

基于测试片法与平板计数法对不同类型食品中菌落总数结果的比较分析

张建军, 唐轶君, 李 晶, 李靖媛, 陈 媛, 崔学文*

(四川省食品药品检验检测院, 成都 611731)

摘要: 目的 比较菌落测试片法与平板计数法检测不同类型食品中菌落总数结果的差异。**方法** 在市面上随机抽取生肉制品、鲜奶制品、豆制品、粮食制品、冷冻饮品、坚果籽实、即食果蔬制品共 112 批, 同时按菌落测试片法和平板计数法进行菌落总数测定, 并对计数结果进行统计学分析。**结果** 菌落测试片法与平板计数法的测定结果对数值差值的平均值 $|d \log|=0.06 (<0.5)$, 配对 t 检验 $P=0.860 (>0.05)$ 。**结论** 菌落测试片法与平板计数法对上述 7 种类型的食品菌落总数测定结果无显著性差异, 菌落测试片法可用于上述食品的菌落总数测定。

关键词: 菌落总数; 菌落测试片法; 平板计数法; 不同类型食品; 配对 t 检验

Comparative analysis of the total number of colonies in different types of food based on the Petrifilm aerobic count method and plate count method

ZHANG Jian-Jun, TANG Yi-Jun, LI Jing, LI Jing-Yuan, CHEN Yuan, CUI Xue-Wen*

(Sichuan Institute for Food and Drug Control, Chengdu 611731, China)

ABSTRACT: Objective To compare the difference between the Petrifilm aerobic count method and the plate count method to detect the total number of colonies in different types of food. **Methods** Totally 112 batches of samples from 7 kinds of food product, including raw meat, dairy, bean, grain foods, ice beverage, nuts and fruits and vegetable product were selected randomly from the market. At the same time, the total number of colonies was determined by Petrifilm aerobic count method and plate count method, and the counting results were statistically analyzed. **Results** The average of log differences between Petrifilm aerobic count method and plate count method $|d \log|$ was 0.06 (<0.5), the P value of paired t -test was 0.860 (>0.05). **Conclusion** There is no significant difference between the results of Petrifilm aerobic count method and plate count method in the determination of the total number of colonies in the above 7 types of foods. The Petrifilm aerobic count method can be used to determine the total number of colonies in the food.

KEY WORDS: total bacterial count; Petrifilm aerobic count method; plate count method; different types of food; paired t test

基金项目: 国家重点研发计划项目(2018YFC1603900)

Fund: Supported by the National Key R & D Program in Key Technologies of Food Safety (2018YFC1603900)

*通信作者: 崔学文, 副主任药师, 主要研究方向为食品微生物检测。E-mail: ruixidddd@163.com

*Corresponding author: CUI Xue-Wen, Associate Chief Pharmacist, Food and Drug Administration of Sichuan Province No.8, Xingwen Road, Chengdu 611731, China. E-mail: ruixidddd@163.com

0 引言

近年来食品安全问题依然存在, 其中最为突出的仍然是微生物污染问题。现阶段评价食品微生物状况主要有 3 类指标, 即菌落总数、大肠菌群以及致病菌^[1-2]。菌落总数指的是菌落形成的基本单位, 是影响食品安全的重要因素。通常情况下, 对食品中菌落总数的检测能够对食品生产的卫生状况和微生物污染程度作出评价^[3]。

由于菌落总数传统检测按照 GB 4789.2—2016《食品安全国家标准 食品微生物学检验 菌落总数测定》平板计数法进行, 实验步骤较为烦琐, 操作时间相对较长, 在实际操作中有诸多不便之处。国外学者有不少针对食品中微生物快速测定方法的研究, 其中利用纸片法来替代传统平板法的研究受到了食品企业和检测机构的青睐^[4-6]。目前美国官方分析化学师协会(Association of Official Analytical Chemists, AOAC)官方方法 990.12《食品中细菌总数的检测再水化干膜法》和加拿大的 MFHPB-33 也都采用菌落测试片检测食品和奶粉中菌落总数, 而近几年国内也有学者针对菌落总数纸片法和平板计数法测试不同标准菌株检测结果的对比^[7], 并且在此基础上开发出新型基质的菌落总数快速测试片^[8-10], 但相关研究相对较少。2020 年 8 月 27 日, 卫生健康委员会食品安全标准审评委员会秘书处发布《食品安全国家标准审评委员会秘书处关于征求食品中污染物限量等 16 项食品安全国家标准(征求意见稿)意见的函》, 对 GB 4789.2—2016 进行了修订, 其中也增加了使用菌落测试片法进行菌落总数的检测。

