

## 研究报告

## 植物源食品中菌落总数的测量不确定度评定

曲世超,徐文英,薛伟锋,褚莹倩,齐欣  
(大连海关技术中心,辽宁大连 116000)

**摘要:**目的 对植物源食品中菌落总数的测定结果进行不确定性评定,确保检测结果的准确性。方法 按照食品安全国家标准 GB 4789.2—2022 的方法,采用平板计数琼脂培养基和测试片分别测定植物源食品中菌落总数,对引入的不确定度分量进行评定,最终分别合成植物源食品在平板计数琼脂培养基和测试片上菌落总数测定的不确定度。结果 在置信概率为 95% 时,植物源食品在平板计数琼脂培养基和测试片上菌落总数测定结果的扩展不确定度分别为 0.045 863 和 0.049 436,测定结果区间范围分别为  $7.0 \times 10^3 \sim 1.1 \times 10^4$  和  $7.0 \times 10^3 \sim 1.2 \times 10^4$  CFU/g。结论 植物源食品在平板计数琼脂培养基和测试片上菌落总数测定结果差异不大,针对各自评定数据可对试验样本进行结果判定分析。建议实验室通过提升自身检测能力来降低不确定度分量的引入,为植物源食品的生产、检验和监督等方面提供坚实有力的技术保障。

**关键词:**植物源性食品;菌落总数;不确定度;评定;培养基

中图分类号:R155 文献标识码:A 文章编号:1004-8456(2024)04-0383-06

DOI:10.13590/j.cjfh.2024.04.003

### Evaluation of the uncertainty in measurement of the aerobic plate count in the plant-derived foods

QU Shichao, XU Wenyong, XUE Weifeng, CHU Yingqian, QI Xin  
(Technology Center of Dalian Customs District, Liaoning Dalian 116000, China)

**Abstract: Objective** To ensure the accuracy of the results in such products, the uncertainty of the aerobic plate count in the plant-derived foods was evaluated. **Methods** In accordance with the national standards for food safety GB 4789.2—2022, the aerobic plate count in plant-derived foods was determined by plate count agar medium and test sheets. The introduced uncertainty components in the experiments were evaluated until the synthetic uncertainties of the aerobic plate count in the plant-derived foods on plate count agar medium and test sheets were calculated respectively. **Results** As the confidence probability was 95%, the extended uncertainties of the aerobic plate count in the plant-derived foods on plate count agar medium and test sheets were 0.045 863 and 0.049 436, respectively. And the confidence intervals of the measurement result were  $7.0 \times 10^3 \sim 1.1 \times 10^4$  and  $7.0 \times 10^3 \sim 1.2 \times 10^4$  CFU/g. **Conclusion** The uncertainties of the aerobic plate count in the plant-derived foods on plate count agar medium and test sheets have no significant difference between them. According to the evaluation data, the results of the test samples can be judged and analyzed. It is suggested to improve in-house detection ability to reduce the introduction of uncertainty. It will provide strong technical support to production, inspection and supervision of the plant-derived foods.

**Key words:** Plant-derived foods; aerobic plate count; uncertainty; evaluation; medium

随着我国社会经济的快速发展,人们日益关注科学、营养的饮食方式。大量流行病学及实验研究已证实,植物中的许多有效成分在预防慢性疾病或

维持健康方面发挥着重要作用<sup>[1]</sup>。近年来低脂肪、低热量、低胆固醇的植物源食品已成为人们生活中的新宠。安全、健康、绿色、天然是食品发展的主旋律。

食品安全问题关系到民生大计,严把食品安全质量更是相关部门的重要职责。植物源食品多由粮食、豆类、坚果等原料制成,在生产、加工和流通等各个环节极易受到微生物污染而引起食源性疾病的发​​生,严重影响人类的身体健康。通过对食品中微生物的检测,可如实反映出产品卫生状况及被污染程度。其中,菌落总数的测定作为国家食品检

收稿日期:2023-04-03

基金项目:辽宁省自然科学基金计划面上项目(2023-MS-349);大连海关科研项目(2022DK04)

