

食品加工用水中微生物的检测能力验证关键技术研究

阎 炳^{1,2}, 曹 岩³, 薛 勇¹, 唐 静², 王 静², 秦赛花², 李明哲^{2*}

(1. 中国海洋大学食品科学与工程学院, 青岛 266003; 2. 青岛海关技术中心, 青岛 266002;
3. 中国检验认证集团山东有限公司, 青岛 266000)

摘 要: **目的** 建立适用于食品加工用水微生物检测能力验证方案, 并进行评价。**方法** 对 1 mL 菌种水悬液快速冻干制备能力验证样品, 按照 CNAS-GL03:2006《能力验证样品均匀性和稳定性评价指南》对样品进行均匀性和稳定性检验, 并按照预设方案组织一次能力验证。**结果** 按照方案制备的样品均匀性和稳定性符合能力验证要求, 参试实验室反馈的测试结果统计符合能力验证结论分布要求。**结论** 建立的能力验证方案可以作为一种方法来测试被监管实验室检测能力或者集团企业验证下属实验室检测能力。

关键词: 能力验证; 水质检测; 微生物; 食品安全; 冻干

Research on key technologies of proficiency testing for microbiological detection in food processing water

YAN Bing^{1,2}, CAO Yan³, XUE Yong¹, TANG Jing², WANG Jing², QIN Sai-Hua², LI Ming-Zhe^{2*}

(1. Ocean University of China College of Food Science and Engineering, Qingdao 266003, China;
2. Technology Center of Qingdao Customs District, Qingdao 266002, China;
3. China Certification & Inspection Group Shandong CO., LTD., Qingdao 266000, China)

ABSTRACT: Objective To establish and evaluate the microbial detection capability verification scheme suitable for food processing water. **Methods** The test sample was prepared by rapid freeze-drying of 1 mL strain aqueous suspension. According to CNAS-GL03: 2006 *Guidelines for evaluation of uniformity and stability of samples for capability verification*, the uniformity and stability of samples were tested, and a capability verification was organized according to the preset scheme. **Results** The uniformity and stability of the samples prepared according to the scheme met the requirements of capability verification. The test results from the experimental laboratory were statistically consistent with the requirement of ability verification conclusion distribution. **Conclusion** The established proficiency testing scheme can be used as a method to test the testing capabilities of supervised laboratories or group companies to verify the testing capabilities of subordinate laboratories.

KEY WORDS: proficiency testing; water quality testing; microorganisms; food safety; lyophilization

基金项目: 海关总署自然科学基金项目(2016IK188)

Fund: Supported by the Science Foundation of General Administration of Customs, P.R. China (2016IK188)

*通讯作者: 李明哲, 高级工程师, 主要研究方向为食品安全。E-mail: ciq_lmz@126.com

*Corresponding author: LI Ming-Zhe, Senior Engineer, Technical Center of Qingdao Customs, Qingdao 266002, China. E-mail: ciq_lmz@126.com

1 引言

食品安全问题已成为全球性问题, 受到广大消费者的高度重视。整个食品加工过程的各个环节都应得到良好的监控, 以保证产品最终的质量和品质, 对食品加工用水进行安全卫生控制是生产过程控制的重要环节^[1]。水在食品加工过程中无论是清洗作用、传送作用、还是直接作为产品的一部分, 都具有相当重要的作用, 用量大、用处多^[2]。食品加工用水一旦出现微生物污染的情况, 轻则引起最终食品产品的污染, 给食品加工企业带来经济上的损失; 重则会导致食品安全事件, 造成不可挽回的局面。国内外不乏有对因食品加工生产用水污染导致食品品质下降、食品安全事件的报道, 我国国内食品加工企业用水质量不容乐观, 特别是水中微生物安全风险很高^[3-6]。对此类风险的管理通常是要求食品加工企业实验室对生产用水进行自检自控, 但因企业实验室自检的能力良莠不齐, 一次合格的能力验证尤为重要, 可以对实验室检测能力进行有效的评价, 做到让检测和品控心中有数。但水质微生物检测能力验证在实际组织条件比较苛刻, 样品制备比普通食品困难, 参试实验室反馈的数据分布状态差(尤其是大肠菌群), 组织成本较高。