本研究参照 GB 4789.28—2013《食品安全国家标准 食品微生物学检验 培养基和试剂的质量要求》, 使用大肠埃希氏菌 ATCC25922 和蜡样芽胞杆菌 ATCC6632 作为质控菌株, 采用菌落测试片法与平板计数法 2 种方法对 7 种类型食品的菌落总数进行了测定, 并对测定结果取对数值后进行统计学分析, 比较菌落测试片法与平板计数法检测不同类型食品中菌落总数结果的差异, 以为标准修订提供有效依据。

1 材料与方 法

1.1 仪器与试剂

平板计数琼脂培养基、营养肉汤(北京陆桥技术有限公司); 3MTMPetrifilmTM 菌落测试片(批号: 338WWM/337K6M, 美国 3M 公司); RI-250 恒温培养箱(美国 Thermo Fisher 公司)。

1.2 样品来源

市场上随机采集生肉制品 18 批、鲜奶制品 16 批、豆制品 16 批、粮食制品 12 批、冷冻饮品 17 批、坚果籽实

16 批、即使果蔬制品 17 批, 共计 7 种食品 112 批。

标准菌株: 大肠埃希氏菌 ATCC25922, 蜡样芽胞杆菌 ATCC6633

1.3 实验准备

培养基配制: 平板计数琼脂按照厂家说明书要求配制, 在 121 °C, 15 min 高压湿热灭菌, 后在 46 °C 水浴保温, 3MTMPetrifilmTM 菌落测试片从冰箱取出待恢复常温后使用。

样品制备: 所采集 7 类样品均采用自然污染后, 并按照 GB 4789.2—2016 进行样品制备。

菌液制备: 分别取大肠埃希氏菌 ATCC25922, 蜡样芽胞杆菌 ATCC6633, 1 mL 加入 10 mL 营养肉汤中, 36 °C 培养 24 h 得到菌悬液(菌悬液同步进行稀释, 使菌悬液浓度为 50~100 CFU/mL)。

1.4 检测方法

平板计数法: 称取 25 g(或 25 mL)样品至盛有 225 mL 生理盐水的锥形瓶中, 充分振荡, 即为 1:10 (*m*:*V*, *V*:*V*, 下同)(样品)稀释液。或放入盛有 225 mL 无菌蒸馏水的均质袋中, 用拍击式均质器拍打 2 min, 制成 1:10 稀释液。根据样品类型选择合适的稀释度, 保证平板菌落数在 30~300 CFU/mL 之间。

菌落测试片法^[8]: 参照说明书要求, 取上述制备的样品匀液分别吸取 1 mL 置于 2 张测试菌落测试片中覆盖好菌落测试片放置(36±1) °C 培养(48±2) h。

标准菌株加样: 分别取上述菌悬液各 1 mL, 按照平板计数法与菌落测试片法进行加样培养, 并做平行对照。

统计方法: 将同一样品中平板和菌落测试片计数结果均在 30~300 CFU/mL 的数据取对数值后使用 SPSS 软件, 采用配对 *t* 检验^[11]。

2 结果与分析

2.1 全部样品平板计数法与菌落测试片法检测结果与分析

本研究共抽取样品 112 批, 在通过自然污染^[12]后用 2 种方法检测结果符合菌落总数在 30~300 CFU/mL 的样品共 70 份(生肉制品 10 批、鲜奶制品 10 批、豆制品 10 批、粮食制品 10 批、冷冻饮品 10 批、坚果籽实 10 批、即食果蔬制品 10 批), 检测结果见表 1, 同一样品采用 2 种检测方法得到的检测结果基本都在同一数量级。将上述 2 种方法得出的菌落计数结果取对数值后使用 SPSS 软件进行配对 *t* 检验, 菌落测试片法与平板计数法的测定结果对数值差值的平均值 $|d \log| = 0.06 (<0.5)$, 得到 $t=0.177$, $P=0.860$, $P > 0.05$, 表明 2 种检测方法得出结果无显著差异。