作者简介:曲世超 男 高级工程师 研究方向为食品检验

E-mail:qushichao09@126.com

通信作者:齐欣 女 高级工程师 研究方向为食品微生物

E-mail:110697186@qq.com

验的强制性检测项目之一,在卫生学评价中具有重要的意义<sup>[2]</sup>。由于微生物在食品样品中的分布存在不均匀性和分散性,同时由于生物检测工作的特殊性,菌落总数测定过程中会存在诸多的不确定性,导致测定结果和真值之间将存在一定误差<sup>[3-4]</sup>。为保证数据的可靠性和准确性,直接反映检测质量的高低和内部质量控制效果,对测定结果进行不确定度评定是非常必要的<sup>[5-6]</sup>。

测量不确定度评定作为提高测量结果质量的关键因素,在检测和校准实验室进行能力或资质认证时占据非常重要的地位<sup>[7-8]</sup>。CNAS-CL01:2018《检测和校准实验室能力认可准则》<sup>[9]</sup>中明确规定开展检测的实验室应对测量结果进行测量不确定度的评定。CNAS-CL01-A001:2022《检测和校准实验室能力认可准则在微生物检测领域的应用说明》<sup>[10]</sup>中更是明确规定,实验室对于定量(平板计数法)的微生物检测方法应进行不确定度评定,识别测量不确定度的贡献并估算测量不确定度。可知对测量不确定度的评定是检验检测实验室现在必备的能力之一。

本文以植物源食品为研究对象,按照 GB 4789.2—2022《食品安全国家标准 食品微生物学检验 菌落总数测定》<sup>[11]</sup>方法与评定测量不确定度的相关规定要求,分析其菌落总数测定过程中具有影响的不确定度分量来源,通过计算使用平板计数琼脂培养基和测试片的菌落总数合成不确定度及扩展不确定度,建立植物源食品在不同培养基上的菌落总数测定结果不确定度的评定方法,为植物源食品中菌落总数的精准测定提供坚实有力的技术保障。

## 1 材料与方法

### 1.1 植物源食品

同批次某品牌燕麦植物粉共计 20 份,为本实验室送检样品。

### 1.2 主要仪器与试剂

拍击式均质器(400 sw,法国 Interscience);恒温恒湿培养箱(KMF 7.2,德国 Binder,校准温度 36 °C);高压蒸汽灭菌锅(CL-40 M,日本 ALP 公司)。

平板计数琼脂(北京陆桥技术股份有限公司,批号:220402);菌落总数测试片(山东美正生物科技有限公司,批号:20220602);磷酸二氢钾(分析纯,国药集团化学试剂有限公司)。

### 1.3 方法

#### 1.3.1 菌落总数的测定

实验室送检燕麦植物粉为预包装粉末状产品,

同一名操作人员在同一试验环境条件下按照 GB 4789.2—2022《食品安全国家标准 食品微生物学检验 菌落总数测定》<sup>[11]</sup>标准方法进行植物源食品中菌落总数的重复性测定,并严格按照国家标准流程进行实验操作。其中 10 份使用平板计数琼脂培养基进行试验,另外 10 份使用菌落总数测试片进行试验。试验具体操作为称取 25 g 样品置于盛有 225 mL 无菌磷酸盐缓冲液的无菌均质袋中,使用拍击式均质器拍打 2 min,制成 1:10 样品匀液。按照 10 倍稀释法进行逐级稀释,不同稀释度吸取 1 mL 样品匀液于无菌平皿或测试片中,每个稀释度做两个无菌平皿或测试片。同时分别吸取 1 mL 空白稀释液加入两个无菌平皿或测试片内作为空白对照。无菌平皿中及时注入 15~20 mL 冷却至 46 °C~50 °C 的平板计数琼脂培养基,并转动平皿使其混合均匀,待凝固后将其倒置于培养箱中,测试片按照说明书要求进行操作。36 °C 条件下培养 48 h 后进行菌落计数。

#### 1.3.2 菌落总数不确定度评定方法

以 JJF 1059.1—2012《测量不确定度评定与表示》技术规范<sup>[12]</sup>、SN/T 4091—2015《食品微生物学测量不确定度评估指南》<sup>[13]</sup>和 GB/T 27420—2018《合格评定 生物样本测量不确定度评定与表示应用指南》<sup>[14]</sup>为指导性文件,对测试过程产生的不确定度 A 类评定和 B 类评定进行分析,最终确定植物源食品中菌落总数的合成标准不确定度。