本文根据水的特性和水中微生物的生理特性, 结合能力验证要求和实际工作经验, 进行食品加工用水微生物检测能力验证标准样品的制备研究, 并对制备好的样品进行均匀性检验及评价, 以期食品加工用水的安全控制提供参考。

2 材料与方法

通过对国内外标准的查阅整理, 对食品加工企业的需求调查^[7-10], 本次水质微生物能力验证样品制备研究选择总大肠菌群定量检测为研究对象。

2.1 检测方法

本研究中均匀性检验和稳定性检验样品检测方法采用 GB/T 5750.12-2006《生活饮用水标准检验方法 微生物指标》^[11]检测, 能力验证阶段参试实验室的检测方法不做制定, 可按照参试实验室日常方法进行检测, 但检测结果反馈时需同时反馈采用的检测方法。

2.2 能力验证样品设计

2.2.1 能力验证样品准备

选择大肠杆菌(菌种编号: ATCC8739)和表皮葡萄球菌(菌种编号: CMCC26069)作为能力验证添加菌种^[12], 按照预计目标浓度(预计浓度在 10⁴ CFU/mL 数量级)刮取适量经过纯培养的 2 种菌落放入经过灭菌处理的地下水(考虑大多数食品加工企业都适用地下水)中, 达到目标浊度后

均质 30 min, 37 °C 震荡放置 24 h, 待温度降至室温后用无菌纱布过滤备用。

将上述均匀菌液震荡同时, 每次取 1 mL 放入 5 mL 冻干瓶中快速冻干, 无菌密封封盖后常温保存备用, 制作足够数量的冻干样品^[13]。

同样的方法制作 2 个浓度梯度样品(预计浓度分别在 10³ CFU/mL 和 10⁵ CFU/mL 数量级以内, 实际浓度以冻干后均匀性实验数据为准)。

制作好的样品可放置在 20~25 °C 室温下储存, 此温度下的稳定性检验会一直持续到能力验证结束。

2.3 能力验证样品分配

定量检测项目设置高浓度和低浓度 2 个梯度, 每个定量项目参试实验室会获得 1 个随机梯度能力验证样品。

2.3.1 能力验证样品编号

没有特殊软件的情况下可以简单地使用 Excel 随机函数和排位函数为所有样品随机分配一个编号, 并按照该编号加贴标签。这些随机的没有规律的编号分别对应高浓度和低浓度样品。

2.3.2 随机分配样品和标识

同样可以用 Excel 随机函数为每个参试实验室随机分配检测样品。每个定量检测项目参试实验室会随机获得 1 个样品(但要确保高、低浓度随机分配比例大约在 1:1); 参试实验室获得的样品只标记为测试项目加 2.3.1 中随机生成的样品编号。

2.3.3 能力验证结果反馈和统计

根据标准要求最长检测时间的 2 倍制定结果反馈时间, 参试实验室在指定时间前以正式报告的方式反馈检测结果, 定量检测项目需要报告检测具体数值和单位。

反馈结果统计采用国际标准 ISO/TS 22117: 2010(E) Microbiology of food and animal feeding stuffs-Specific requirements and guidance for proficiency testing by interlaboratory comparison 对不同浓度样品分别进行统计分析^[14], 将反馈结果转化为对数值后统计 Z 值进行结果评价:

$$Z = \frac{x - X}{0.32}$$

x —实验室反馈结果对数值;

X —反馈的有效结果的平均值;

0.32—根据 ISO/TS 22117: 2010(E) 标准采用 0.32 为计算系数。

$|Z| \leq 3$ 为满意结果;

$3 < |Z| < 5$ 为有问题结果;