表1 2种方法对70批食品微生物的检测结果
Table 1 Microbiological test results of 70 batches of food by 2 methods

序号	样品类别	平板法稀释度	平板法平均菌落数	平板法计数结果/(CFU/g)	菌落测试片法稀释度	菌落测试片法平均菌落数	菌落测试片法计数结果/(CFU/g)
1	鲜肉制品	10 ⁻⁵	112.5	1.1×10 ⁷	10 ⁻⁵	107	1.1×10 ⁷
2	鲜肉制品	10 ⁻⁵	81	8.1×10 ⁶	10 ⁻⁵	79	7.9×10 ⁶
3	鲜肉制品	10 ⁻⁵	90.5	9.1×10 ⁶	10 ⁻⁵	81	1.0×10 ⁶
4	鲜肉制品	10 ⁻³	66	6.6×10 ⁴	10 ⁻³	68	68×10 ⁴
5	鲜肉制品	10 ⁻⁴	64	6.4×10 ⁵	10 ⁻⁴	63.8	6.4×10 ⁵
6	鲜肉制品	10 ⁻⁶	143	1.4×10 ⁸	10 ⁻⁶	128	1.3×10 ⁸
7	鲜肉制品	10 ⁻⁵	79.5	8.0×10 ⁶	10 ⁻⁵	804	8.0×10 ⁶
8	鲜肉制品	10 ⁻⁵	59.5	6.0×10 ⁶	10 ⁻⁵	61	6.1×10 ⁶
9	鲜肉制品	10 ⁻⁴	49.5	5.0×10 ⁵	10 ⁻⁴	48.6	4.9×10 ⁵
10	鲜肉制品	10 ⁻⁵	101	1.0×10 ⁷	10 ⁻⁵	90	9.0×10 ⁶
11	鲜奶制品	10 ⁻⁶	55.5	5.6×10 ⁷	10 ⁻⁶	83.5	8.4×10 ⁷
12	鲜奶制品	10 ⁻⁶	45.5	4.6×10 ⁷	10 ⁻⁶	41.5	4.2×10 ⁷
13	鲜奶制品	10 ⁻⁵	157.5	1.6×10 ⁷	10 ⁻⁶	18.2	1.8×10 ⁷
14	鲜奶制品	10 ⁻⁶	29	2.9×10 ⁷	10 ⁻⁶	29	2.9×10 ⁷
15	鲜奶制品	10 ⁻⁸	37	3.7×10 ⁹	10 ⁻⁸	35.8	3.6×10 ⁹
16	鲜奶制品	10 ⁻⁴	82.5	8.3×10 ⁵	10 ⁻⁴	84	8.4×10 ⁶
17	鲜奶制品	10 ⁻⁴	181	1.8×10 ⁶	10 ⁻⁴	188.2	1.9×10 ⁶
18	鲜奶制品	10 ⁻⁵	43	4.3×10 ⁶	10 ⁻⁵	42.9	4.3×10 ⁶
19	鲜奶制品	10 ⁻⁶	51.5	5.2×10 ⁷	10 ⁻⁶	50	5.0×10 ⁷
20	鲜奶制品	10 ⁻⁶	44	4.4×10 ⁷	10 ⁻⁶	43	4.3×10 ⁷
21	豆制品	10 ⁻⁵	144	1.4×10 ⁷	10 ⁻⁵	141	1.4×10 ⁷
22	豆制品	10 ⁻⁶	45.5	4.6×10 ⁷	10 ⁻⁶	44	4.4×10 ⁷
23	豆制品	10 ⁻⁶	67	6.7×10 ⁷	10 ⁻⁶	66.7	6.7×10 ⁷
24	豆制品	10 ⁻⁵	55.5	5.6×10 ⁶	10 ⁻⁵	60	6.0×10 ⁶
25	豆制品	10 ⁻⁵	162	1.6×10 ⁷	10 ⁻⁵	152	1.5×10 ⁷
26	豆制品	10 ⁻⁵	131.5	1.3×10 ⁷	10 ⁻⁵	132	1.3×10 ⁷
27	豆制品	10 ⁻⁶	212.5	2.1×10 ⁸	10 ⁻⁶	211	2.1×10 ⁸
28	豆制品	10 ⁻⁷	101	1.0×10 ⁹	10 ⁻⁷	90	9.0×10 ⁸
29	豆制品	10 ⁻⁷	65	6.5×10 ⁸	10 ⁻⁷	55	5.5×10 ⁸
30	豆制品	10 ⁻³	43.5	4.4×10 ⁴	10 ⁻³	42	4.2×10 ⁴
31	粮食制品	10 ⁻⁵	117.5	1.2×10 ⁷	10 ⁻⁵	116	1.2×10 ⁷
32	粮食制品	10 ⁻³	223	2.2×10 ⁵	10 ⁻³	215	2.2×10 ⁵
33	粮食制品	10 ⁻⁴	107.5	1.1×10 ⁶	10 ⁻⁴	112	1.1×10 ⁶
34	粮食制品	10 ⁻²	195.5	2.0×10 ⁴	10 ⁻²	198	2.0×10 ⁴
35	粮食制品	10 ⁻⁶	160	1.6×10 ⁸	10 ⁻⁶	158	1.6×10 ⁸
36	粮食制品	10 ⁻⁶	40	4.0×10 ⁷	10 ⁻⁶	42	4.2×10 ⁷
37	粮食制品	10 ⁻⁶	39.5	4.0×10 ⁷	10 ⁻⁶	56	5.6×10 ⁷
38	粮食制品	10 ⁻³	115	1.2×10 ⁵	10 ⁻³	181	1.8×10 ⁵
39	粮食制品	10 ⁻²	10.5	1.1×10 ³	10 ⁻¹	163.5	1.6×10 ³