#### 1.3.3 菌落总数结果计算

选取菌落数在 30~300 CFU 之间的稀释度进行计数。若只有一个稀释度的菌落数在适宜计数的范围内时,计算两个平行菌落数的平均值,再乘以相应稀释倍数。若有两个连续稀释度的菌落数在适宜计数范围内时,按公式计算结果。

$$N = \frac{\sum C}{(n_1 + 0.1n_2)d}$$

式中:N 表示样品中菌落数,CFU/g; $\sum C$  表示平板/测试片(含适宜范围菌落数的平板/测试片)菌落数之和,CFU/g; $n_1$  为第一稀释度(低稀释倍数)平板个数; $n_2$  为第二稀释度(高稀释倍数)平板个数; $d$  为稀释因子(第一稀释度)。

#### 1.4 测量不确定度来源分析

测量不确定度一般由若干分量组成,其中一些分量可根据一系列测量的统计分布,按测量不确定度的 A 类评定进行评定,并用实验标准偏差表征。而另一些分量则可根据经验或其他信息假设的概率分布,按测量不确定度 B 类评定进行评定,也用

标准偏差表征。本实验中将涉及的培养基、重复测量因素作为不确定度的 A 类评定分量进行评定,将样品称量过程、样品移液和因样品稀释过程等作为测量不确定度的 B 类评定分量进行评定,因环境条件、设备状态、样品均匀性等分量对合成不确定度贡献甚小,本试验忽略不计。本试验植物源食品中菌落总数不确定度分量主要来源如图 1 所示。

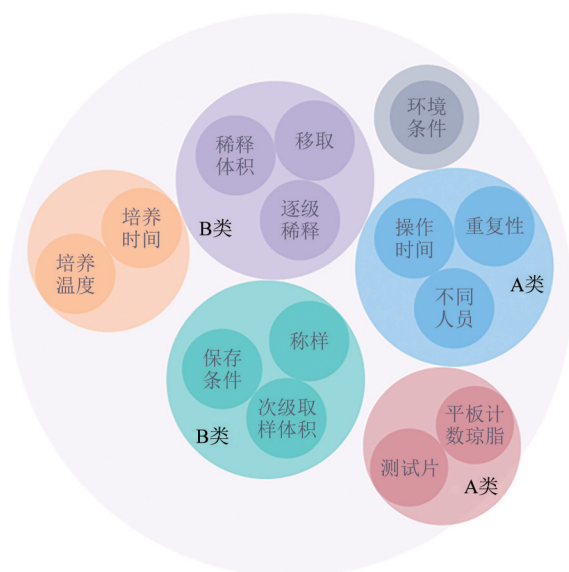


图 1 植物源食品中菌落总数不确定度分量主要来源  
Figure 1 The sources of uncertainty component of the aerobic plate count in the plant-derived foods

## 2 结果

### 2.1 样品制备过程中引入的标准不确定度

#### 2.1.1 样品称重时天平产生的相对标准不确定度 $u_{rel}(M)$

本试验采用百分之一电子天平称量样品。根据 JJG 1036—2022《电子天平》<sup>[15]</sup>规定,百分之一电子天平的最大允许误差为 $\pm 0.05$  g,分度值为 0.01 g,试验中样品称取量为 25.00 g,本不确定度采用皮重和总重两次称量进行计算,均匀分布  $k=\sqrt{3}$ ,通过计算得到由天平最大允许误差引入的相对标准不确定度  $u_{rel}(M)$ 为:

$$u_{rel}(M) = \frac{\sqrt{2} \times u_B(M)}{k \times M} = \frac{\sqrt{2} \times 0.01 \text{ g}}{\sqrt{3} \times 25 \text{ g}} \approx 0.000327$$

#### 2.1.2 玻璃量器引入的相对标准不确定度 $u_{rel}(V)$

本试验在样品稀释过程中使用的玻璃器具包括 250 mL 量筒(量出式)、10 mL 分度吸量管(流出式, A 级)和 1 mL 分度吸量管(流出式, A 级),涉及玻璃器具校准均合格。根据 JJG 196—2006《常用玻璃量器》<sup>[16]</sup>规定,20 °C 时 250 mL 量出式量筒的容量允差为 $\pm 2.0$  mL,10 mL 分度吸量管的容量允差为

$\pm 0.05$  mL,1 mL 分度吸量管的容量允差为 $\pm 0.008$  mL。取均匀分布  $k=\sqrt{3}$ ,引入的相对标准不确定度分别为:

