - y_{iB})^2$ = ค่าต่างระหว่างค่า log_{10} ที่ได้จากการทดสอบแต่ละคู่

n = จำนวนตัวอย่างที่วิเคราะห์ (กรณีที่ตัวอย่างมีลักษณะไม่ต่างกัน ให้ใช้ n, ตัวอย่างที่มีความหลากหลายให้ใช้ n-1)

2.2 วิธีการประมาณค่าความไม่แน่นอนขยาย (Expanded uncertainty)

- กรณีทั่วไป เมื่อผลการวิเคราะห์ที่แจงนับได้เป็น Y = log10X และมีค่า coverage factor เป็น 2 (95% confidence limit) สามารถคำนวณความไม่แน่นอนขยายได้จากสมการที่ 1 ได้ทุกกรณีโดยไม่ต้องพิจารณาว่าผลการแจงนับมีจำนวนโคโลนีมาก (high counts) หรือมีจำนวนน้อย (low counts)

$$U = 2\sqrt{S_R^2 + \frac{0.18861}{\sum C}} \quad \text{.....(1)}$$

เมื่อ U = ความไม่แน่นอนขยาย

2 = ตัวประกอบครอบคลุม (k)

S_R = ความเบี่ยงเบนมาตรฐานของการทำซ้ำได้

$\sum c$ = ผลรวมของจำนวนโคโลนีจากทุกจานเลี้ยงเชื้อ

$0.18861/\sum c$ = variance component ซึ่งมาจาก Poisson distribution

กรณีทางเลือก เมื่อมีการพิจารณาจำแนกผลการจำแนกเป็น high counts หรือ low counts ผลการแจงนับที่เป็น high counts หรือมีผลรวมของจำนวนโคโลนีจากทุกจานเลี้ยงเชื้อ ($\sum c$) มาก ไม่ต้องนำเทอมที่ 2 ($0.18861/\sum c$) ในสมการที่ 1 มาใช้ในการคำนวณ ให้ใช้สมการที่ 2

$U = 2S_R$ .....(2)

เมื่อมีการพิจารณาจำแนกผลการแจงนับเป็น high counts หรือ low counts ผลการแจงนับที่เป็น high counts หรือผลรวมของจำนวนโคโลนีจากทุกจานเลี้ยงเชื้อ ($\sum c$) มาก ไม่ต้องนำเทอม ($0.18861/\sum c$) ในสมการที่ 1 มาใช้ในการคำนวณ ทั้งนี้การเลือกใช้สมการที่ 1 หรือ 2 ให้พิจารณาจาก :

$$C_{lim} = \frac{(\log_{10} e)^2}{S_R^2 \text{ x } ((1-0.05)^2 - 1)} \approx \frac{1.75}{S_R^2} \quad \text{.....(3)}$$

โดยแบ่งการพิจารณาได้เป็น 2 กรณีคือ

1.$\sum C > C_{lim}$ เป็นกรณี high counts ใช้สมการที่ 2 สำหรับการประมาณค่า U

2. $\sum C \leqslant C_{lim}$ เป็นกรณี low counts ใช้สมการที่ 1 สำหรับการประมาณค่า U ในกรณี high counts ถ้าใช้สมการที่ 1 หรือสมการที่ 2 ในการหาค่าความไม่แน่นอนจะได้ผลแตกต่างกันไม่เกิน 5%

ตารางที่ 1 ผลการคำนวณค่าความไม่แน่นอนของการหาปริมาณ aerobic plate count ในตัวอย่างน้ำจากแหล่งต่าง ๆ ของห้องปฏิบัติการทดสอบ B ได้รับการรับรองความสามารถห้องปฏิบัติการทดสอบตามข้อกำหนด ISO/IEC 17025