表 1(续)

序号	样品类别	平板法稀释度	平板法平均菌落数	平板法计数结果/(CFU/g)	菌落测试片法稀释度	菌落测试片法平均菌落数	菌落测试片法计数结果/(CFU/g)
40	粮食制品	10 ⁻⁵	100.5	1.0×10 ⁷	10 ⁻⁵	102	1.0×10 ⁷
41	冷冻饮品	10 ⁻²	58.5	5.9×10 ³	10 ⁻²	43	4.3×10 ³
42	冷冻饮品	10 ⁻²	56	5.6×10 ³	10 ⁻²	56	5.6×10 ³
43	冷冻饮品	10 ⁻²	129	1.3×10 ³	10 ⁻¹	119.5	1.2×10 ³
44	冷冻饮品	10 ⁻²	184	1.8×10 ⁴	10 ⁻²	180	1.8×10 ⁴
45	冷冻饮品	10 ⁻²	263	2.6×10 ⁴	10 ⁻²	250	2.5×10 ⁴
46	冷冻饮品	10 ⁻²	68.5	6.9×10 ³	10 ⁻²	67.3	6.7×10 ³
47	冷冻饮品	10 ⁻²	63	6.3×10 ³	10 ⁻²	62	6.2×10 ³
48	冷冻饮品	10 ⁻²	164.5	1.6×10 ⁴	10 ⁻²	156	1.7×10 ⁴
49	冷冻饮品	10 ⁻¹	129	1.6×10 ³	10 ⁻¹	159.5	1.6×10 ³
50	冷冻饮品	10 ⁻²	198.5	2.0×10 ⁴	10 ⁻¹	189	1.9×10 ³
51	坚果籽实制品	10 ⁻²	35.5	3.6×10 ³	10 ⁻²	37	3.7×10 ³
52	坚果籽实制品	10 ⁻²	117	1.2×10 ⁴	10 ⁻²	1.09	1.5×10 ⁴
53	坚果籽实制品	10 ⁻²	58.5	5.9×10 ³	10 ⁻²	58	5.8×10 ³
54	坚果籽实制品	10 ⁻¹	51	5.1×10 ²	10 ⁻¹	50.8	5.1×10 ²
55	坚果籽实制品	10 ⁻¹	74.5	7.5×10 ²	10 ⁻¹	73	7.3×10 ²
56	坚果籽实制品	10 ⁻¹	104	1.0×10 ³	10 ⁻¹	92	9.2×10 ²
57	坚果籽实制品	10 ⁻²	50	5.0×10 ³	10 ⁻²	51.6	5.2×10 ³
58	坚果籽实制品	10 ⁻⁵	186.5	1.9×10 ⁷	10 ⁻⁴	187	1.9×10 ⁷
59	坚果籽实制品	10 ⁻⁷	108	1.1×10 ⁹	10 ⁻⁷	107.5	1.1×10 ⁹
60	坚果籽实制品	10 ⁻¹	45	4.5×10 ²	10 ⁻¹	50	5.0×10 ²
61	即食果蔬制品	10 ⁻¹	117	1.2×10 ³	10 ⁻¹	146	1.5×10 ³
62	即食果蔬制品	10 ⁻⁷	43.5	4.4×10 ⁸	10 ⁻⁷	51.5	5.1×10 ⁸