由 250 mL 量出式量筒引入的不确定度为:

$$u_{rel}(V_1) = \frac{u_B(V_1)}{k \times V_1} = \frac{2.0 \text{ mL}}{\sqrt{3} \times 225 \text{ mL}} \approx 0.005132$$

由 10 mL 分度吸量管引入的不确定度为:

$$u_{rel}(V_2) = \frac{u_B(V_2)}{k \times V_2} = \frac{0.05 \text{ mL}}{\sqrt{3} \times 10 \text{ mL}} \approx 0.002887$$

由 1 mL 分度吸量管引入的不确定度为:

$$u_{rel}(V_3) = \frac{u_B(V_3)}{k \times V_3} = \frac{0.008 \text{ mL}}{\sqrt{3} \times 1 \text{ mL}} \approx 0.004619$$

#### 2.1.3 逐级稀释引入的相对标准不确定度 $u_{rel}(d)$

按照 GB 4789.2—2022<sup>[11]</sup>标准要求,试验中需将样品匀液逐级稀释,稀释倍数不同产生的不确定度亦不同。因此当稀释度为  $10^n$  时,产生的相对标准不确定度  $u_{rel}(d)$ 为:

$$u_{rel}(d) = \sqrt{u_{rel}^2(M) + u_{rel}^2(V_1) + [u_{rel}^2(V_2) + u_{rel}^2(V_3)] \times (n-1)}$$

考虑本实验样本为预包装食品,逐级 10×系列稀释至  $10^{-3}$  稀释度,选取其中 1~3 个适宜稀释度记录其菌落数并计算测定结果。因样品之间的差异导致结果读取时会选取不同的适宜稀释度,由此产生的相对标准不确定度分别为:

逐级 10×系列稀释至  $10^{-1}$  稀释度时引入的不确定度为:

$$u_{rel}(d_1) = \sqrt{u_{rel}^2(M) + u_{rel}^2(V_1)} \approx 0.005142$$

逐级 10×系列稀释至  $10^{-2}$  稀释度时引入的不确定度为:

$$u_{rel}(d_2) = \sqrt{u_{rel}^2(M) + u_{rel}^2(V_1) + [u_{rel}^2(V_2) + u_{rel}^2(V_3)] \times 1} \approx 0.007491$$

逐级 10×系列稀释至  $10^{-3}$  稀释度时引入的不确定度为:

$$u_{rel}(d_3) = \sqrt{u_{rel}^2(M) + u_{rel}^2(V_1) + [u_{rel}^2(V_2) + u_{rel}^2(V_3)] \times 2} \approx 0.009262$$

#### 2.1.4 加样体积引入的相对标准不确定度 $u_{rel}(T)$

试验时加样体积为 1 mL,使用的 1 mL 分度吸量管符合 JJG 196—2006《常用玻璃量器》<sup>[16]</sup>规定,容量允差为 $\pm 0.008$  mL。均匀分布  $k$  为  $\sqrt{3}$ ,参照 2.1.2 玻璃量器引入的相对标准不确定度可知 1 mL 分度吸量管引入的不确定度  $u_{rel}(T)$ 和  $u_{rel}(V_3)$ 相同,



但实际检测中菌落数读取时会选取一个或两个适宜稀释度,根据选取稀释度的不同,加样体积引入的相对标准不确定度不同,需分别计算。

2.1.5 样品重复测量时引入的标准不确定度  $u_A(\bar{x})$

同一操作人员对同一植物源食品的菌落总数进行20次重复测定,序号1~10为使用平板计数琼脂培养基进行10次菌落总数的测定,序号11~20为使用菌落总数测试片进行10次菌落总数的测定,每个稀释度进行2次平行试验,得到的植物源食品在不同培养基上菌落总数测定结果见表1。同时试验空白对照结果正常。

依据贝塞尔计算公式,菌落总数测定结果对数值标准偏差的合并样本标准偏差计算公式为:

$$S_p = \sqrt{\frac{\sum_{j=1}^{10} \sum_{i=1}^2 (lgX_{ij} - \overline{lgX_j})^2}{m(n-1)}}$$