$|Z| \geq 5$ 为不满意结果。

参试实验室报告结果不是确切数字, 如果报告“<3”“0”“多不可计”或“>***”可作为“无效结果”, 直接判为“不满意”。

3 结果与分析

3.1 能力验证样品符合性检验

3.1.1 均匀性检验

大肠菌群定量样品均匀性检验按照 CNAS-GL 003:2018 《能力验证样品均匀性和稳定性评价指南》中的均匀性检验单因子方差方法进行分析^[15]。每种项目从制备好的高浓度和低浓度样品中分别随机挑选 24 个样品, 两两一组。按照 GB/T 5750.12-2006^[14]方法检测总大肠菌群, 在重复条件下测试 2×12 个样品。结果数据(对数值)采用单因素方差分析对检验结果进行统计处理, 评价样品的均匀性。

(1) 大肠菌群(低浓度)能力验证样品均匀性检验

大肠菌群(低浓度)样品均匀性检验结果数据见表 1, 对均匀性检验检测结果的方差分析结果见表 2。

表 1 大肠菌群(低浓度)样品均匀性检验检测结果
Table 1 Sample uniformity test results of total coliforms (low level)

样品 编号	结果 1 (MPN/mL)	结果 2 (MPN/mL)	取对数值[lg(MPN/mL)]	
			结果 1	结果 2
1	23	460	1.3617	2.6628
2	9.2	15	0.9638	1.1761
3	23	9.2	1.3617	0.9638
4	3.6	3.6	0.5563	0.5563
5	9.2	3.6	0.9638	0.5563
6	93	210	1.9685	2.3222
7	240	93	2.3802	1.9685
8	9.2	93	0.9638	1.9685
9	9.2	93	0.9638	1.9685
10	3.6	23	0.5563	1.3617
11	240	43	2.3802	1.6335
12	23	150	1.3617	2.1761

表 2 大肠菌群(低浓度)样品的均匀性检验方差分析结果
Table 2 One-Way ANOVA of sample uniformity test of total coliforms (low level)

差异源	SS	df	MS	F	F crit
组间	6.9551	11.0000	0.6323	2.43	2.72
组内	3.1226	12.0000	0.2602		
总计	10.0776	23.0000			

实验结果按照 $P=0.95, \alpha=0.05, f_1=11, f_2=12$ 查表获得 $F_{crit}=2.72$, 大肠菌群(低浓度)样品 $F=2.4298 < F_{crit}=2.72$, 表明样品内和样品间无显著差异, 样品是均匀的, 满足本次能力验证要求(计算公式请查阅 CNAS-GL003:2018, 以

下相同)。

(2) 大肠菌群(高浓度)能力验证样品均匀性检验

大肠菌群(高浓度)样品均匀性检验结果数据见表 3, 对均匀性检验检测结果的方差分析结果见表 4。

表 3 大肠菌群(高浓度)样品均匀性检验检测结果
Table 3 Sample uniformity test results of total coliforms (high level)

样品 编号	结果 1 (MPN/mL)	结果 2 (MPN/mL)	取对数值[lg(MPN/mL)]	
			结果 1	结果 2
1	2400	4600	3.3802	3.6628
2	24000	2900	4.3802	3.4624
3	1500	2800	3.1761	3.4472
4	2100	2900	3.3222	3.4624
5	4600	4600	3.6628	3.6628
6	4600	12000	3.6628	4.0792
7	9300	2100	3.9685	3.3222
8	11000	4600	4.0414	3.6628
9	4600	4600	3.6628	3.6628
10	2400	1200	3.3802	3.0792
11	24000	24000	4.3802	4.3802
12	2400	4600	3.3802	3.6628

表 4 大肠菌群(高浓度)样品的均匀性检验方差分析结果
Table 4 One-way ANOVA of sample uniformity test of total coliforms (high level)

差异源	SS	df	MS	F	F crit
组间	2.1699	11.0000	0.1973	2.47	2.72
组内	0.9601	12.0000	0.0800		
总计	3.1300	23.0000			

实验结果按照 $P=0.95, \alpha=0.05, f_1=11, f_2=12$ 查表, $F_{crit}=2.72$, 大肠菌群(高浓度)样品 $F=2.47 < F_{crit}=2.72$, 表明样品内和样品间无显著差异, 样品是均匀的, 满足本次能力验证要求。