63	即食果蔬制品	10 ⁻¹	44	4.4×10 ²	10 ⁻¹	41	4.1×10 ²
64	即食果蔬制品	10 ⁻¹	44	4.4×10 ²	10 ⁻¹	40	4.0×10 ²
65	即食果蔬制品	10 ⁻¹	51	5.1×10 ²	10 ⁻¹	50	5.1×10 ²
66	即食果蔬制品	10 ⁻⁶	155.5	1.6×10 ⁸	10 ⁻⁷	141.5	1.4×10 ⁸
67	即食果蔬制品	10 ⁻⁷	45	4.5×10 ⁸	10 ⁻⁷	41.5	4.2×10 ⁸
68	即食果蔬制品	10 ⁻⁷	136	1.4×10 ⁹	10 ⁻⁷	142.5	1.4×10 ⁹
69	即食果蔬制品	10 ⁻⁷	63	6.3×10 ⁸	10 ⁻⁷	67	6.7×10 ⁸
70	即食果蔬制品	10 ⁻⁷	244	2.4×10 ⁹	10 ⁻⁷	243	2.4×10 ⁹

2.2 2 种标准菌株平板计数法与菌落测试片法检测结果与分析

2 种标准菌株检测结果见表 2。从检测结果可以看出 2 种方法在检测大肠菌群时结果较为相近, 2 种方法在相同条件下大肠菌群计数的对数值之差的绝对值为 0.07 ($r < 0.25$)。而在对蜡样芽胞杆菌计数中, 由于采用平板计数法蜡样芽胞杆菌会呈现蔓延生长^[13], 故导致采用该方法无法对结果准确计数。而采用纸片法检测时, 由于纸片能够很好地抑制蜡样

芽胞杆菌的蔓延, 所以计数结果较为准确。此外, 采用平板计数法对糕点等类似容易被具有蔓延生长特性的菌污染的食品进行菌落总数测试时, 也会有类似的情况出现^[14]。

2.3 7 类不同样品平板计数法与菌落测试片法检测结果与分析

把所检测样品分别按照 7 种类别划分, 将每一种类别样品 2 种方法得出的菌落计数取对数值后使用 SPSS 软件进行配对 t 检验, 结果见表 3。7 类样品配对 t 检验后的 P 值均 > 0.05 ,

表明上述 7 类样品采用平板法和菌落测试片法检测菌落总数结果无显著性差异。

表 2 采用 2 种方法对 2 种标准菌株计数结果
Table 2 Counting results of 2 standard strains using 2 methods

菌种名称	纸片法计数结果 (CFU/mL)		平板计数法计数结果 (CFU/mL)	
大肠菌群	122	118	115	120
	120		118	
蜡样芽胞杆菌	108	106	蔓延无法计数	
	107		蔓延无法计数	

表 3 不同类别样品 2 种方法菌落计数配对 *t* 检验结果
Table 3 Results of paired *t* test for colony count of different samples by 2 methods