经计算,使用平板计数琼脂培养基时,  $S_p = \sqrt{\frac{0.006688}{10(2-1)}} \approx 0.025861$ ; 使用测试片时,  $S_p = \sqrt{\frac{0.008021}{10(2-1)}} \approx 0.028321$ 。

样本菌落总数测定时的A类标准不确定度  $u_A(\bar{x})$  计算公式为:

$$u_A(\bar{x}) = \frac{S_p}{\sqrt{n}}$$

经计算,使用平板计数琼脂培养基时,  $u_A(\bar{x}) = \frac{0.025861}{\sqrt{2}} \approx 0.018286$ ; 使用测试片时,  $u_A(\bar{x}) = \frac{0.028321}{\sqrt{2}} \approx 0.020026$ 。

2.2 总体合成标准不确定度  $u_c(Y)$

总体合成标准不确定度  $u_c(Y)$  包括样品重复测量时引入的标准不确定度  $u_A(\bar{x})$ 、加样体积引入的相对标准不确定度  $u_{rel}(T)$  和逐级稀释引入的相对标准不确定度  $u_{rel}(d)$ 。计算公式为:

$$u_c(Y) = \sqrt{[u_A(\bar{x})]^2 + [u_{rel}(T)]^2 + [u_{rel}(d)]^2}$$

其中,使用平板计数琼脂培养基  $u_c(Y) = \sqrt{0.018286^2 + 0.004619^2 + 0.007491^2} \approx 0.020294$ ; 使用测试片  $u_c(Y) = \sqrt{0.020026^2 + 0.004619^2 + 0.007491^2} \approx 0.021874$ 。

置信概率  $p=95\%$ , 自由度  $v=n-1=10-1=9$ , 查  $t$  分布表得到包含因子  $K=t_{0.95}(9)=2.26$ 。使用平板计数琼脂培养基菌落总数的扩展不确定度为:  $u=K \cdot u_c(Y) \approx 0.045863$ , 使用测试片菌落总数的扩展不确定度为:  $u=K \cdot u_c(Y) \approx 0.049436$ 。根据  $lgx_j$  分别计

表1 植物源食品在不同培养基上菌落总数的测定结果  
Table 1 Results of the aerobic plate count on different medias in the plant-derived foods

序号(j)	平板计数琼脂培养基					测试片						
	测定结果/(CFU/g)		测定结果对数值		残差平方和 $\sum_{i=1}^2 (lgX_{ij} - \overline{lgX_j})^2$	测定结果/(CFU/g)		测定结果对数值		残差平方和 $\sum_{i=1}^2 (lgX_{ij} - \overline{lgX_j})^2$		
	$X_1$	$X_2$	$lgX_{1j}$	$lgX_{2j}$		$X_1$	$X_2$	$lgX_{1j}$	$lgX_{2j}$			
1	9 700	9 800	3.986 772	3.991 226	0.000 010	10 300	11 700	4.012 837	4.068 186	0.001 532		
2	9 000	9 700	3.954 243	3.986 772	0.000 529	9 100	10 100	3.959 041	4.004 321	0.001 025		
3	7 700	8 500	3.886 491	3.929 419	0.000 921	9 200	9 800	3.963 788	3.991 226	0.000 376		
4	7 600	8 000	3.880 814	3.903 090	0.000 248	8 400	9 400	3.924 279	3.973 128	0.001 193		
5	9 600	8 900	3.982 271	3.949 390	0.000 541	8 600	8 500	3.934 498	3.929 419	0.000 013		
6	8 800	7 900	3.944 483	3.897 627	0.001 098	9 500	8 800	3.977 724	3.944 483	0.000 552		
7	7 700	8 100	3.886 491	3.908 485	0.000 242	9 300	10 300	3.968 483	4.012 837	0.000 984		
8	7 500	8 800	3.875 061	3.944 483	0.002 410	7 400	8 300	3.869 232	3.919 078	0.001 242		
9	9 100	8 400	3.959 041	3.924 279	0.000 604	10 000	9 100	4.000 000	3.959 041	0.000 839		
10	9 800	10 100	3.991 226	4.004 321	0.000 086	9 700	9 200	3.986 772	3.963 788	0.000 264		
$\sum_{j=1}^{10} \sum_{i=1}^2 (lgX_{ij} - \overline{lgX_j})^2$						0.006 688	$\sum_{j=1}^{10} \sum_{i=1}^2 (lgX_{ij} - \overline{lgX_j})^2$					