3.1.2 稳定性检验

使用速递运送样品, 正常情况下, 3 d 左右到达省内各参试实验室。从均匀性检验完成算起, 稳定性检验设计进行 45 d。每个项目分别从已制备并包装好的低浓度和高浓度或者阳性和阴性样品中各随机抽取 72 个样品, 分成 3 份, 分别放置在 2~6 °C、室温(25~30 °C)、42 °C 环境下, 在均匀性检验完成后的第 5 d、第 10 d、第 20 d、第 45 d 测试样品稳定性, 每次测试 6 个样品。总的检测结果用来评价

样品的稳定性。

大肠菌群定量检测的稳定性检验的统计方法采用 CNAS-GL003:2018《能力验证样品均匀性和稳定性评价指南》中平均值一致性检验法进行分析和评价^[15]。

$$t = \frac{|\bar{x} - \bar{x}|}{\sqrt{\frac{(n-1) \times s + (n-1) \times s}{n+n-2} \times \frac{n+n}{n \times n}}}$$

式中: x_1 —第 1 次检验数据的平均值;
 x_2 —第 2 次检验数据的平均值;
 s_1 —第 1 次检验数据的标准偏差;
 s_2 —第 2 次检验数据的标准偏差;
 n_1 —第 1 次检验数据的测量次数;
 n_2 —第 2 次检验数据的测量次数。
若每组 $t < \text{显著性水平 } \alpha$ (通常 $\alpha = 0.05$) 自由度为 $n_1 + n_2 - 2$ 的临界值 $t_{\alpha}(n_1 + n_2 - 2)$, 则表明样品内及样品间无显著性差异, 样品是稳定的。

(1) 大肠菌群(低浓度)能力验证样品稳定性检验

以低浓度均匀性检验数据作为第 1 次检测数据, 平均对数值为 1.31, 结合稳定性检验检测数据见表 5, 进行低浓度样品的稳定性检验评价。

第 1 次检测取样 $n_1 = 24$, 稳定性检验每次取样 $n_2 = 6$, 取显著水平 $\alpha = 0.05$ 时, 临界值 $t_{0.05}(28) = 1.70$, 从表 5 中可以看出, 稳定性检验检测中每次检测结果的 $t < t_{0.05}(28)$, 表示大肠菌群(低浓度)样品在能力验证过程中是稳定的。

(2) 大肠菌群(高浓度)能力验证样品稳定性检验

以高浓度均匀性检验数据作为第 1 次检测数据, 平均对数值为 3.63, 结合稳定性检验检测数据见表 6, 进行低浓度样品的稳定性检验评价。

表 5 大肠菌群(低浓度)样品的稳定性检验结果									
Table 5 Sample stability test results of total coliforms (low level)									
检测时间	2~6 ℃			室温(25~30 ℃)			42 ℃		
	结果对数值	平均值	t 值	结果对数值	平均值	t 值	结果对数值	平均值	t 值
第 5 d	1.36	1.63	1.18	0.56	1.46	0.52	1.36	1.40	0.31
	0.87			0.96			0.56		
	1.97			1.88			2.38		
	1.56			1.36			0.96		
	1.63			2.38			1.97		
	2.38			1.63			1.18		
	1.97			1.88			0.96		
第 10 d	0.56	1.63	1.11	2.38	1.63	1.11	0.56	1.46	0.52
	1.36			1.36			1.36		
	1.63			0.56			1.88		
	2.38			1.97			2.38		
	1.88			1.63			1.63		
	1.18			1.32			2.04		
	0.56			0.96			1.63		
第 20 d	1.88	1.39	0.27	2.38	1.44	0.47	1.63	1.69	1.33
	2.38			1.63			2.38		
	1.36			0.96			1.88		
	0.96			1.36			0.56		
	0.56			1.63			1.36		
	0.96			0.96			0.56		
	1.63			2.38			1.88		
第 45 d	2.38	1.35	0.14	1.88	1.40	0.31	2.38	1.42	0.38
	1.18			0.96			0.96		
	1.36			0.56			1.36		