ตัวอย่างน้ำ	การทดสอบซ้ำที่หนึ่ง		การทดสอบซ้ำที่สอง		ผลต่างค่า logarithm	(ผลต่างค่า logarithm)^2	(ผลต่างค่า logarithm)^2/2
	จำนวนที่นับได้ (cfu/ml)	Log_{10}cfu/ml	จำนวนที่นับได้ (cfu/ml)	Log_{10}cfu/ml			
1	4.8 x 10^1	1.681241	4.5 x 10^1	1.653213	0.0280	0.000786	0.000393
2	5.3 x 10^2	2.724276	5.7 x 10^2	2.755875	-0.0316	0.000998	0.000499
3	5.6 x 10^3	3.748188	6.2 x 10^3	3.792392	-0.0442	0.001954	0.000977
4	3.9 x 10^4	4.591065	4.3 x 10^4	4.633468	-0.0424	0.001798	0.000899
5	2.8 x 10^2	2.447158	3.2 x 10^2	2.50515	-0.05799	0.003363	0.001682
6	3.3 x 10^3	3.518514	3.9 x 10^3	3.591065	-0.07255	0.005264	0.002632
7	2.6 x 10^1	1.414973	2.7 x 10^1	1.431364	-0.01639	0.000269	0.000134
8	1.1 x 10^4	4.041393	1.3 x 10^4	4.113943	-0.07255	0.005264	0.002632
9	4.0 x 10^1	*1.60206*	3.9 x 10^1	1.591065	0.010995	0.000121	0.0000605
10	1.8 x 10^2	*2.255273*	1.7 x 10^2	2.230449	0.024824	0.000616	0.000308
11	5.1 x 10^3	*3.70757*	5.3 x 10^3	3.724276	-0.01671	0.000279	0.00014
12	4.4 x 10^1	1.643453	4.9 x 10^1	1.690196	-0.04674	0.002185	0.001092
13	5.8 x 10^4	4.763428	5.3 x 10^4	4.724276	0.039152	0.001533	0.000766
14	6.1 x 10^3	3.78533	6.3 x 10^3	3.799341	-0.01401	0.000196	0.000098
15	2.3 x 10^2	2.361728	2.5 x 10^2	2.39794	-0.03621	0.001311	0.000656
						$\sum${(ผลต่างค่า logarithm)^2/2}	0.012968
						{$\sum$(ผลต่างค่า logarithm)^2/2}/15	0.000865
						S_R	0.0294
						C_{lim}	2024.62
						U	0.089

จากตารางที่ 1 พบว่ามีค่า S_R เท่ากับ 0.0294 ค่า C_{lim} เท่ากับ 2024.62 โดยที่ ∑C เท่ากับ 156.55 $\log_{10}$cfu/ml ดังนั้นใช้สมการที่ 1 ในการคำนวณค่า U ได้เท่ากับ 0.089

ประเมินข้อมูลค่า U ที่ได้จากห้องปฏิบัติการทดสอบจุลชีววิทยาทั้ง 2 แห่ง ตามตารางที่ 2

ตารางที่ 2 แสดงค่าของ ผลต่างค่า(logarithm)^2/2 ของการทดสอบ aerobic plate count โดยแยกประเภทตาม matrices

ห้องปฏิบัติการ A			ห้องปฏิบัติการ B			ห้องปฏิบัติการ B		
ลำดับที่	Matrices	(ผลต่างค่า logarithm)^2/2	ลำดับที่	Matrices	(ผลต่างค่า logarithm)^2/2	ลำดับที่	Matrices	(ผลต่างค่า logarithm)^2/2
1	ข้าวกะเพราไก่	0.0053	1	ไส้กรอกหมู	0.0053	1	น้ำดื่มบรรจุขวด-1	0.00039
2	ข้าวผัดปู	0.0015	2	Chilli Paste	0.0059	2	น้ำดื่มบรรจุขวด-2	0.00049
3	แป้งข้าวโพด	0.0027	3	เมล็ดกาแฟ	0.0042	3	น้ำดื่มบรรจุขวด-3	0.00097
4	ทอดมันปลา	0.0073	4	น้ำองุ่น	0.0023	4	น้ำอัดลม-1	0.00089
5	ไก่บด	0.0024	5	ไส้กรอกหมู	0.0068	5	น้ำอัดลม-2	0.00168
6	ถั่วลิสง	0.0062	6	แป้งมัน	0.0057	6	น้ำแม่น้ำ-1	0.00263
7	พริกป่น	0.0036	7	ข้าวโพดคั่ว	0.0035	7	น้ำแม่น้ำ-2	0.00013
8	ถั่วเขียว	0.0053	8	แครอทต้มสุก	0.0052	8	น้ำผลไม้ไม่มีตะกอน	0.00263
9	ถั่วงอก	0.0047	9	โอวัลติน	0.0029	9	น้ำเสียในบ่อ-1	0.000061
10	ทอดมันหมู	0.0068	10	ข้าวผัดไก่	0.0057	10	น้ำเสียในบ่อ-2	0.00031
11	ปลากรอบ	0.0063	11	-	-	11	น้ำเสียในบ่อ-3	0.00014
12	Corn flake	0.0023	12	-	-	12	น้ำก่อนผ่านการบำบัด	0.00109
13	กุ้งแช่แข็ง	0.0036	13	-	-	13	น้ำหลังผ่านการบำบัด	0.00076
14	กาแฟผง	0.0024	14	-	-	14	น้ำสระน้ำ-1	0.000098
15	น้ำปลา	0.0022	15	-	-	15	น้ำสระน้ำ-2	0.00065
	∑(ผลต่างค่า logarithm)^2/2	0.0626		∑(ผลต่างค่า logarithm)^2/2	0.0475		∑(ผลต่างค่า logarithm)^2/2	0.012968
	{∑(ผลต่างค่า logarithm)^2/2}/14	0.0045		{∑(ผลต่างค่า logarithm)^2/2}/10	0.00475		{∑(ผลต่างค่า logarithm)^2/2}/15	0.000865
	S_R	0.0671		S_R	0.0689		S_R	0.0294
	U	0.17		U	0.15		U	0.09