注:数据采用四舍五入法计

算每个样品的菌落总数结果所在区间范围,植物源食品在不同培养基上菌落总数的测量不确定度及其范围如表 2 所示。

### 2.3 测量结果的报告

在置信概率为 95% 时,本试验植物源食品在平板计数琼脂培养基和测试片上菌落总数测定结果的扩展不确定度分别为 0.045 863 和 0.049 436,菌

落总数结果区间范围分别为是 7 016~11 057 CFU/g 和 6 994~12 301 CFU/g,按照 GB 4789.2—2022<sup>[11]</sup> 结果报告时采用“四舍五入”原则进行修约,该植物源食品当使用平板计数琼脂培养基时菌落总数测定结果区间范围为:  $7.0 \times 10^3 \sim 1.1 \times 10^4$  CFU/g,当使用测试片时菌落总数测定结果区间范围为:  $7.0 \times 10^3 \sim 1.2 \times 10^4$  CFU/g。

表 2 植物源食品在不同培养基上菌落总数的测量不确定度及其范围

Table 2 The uncertainty and the range of the aerobic plate count on different medias in the plant-derived foods

平板计数琼脂培养基			测试片		
序号(j)	$\lg \bar{X}_j \pm u$	菌落总数( $x_j$ )结果区间范围 CFU/g	序号(j)	$\lg \bar{X}_j \pm u$	菌落总数( $x_j$ )结果区间范围 CFU/g
1	3.988 999±0.045 863	8 773~10 836	11	4.040 512±0.049 436	9 797~12 301
2	3.970 507±0.045 863	8 407~10 384	12	3.981 681±0.049 436	8 555~10 743
3	3.907 955±0.045 863	7 279~8 991	13	3.977 507±0.049 436	8 474~10 640
4	3.891 952±0.045 863	7 016~8 666	14	3.948 704±0.049 436	7 930~9 957
5	3.965 831±0.045 863	8 317~10 273	15	3.931 959±0.049 436	7 630~9 581
6	3.921 055±0.045 863	7 502~9 267	16	3.961 103±0.049 436	8 160~10 246
7	3.897 488±0.045 863	7 106~8 777	17	3.990 660±0.049 436	8 734~10 967
8	3.909 772±0.045 863	7 310~9 029	18	3.894 155±0.049 436	6 994~8 782
9	3.941 660±0.045 863	7 867~9 717	19	3.979 521±0.049 436	8 513~10 689
10	3.997 774±0.045 863	8 952~11 057	20	3.975 280±0.049 436	8 430~10 586

### 3 结论

本研究对植物源食品中菌落总数测定时引入的培养基差异、重复性试验、样品称量、稀释和移取步骤这些主要因素的不确定度 A 类和 B 类评定进行评估。2022 年 12 月 30 日伴随 GB 4789.2—2022<sup>[11]</sup> 的正式实施,食品中菌落总数的测定方法中增加了测试片的应用,本研究充分考虑此变化对测量结果不确定度评定的影响,评定了植物源食品中分别使用平板计数琼脂培养基和测试片时菌落总数的不确定度,即当使用平板计数琼脂培养基时菌落总数测定结果的扩展不确定度为 0.045 863,当使用测试片时菌落总数测定结果的扩展不确定度为 0.049 436,针对本植物源食品当培养基不同时菌落总数的扩展不确定度差异不大。从不确定度的评定结果可以看出,上述主要因素均对植物源食品的菌落总数不确定度评定作出贡献,应在今后的检测中充分考虑各个分量对测量结果准确性的影响。同时本研究中只涉及一名操作人员进行试验操作,而不同人员之间操作存在的偏差及不同人员读数结果的偏差将在后续试验中纳入到菌落总数不确定度的评定工作中。

根据 GB 4789.1—2016<sup>[17]</sup> 要求菌落总数限量指标包含微生物指标可接受水平限量值(m)和微生物指标的最高安全限量值(M),根据检测结果处于 m、M 值的不同范围进行结果的判定。本试验选用的预包装研究对象按类别划分属于冲调谷物制品,微生物测定结果按照 GB 19640—2016《食品安全国家标准