表 6 大肠菌群(高浓度)样品的稳定性检验结果
Table 6 Sample stability test results of total coliforms (high level)

检测时间	2~6 °C			室温(25~30 °C)			42 °C		
	结果对数值	平均值	<i>t</i> 值	结果对数值	平均值	<i>t</i> 值	结果对数值	平均值	<i>t</i> 值
第 5 d	3.38	3.77	0.82	3.66	3.80	1.04	4.38	3.77	0.82
	4.04			4.04			3.66		
	3.18			3.38			3.38		
	4.38			4.38			3.97		
	3.97			3.38			4.04		
	3.66			3.97			3.18		
第 10 d	3.32	3.52	0.64	4.04	3.63	0.00	4.38	3.74	0.68
	3.18			3.38			3.66		
	3.38			3.97			3.97		
	4.38			3.38			3.38		
	3.66			3.32			3.38		
	3.18			3.66			3.66		
第 20 d	3.38	3.63	0.00	4.38	3.58	0.30	3.38	3.76	0.76
	3.32			3.38			3.63		
	4.38			3.66			3.97		
	3.66			3.32			4.38		
	3.18			3.38			4.04		
	3.88			3.38			3.18		
第 45 d	3.63	3.77	0.86	4.38	3.66	0.18	4.04	3.83	1.39
	3.38			3.66			4.04		
	3.88			3.18			3.38		
	3.97			3.38			3.88		
	4.38			3.38			3.97		
	3.38			3.97			3.66		

第 1 次检测取样 $n_1=24$, 稳定性检验每次取样 $n_2=6$, 显著水平 $\alpha=0.05$ 时, 临界值 $t_{0.05}(28)=1.70$, 从表 3-6 中可以看出, 12 次稳定性检验检测中每次检测结果的 $t < t_{0.05}(28)$, 表示大肠菌群(高浓度)样品在能力验证过程中是稳定的。

3.2 组织能力验证

本文后期以上述研究成果和能力验证样品实际组织了一次能力验证。大肠菌群项目共发放 275 个样品, 其中包括 140 个高浓度样品, 135 个低浓度样品。有 4 家实验室没有报告检测结果, 271 家实验室报告检测结果, 其中有 56 家实验室报告结果无具体数值, 其余 215 家实验室的检测结果的数值用于计算赋值, 高浓度和低浓度分开独立统计, 单位为“lg(MPN/mL)”。

3.2.1 大肠菌群(低浓度)反馈结果统计分析

获得大肠菌群低浓度样品的 135 个参试实验室中有 82

个报告了检测结果具体数值, 用于统计计算, 其中 2 家实验室检测结果为不满意, 4 家实验室检测结果为可疑, 另有 53 个参试实验室未报告具体结果数值。报告结果对数值频数分布见图 1, 可以看出, 结果呈近似的正态分布。计算得到的赋值为 1.24, ISO/TS 22117:2010 指定能力评定标准差为 0.32。

3.2.2 大肠菌群(高浓度)反馈结果统计分析

获得大肠菌群高浓度样品的 140 个参试实验室中有 133 个报告了检测结果具体数值, 用于统计计算, 其中 7 家实验室检测结果为不满意, 17 家实验室检测结果为可疑, 另有 4 个参试实验室未报告结果, 3 个参试实验室未报告具体结果数值。报告结果对数值频数分布见图 2, 从图中可以看出, 结果呈近似的正态分布。计算得到的赋值为 2.85, ISO/TS 22117:2010 指定能力评定标准差为 0.32。

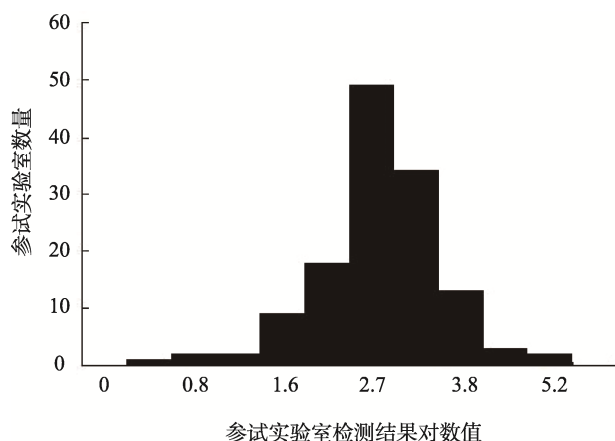


图 1 大肠菌群(低浓度)结果频率分布直方图
Fig.1 Histogram of frequency distribution of total coliforms (low level) test results