หมายเหตุ : ห้องปฏิบัติการ A ไม่ได้ทำการทดสอบตัวอย่างประเภทน้ำและน้ำเสีย

เนื่องจากห้องปฏิบัติการทดสอบทางจุลชีววิทยามีการทดสอบจุลินทรีย์หลายชนิด จึงได้ศึกษาประเภทของจุลินทรีย์โดยแบ่งออกเป็นแบคทีเรียแกรมลบ *(E.coli)* และแบคทีเรียแกรมบวก *(Staphylococcus aureus)* ซึ่งมีผลกระทบต่อค่าความไม่แน่นอนของการทดสอบ โดยห้องปฏิบัติการทดสอบภาวะเดียวกัน เจ้าหน้าที่ทดสอบคนเดียวกัน เทคนิคที่ใช้แบบเดียวกันคือ spread plate เครื่องมือต่างๆ ที่ใช้ในการทดสอบเช่น ตู้อบเพาะเชื้อ (incubator) เครื่องเดียวกัน โดยห้องปฏิบัติการทำการเตรียมตัวอย่างทดสอบให้มีความเป็นเนื้อเดียวกัน ทำการเติมจุลินทรีย์สายพันธุ์เป้าหมายคือ *E. coli* และ *Staphylococcus aureus* ให้มีระดับการปนเปื้อน 3 ระดับครอบคลุมปริมาณการปนเปื้อนที่ 20 cfu 200 cfu และ 2000 cfu

ตารางที่ 3 แสดงค่าของผลต่างค่า (logarithm)^2/2 โดยแยกประเภทตามชนิดของแบคทีเรียแกรมลบ *(E. coli)* และแบคทีเรียแกรมบวก *(Staphylococcus aureus)*

ห้องปฏิบัติการ A			ห้องปฏิบัติการ A		
E. coli			*Staphylococcus aureus*		
ลำดับที่	Matrices	(ผลต่างค่า logarithm)^2/2	ลำดับที่	Matrices	(ผลต่างค่า logarithm)^2/2
1	ข้าวกะเพราไก่	0.0053	1	ถั่วเขียว	0.0053
2	ข้าวผัดปู	0.0015	2	ถั่วงอก	0.0047
3	แป้งข้าวโพด-1	0.0027	3	ทอดมันหมู	0.0068
4	แป้งข้าวโพด-2	0.0037	4	ปลากรอบ	0.0063
5	ทอดมันปลา-1	0.0073	5	Corn flake-1	0.0023
6	ทอดมันปลา-2	0.0063	6	Corn flake-2	0.0029
7	ไก่บด-1	0.0024	7	กุ้งแช่แข็ง	0.0036
8	ไก่บด-2	0.0034	8	กาแฟผง-1	0.0024
9	ถั่วลิสง-1	0.0062	9	กาแฟผง-2	0.0032
10	ถั่วลิสง-2	0.0058	10	น้ำปลา-1	0.0022
11	พริกป่น	0.0036	11	น้ำปลา-2	0.0027
	∑(ผลต่างค่า logarithm)^2/2	0.0482		∑(ผลต่างค่า logarithm)^2/2	0.0424
	{∑(ผลต่างค่า logarithm)^2/2}/10	0.00482		{∑(ผลต่างค่า logarithm)^2/2}/10	0.00424
	S_R	0.069		S_R	0.065
	U	0.138		U	0.130