冲调谷物制品》<sup>[18]</sup> 进行判定,其中  $m=10^4$  CFU/g,  $M=10^5$  CFU/g。本试验中 1、10、11、12、13、17、19、20 号样品的菌落总数置信上限值大于 m 值将直接影响检测结果的判定,应在结果判定时加以关注。可见,不确定度评定的引入,更有利于检测人员对测定结果数据的准确性、可信性和符合性进行辨识,更好地了解菌落总数测定结果的离散程度,使测定结果更接近于真值<sup>[19-20]</sup>。

随着实验室微生物检测工作的不断开展,各实验室应充分重视不确定度评定工作。根据自身实验室的检测特点,建立不同类型产品测定结果的不确定性评定,降低因临界值数据判定问题给实验室带来的检测风险和结果争议。同时,实验室需确保检测环境和培养环境的相对稳定,也应通过定期对检测人员进行培训考核及实操演练,强化定量检测结果的读取趋于一致化和规范化、采购质控样品对内部检测结果质量进行有效控制、参与国内外能力验证及实验室比对等途径最大限度降低不确定度引入的分量,为实验室出具精准的测定结果提供技术支持。

### 参考文献

- [1] 安磊,崔欣悦.植物功能性食品的研究进展[J].食品研究与开发,2014,35(15):131-133.  
AN L, CUI X Y. Research progress of plant functional food[J]. Food Research and Development, 2014, 35(15): 131-133.
- [2] 蔡晓霞,吴家碧,陈叶兰,等.菌落总数测定结果的不确定度评定[J].农产品加工,2022(12):68-71.