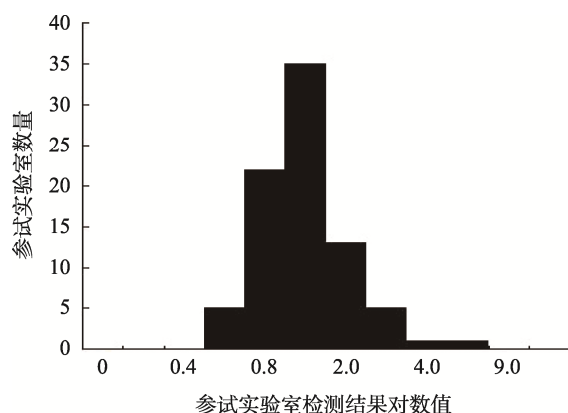


图 2 大肠菌群(高浓度)结果频率分布直方图
Fig.2 Histogram of frequency distribution of total coliforms (high level) test results

4 讨论与结论

本文通过对组织水质微生物检测能力验证存在的难点和关键点的研究,针对水质微生物能力验证样品制作中的一些问题创新了做法,提出了针对性的解决方案,以确保此类能力验证的科学性、有效性。

(1)水质微生物检测能力验证样品制备不能直接保留样品介质的液体形态,而是制定了菌种纯培养-菌落在水介质中均质成悬浊液并稳定 24 h-过滤分装-快速真空冻干密封的特殊样品制备方案,使用不易破碎的厚质冻干瓶,密封包装,测试时使用 10 mL 无菌生理盐水融洗后作为样品原液使用。

(2)选择 5 代以内,生化特征明显稳定的菌种作为添加目标菌种,确保参试实验室能得到稳定的生化数据。

(3)定量检测能力验证建议使用 $10^2 \sim 10^6$ 数量级之间的浓度,易于统计,稳定性也较高,一般情况下,浓度越高

稳定性越好,但两个浓度梯度之间数量级相差不宜超过 2~3 个数量级,否则起不到防止实验室内互相串通的作用。

(4)样品原液不宜直接使用培养液,培养液杂质过多,里面含有大量的培养基和微生物代谢产物,与生产用水介质差别太大,复原后作为样品原液可能会影响检测数据,特别是经过大量增菌培养后可能存在大量的代谢物,经过冻干的微生物会有些损伤,这些代谢物会影响到其复原程度。因此,可以使用纯培养的菌落,在经过无菌处理的地下水中均质 30 min, 37 °C 放置 24 h,使微生物适应介质环境,并经过 24 h 的自然筛选,剔除不适应的微生物,使用无菌纱布滤去沉淀后备用。菌液要在 6 h 内完成分装并进入冻干程序。

(5)定量检测能力验证需要足够多的实验室,才能够使反馈的结果呈正态分布,少量实验室参加的能力验证建议组织方同时选择足够量的样品模拟整个流程进行同步检测,检测数据进入数据统计,用以减小过多低水平参试实验室和部分相互串通带来的数据偏离,避免对高水平实验室带来的不利影响。