3. ผลและวิจารณ์ (Results and Discussion)

จากตารางที่ 2 จะเห็นได้ว่าตัวอย่างทดสอบประเภทอาหารจะมีค่าความไม่แน่นอนของการทดสอบมากกว่าตัวอย่างทดสอบประเภทน้ำและน้ำเสีย อธิบายได้ว่าความเป็นเนื้อเดียวกันของตัวอย่างมีผลกระทบต่อค่าความไม่แน่นอนของการทดสอบ ตัวอย่างที่มีความเป็นเนื้อเดียวกันมากเช่นตัวอย่างน้ำการกระจายตัวของเชื้อจุลินทรีย์จะดีกว่าตัวอย่างอาหารซึ่งมีความเป็นเนื้อเดียวกันน้อยกว่า ตัวอย่างทดสอบที่มีความเป็นเนื้อเดียวกันสูงจะมีค่าความไม่แน่นอนของการทดสอบน้อยกว่าตัวอย่างทดสอบที่มีความเป็นเนื้อเดียวกันต่ำ และจากตารางที่ 3 ค่าความไม่แน่นอนของการทดสอบจากแบคทีเรียแกรมลบ *(E. coli)* และ และแบคทีเรียแกรมบวก *(Staphylococcus aureus)* ไม่แตกต่างกัน ทั้งนี้ผลการศึกษา ที่ได้มาจากห้องปฏิบัติการทดสอบภาวะเดียวกัน เจ้าหน้าทีทดสอบคนเดียวกัน เทคนิคที่ใช้แบบเดียวกัน เครื่องมือต่างๆ ที่ใช้ในการทดสอบเครื่องเดียวกัน จึงพอสรุปได้ว่าค่าความไม่แน่นอนของการทดสอบจึงไม่ได้ขึ้นอยู่กับชนิดของจุลินทรีย์ที่ทดสอบ และงานวิจัยนี้นำข้อมูลที่ได้จากการทดสอบแบบ cfu (colony forming unit) เท่านั้น ไม่ได้นำข้อมูลที่ได้จากการทดสอบแบบ MPN (most probable number) มาศึกษา

4. สรุป (Conclusion)

เนื้อสารตัวอย่างมีผลต่อค่าความไม่แน่นอนของการทดสอบทางจุลชีววิทยา หากเป็นตัวอย่างที่มีความเป็นเนื้อเดียวกันค่าความไม่แน่นอนจะมีค่าน้อยกว่าตัวอย่างที่มีความเป็นเนื้อเดียวกันน้อยกว่า และเมื่อควบคุมปัจจัยต่างๆ เช่นภาวะของห้องปฏิบัติการทดสอบ เจ้าหน้าที่ทดสอบ เครื่องมือ ฯลฯ แบบเดียวกัน สามารถบ่งชี้เป็นนัยได้ว่าชนิดของแบคทีเรียไม่มีผลต่อค่าความไม่แน่นอนของการทดสอบทางจุลชีววิทยา ผลการวิจัยนี้สามารถนำมาใช้เป็นข้อมูลเบื้องต้นสำหรับห้องปฏิบัติการทดสอบทางจุลชีววิทยาในการประเมินค่าความไม่แน่นอนของการทดสอบของตัวอย่างประเภทต่างๆ

5. กิตติกรรมประกาศ (Acknowledgement)

ขอขอบคุณผู้บริหารและเจ้าหน้าที่ของสำนักบริหารและรับรองห้องปฏิบัติการ กรมวิทยาศาสตร์บริการที่ให้คำแนะนำในการวิจัยนี้

6. เอกสารอ้างอิง (References)

(1) ISO/TS 19036:2006/Amd.1:2009(E) : Microbiology of Food and animal feeding stuffs-Guidelines for the estimation of measurement uncertainty for quantitative determinations

(2) EURACHEM/CITAC Guide. Quantifying Uncertainty in Analytical Measurement. 2nd Edition. 2000.