- CAI X X, WU J B, CHEN Y L, et al. Evaluation of uncertainty in the results of total colony determination [J]. *Farm Products Processing*, 2022(12): 68-71.
- [ 3 ] 刘荔, 李天荣. 膨化食品中菌落总数测定结果的不确定度评定[J]. *食品安全质量检测学报*, 2018, 9(5): 1158-1162.
- LIU L, LI T R. Uncertainty evaluation of measurement of aerobic plate count in puffed food [J]. *Journal of Food Safety & Quality*, 2018, 9(5): 1158-1162.
- [ 4 ] 赵军. 食品检验检测的质量控制及细节问题分析[J]. *食品安全导刊*, 2019(11): 34-35.
- ZHAO J. Quality control and detail analysis of food inspection and testing [J]. *China Food Safety Magazine*, 2019(11): 34-35.
- [ 5 ] 翟洪稳, 范素芳, 王娟, 等. 测量不确定度在食品检验中的应用及进展[J]. *食品科学*, 2021, 42(5): 314-320.
- ZHAI H W, FAN S F, WANG J, et al. Recent progress in measurement uncertainty and its application in food inspection and detection [J]. *Food Science*, 2021, 42(5): 314-320.
- [ 6 ] 刘虹涛, 李青. 不确定度评定在微生物检验中的应用[J]. *中国卫生检验杂志*, 2020, 30(16): 2046-2048.
- LIU H T, LI Q. Application of uncertainty evaluation in microbiological examination [J]. *Chinese Journal of Health Laboratory Technology*, 2020, 30(16): 2046-2048.
- [ 7 ] 王子亮. 测量不确定度中的数理统计方法[J]. *质量安全与检验检测*, 2022, 32(3): 144-148.
- WANG Z L. Mathematical statistics method in measurement uncertainty [J]. *Quality Safety Inspection and Testing*, 2022, 32(3): 144-148.
- [ 8 ] 王世爱. 食品中菌落总数测定的不确定度评定[J]. *疾病监测与控制*, 2017, 11(11): 901-902.
- WANG S A. Evaluation of uncertainty in the determination of total bacterial count in food [J]. *Journal of Diseases Monitor & Control*, 2017, 11(11): 901-902.
- [ 9 ] 中国合格评定国家认可委员会. 检测和校准实验室能力认可准则 (ISO/IEC 17025: 2017): CNAS-CL01: 2018 [S]. 北京: 中国标准出版社, 2018.
- China National Accreditation Service for Conformity Assessment. Accreditation criteria for the competence of testing and calibration laboratories (ISO/IEC 17025: 2017): CNAS-CL01: 2018 [S]. Beijing: Standards Press of China, 2018.
- [ 10 ] 中国合格评定国家认可委员会. 检测和校准实验室能力认可准则在微生物检测领域的应用说明: CNAS-CL01-A001: 2022 [S]. 北京: 中国标准出版社, 2022.
- China National Accreditation Service for Conformity Assessment. Guidance on the application of testing and calibration laboratory competence accreditation criteria in the field of microbiological testing: CNAS-CL01-A001: 2022 [S]. Beijing: Standards Press of China, 2022.
- [ 11 ] 国家卫生健康委员会, 国家市场监督管理总局. 食品安全国家标准 食品微生物学检验 菌落总数测定: GB 4789.2—2022 [S]. 北京: 中国标准出版社, 2022.
- National Health Commission, State Administration for Market Regulation. National food safety standard Food microbiological examination: Aerobic plate count: GB 4789.2—2022 [S]. Beijing: Standards Press of China, 2022.
- [ 12 ] 国家质量监督检验检疫总局. 测量不确定度评定与表示: JJF 1059.1—2012 [S]. 北京: 中国标准出版社, 2013.
- General Administration of Quality Supervision, Inspection and Quarantine of the People's Republic of China. Evaluation and expression of uncertain in measurement: JJF 1059.1—2012 [S]. Beijing: Standards Press of China, 2013.
- [ 13 ] 国家市场监督管理总局. 食品微生物学测量不确定度评估指南: SN/T 4091—2015 [S]. 北京: 中国标准出版社, 2015.
- General Administration of Quality Supervision, Inspection and Quarantine of the People's Republic of China. Guidelines for the estimation of measurement uncertainty for quantitative detections--Microbiological testing of food: SN/T 4091—2015 [S]. Beijing: Standards Press of China, 2015.
- [ 14 ] 国家市场监督管理总局, 中国国家标准化管理委员会. 合格评定 生物样本测量不确定度评定与表示应用指南: GB/T 27420—2018 [S]. 北京: 中国标准出版社, 2018.
- State Administration for Market Regulation, Standardization Administration of the People's Republic of China. Conformity assessment—Application guide for evaluation and expression of uncertainty in biological sample measurement: GB/T 27420—2018 [S]. Beijing: Standards Press of China, 2018.
- [ 15 ] 国家市场监督管理总局. 电子天平: JJG 1036—2022 [S]. 北京: 中国标准出版社, 2022.
- State Administration for Market Regulation. Electronic Balance: JJG 1036—2022 [S]. Beijing: Standards Press of China, 2022.
- [ 16 ] 国家市场监督管理总局. 常用玻璃量器: JJG 196—2006 [S]. 北京: 中国计量出版社, 2007.
- General Administration of Quality Supervision, Inspection and Quarantine of the People's Republic of China. Verification regulation of working glass container: JJG 196—2006 [S]. Beijing: China Metrology Publishing House, 2007.
- [ 17 ] 国家卫生和计划生育委员会, 国家食品药品监督管理总局. 食品安全国家标准 食品微生物学检验 总则: GB 4789.1—2016 [S]. 北京: 中国标准出版社, 2017.
- National Health and Family Planning Commission, National Food and Drug Administration. National food safety standard- Food microbiological examination: General guidelines: GB 4789.1—2016 [S]. Beijing: Standards Press of China, 2017.
- [ 18 ] 国家卫生和计划生育委员会, 国家食品药品监督管理总局. 食品安全国家标准 冲调谷物制品: GB 19640—2016 [S]. 北京: 中国标准出版社, 2017.
- National Health and Family Planning Commission, National Food and Drug Administration. National food safety standard- Blended grain products: GB 19640—2016 [S]. Beijing: Standards Press of China, 2017.
- [ 19 ] 井丽娟, 王云霞, 李翠枝, 等. 牛乳菌落总数测定的不确定度评定[J]. *乳业科学与技术*, 2021, 44(2): 21-25.
- JING L J, WANG Y X, LI C Z, et al. Uncertainty evaluation for the determination of aerobic plate count in milk [J]. *Journal of Dairy Science and Technology*, 2021, 44(2): 21-25.
- [ 20 ] 赵玲, 王邱, 王冰, 等. 饮料中霉菌和酵母计数检验结果的不确定度评估[J]. *食品安全质量检测学报*, 2016, 7(12): 4749-4752.
- ZHAO L, WANG Q, WANG B, et al. Uncertainty evaluation of the enumeration of molds and yeasts in beverages [J]. *Journal of Food Safety & Quality*, 2016, 7(12): 4749-4752.