参考文献

- [1] 姬衡德. 食品加工用水[J]. 食品与机械, 1994, 4: 23-25.
Ji HD. Water for food processing [J]. Food Match, 1994, 4: 23-25.
- [2] 唐静. 食品加工用水微生物检测的重要性[J]. 食品安全质量检测学报, 2014, 5(12): 3906-3910.
Tang J. Importance of microbiological testing of food processing water [J]. J Food Saf Qual, 2014, 5(12): 3906-3910.
- [3] 董晓燕, 戚凤友, 朱晓惠, 等. 肉鸡加工用水卫生状况调查[J]. 山东食品科技, 2001, 7: 16.
Dong XY, Qi FY, Zhu XH, et al. Broile processing water health survey [J]. Shandong Food Sci Technol, 2001, 7: 16.
- [4] 王道营. 酱香兔加工中的微生物污染状况及其关键控制点[J]. 安徽农业科学, 2007, (5): 1484.
Wang DY. Study on Microorganism pollution and key control points in spiced rabbit processing [J]. J Anhui Agric Sci, 2007, (5): 1484.
- [5] 赵慧, 甄少波, 任发政, 等. 生猪屠宰环节微生物状况调查及建议[J]. 农产品加工学刊, 2018, 5: 5-13.
Zhao H, Zhen SB, Ren FZ, et al. Investigation and suggestions of microbial condition in the link of live-pig slaughtering [J]. Farm Pro Proc, 2018, 5: 5-13.
- [6] 何永贵. 冰鲜海产品食源性致病菌污染的调查分析[J]. 中国医药科学, 2017, (19): 180-182, 193.
He YG. Investigation and analysis of foodborne pathogenic bacteria pollution of chilled seafood [J]. China Med Pharm, 2017, (19): 180-182, 193.
- [7] 舒晓娟, 张伟冲, 袁峰, 等. 食品微生物的检测能力验证[J]. 上海预防医学, 2014, 26(3): 154-157.
Shu JJ, Zhang WC, Yuan F, et al. The ability verification of food microorganism test [J]. Shanghai J Prev Med, 2014, 26(3): 154-157.
- [8] 吉彦利, 郭勇峰, 王敬辉, 等. 食品微生物学检测能力验证分析[J]. 公共卫生与预防医学, 2015, 26(3): 110-112.
Ji YL, Guo YF, Wang JH, et al. Ability verification analysis of food

- microbiology detection [J]. J Publ Health Prev Med, 2015, 26(3): 110–112.
- [9] 方莹, 樊惠华, 刘亚芬, 等. 生活饮用水中微生物学检验能力验证的结果与分析[J]. 食品安全质量检测学报, 2018, 9(11): 2652–2656.
Fang Y, Fan HH, Liu YF, *et al.* Results and analysis of detection ability for microbiological parameters in drinking water [J]. J Food Saf Qual, 2018, 9(11): 2652–2656.
- [10] Abdel MM, Planchon V, Polet M, *et al.* Analysis performance of food microbiology laboratories—critical analysis of 7 years of proficiency testing results [J]. J Appl Microbiol, 2016, 120(2): 346–354.
- [11] GB/T5750. 12–2006 生活饮用水标准检验方法 微生物指标[S].
GB 5749–2006 Standards examination methods for drinking water-Microbiological parameters [S].
- [12] 李凤梅. 食品微生物检验(1版)[M]. 北京: 化学工业出版社, 2015.
Li FM. Microbiological examination of food(1st edition) [M]. Beijing: Chemical Industry Press, 2015.
- [13] 黄瑶, 崔邦炳, 等. 利用真空冷冻干燥法保藏几种常见细菌的研究[J]. 广西工学院学报, 2006, 17(S2): 20–22.
Huang Y, Cui BB, Huang CJ, *et al.* Preservation of several common bacteria by vacuum freeze-drying [J]. Guangxi Univ Technol, 2006, 17(S2): 20–22.
- [14] ISO/TS 22117: 2010 Microbiology of food and animal feeding stuffs—Specific requirements and guidance for proficiency testing by interlaboratory comparison [S].
- [15] CNAS–GL003: 2018 能力验证样品均匀性和稳定性评价指南[S].
CNAS–GL003: 2018 Guidance on evaluating the homogeneity and stability of samples used for proficiency testing [S].

(责任编辑: 王 欣)

作者简介



阎 炳, 助理工程师, 主要研究方向为食品质量与安全。
E-mail: 20088631@qq.com



李明哲, 高级工程师, 主要研究方向为食品安全。
E-mail: ciq_lmz@126.com