产品类别	<i>t</i> 值	<i>P</i> 值
鲜肉制品	0.557	0.591
豆制品	1.078	0.309
鲜奶制品	-0.836	0.425
粮食制品	0.361	0.726
冷冻饮品	1.340	0.213
坚果籽实制品	-0.509	0.623
即食果蔬制品	-0.180	0.861

2.4 不同菌落数区间平板计数法与菌落测试片法检测结果与分析

将 7 类样品用平板计数法和菌落测试片法检测结果按照不同菌落数区间划分($0\sim 1.0\times 10^3$ 、 $1.0\times 10^4\sim 1.0\times 10^6$ 、 $1.0\times 10^7\sim 1.0\times 10^9$ CFU/g)取对数值后分别进行配对 *t* 检验,计算结果见表 4,将上述不同区间菌落数经过计算处理显示,3 组数据 *P* 值均 > 0.05 ,表明 2 种方法在不同菌落区间中也无明显差异。

表 4 2 种方法检测结果中不同菌落数区间的比较分析
Table 4 Comparative analysis of different colony number intervals in the detection results of 2 methods

菌落区间数/(CFU/g)	<i>t</i> 值	<i>P</i> 值
$0\sim 1.0\times 10^3$	0.749	0.470
$1.0\times 10^4\sim 1.0\times 10^6$	0.718	0.482
$1.0\times 10^7\sim 1.0\times 10^9$	0.653	0.519

2.5 2 种方法在对浓缩果汁检测结果对比与分析

本研究对 17 批果蔬制品进行检测,其中有 7 批浓缩

果汁纸片法与平板计数法检测结果差异较大,结果见表 5。对比结果可知,在同一样品中平板计数法的结果明显比纸片法结果高。分析原因,浓缩果汁的 pH 相对较低,而食品中的污染微生物大部分在酸性环境会出现生长抑制^[15-17]。菌落测试片法为干式再水化法,其依赖样品匀液直接对其进行再水化^[18],而传统平板计数法为取 1 mL 样品接种平板后直接加入 10~15 mL 平板计数琼脂,其过程也对样品 pH 有一定的中和作用。

表 5 2 种方法检测浓缩果汁菌落总数结果
Table 5 Results of total bacterial count of concentrated fruit juice detected by 2 methods

编号	样品类别	稀释度	平板计数法 (CFU/g)	菌落测试片法 (CFU/g)
1	浓缩果汁	原液	18	2
2	浓缩果汁	原液	10	0
3	浓缩果汁	原液	9	0
4	浓缩果汁	原液	20	1
5	浓缩果汁	原液	15	4
6	浓缩果汁	原液	8	1
7	浓缩果汁	原液	6	0

3 结论与讨论

本次研究表明,菌落测试片法与平板计数法在对 7 类不同食品检测结果中,2 种方法的计数结果均无显著性差异。测试片法对比传统平板计数法有几点优势:(1)菌落测试片是一种制备完整的培养基系统,以一层亲水性的吸附物质作为培养基的机制,含有菌落生长所必须的培养物质,从而简化了使用传统方法配制培养基的过程,无需加热灭菌以及等待冷却等过程^[19-20],检验时也省去了倾注琼脂及等待凝固的时间,提高了检验效率;(2)菌落测试片在上层膜中添加 2,3,5-三苯基氯化四氮唑,以缓释的方式在菌落形成后对其进行染色,且 2,3,5-三苯基氯化四氮唑可以有效防止芽胞杆菌菌落出现弥漫现象,相较于平板法更便于准确计数^[21-23],而在使用平板计数法是通常情况下需要在凝固的平板中再倒入少量培养基并均匀分散,使平板中的生长环境形成微需氧环境从而达到抑制菌落蔓延的现象,该方法较为烦琐而且效果不明显;(3)菌落测试片相较于平板法体积更小,在相同容量的培养箱中能够容纳更多的检测批次。

虽然菌落测试片相较于传统方法有明显优势,但是在实际操作中还需要几点注意:(1)目前菌落测试片在检测

非中性样品时需要充分考虑样品 pH; (2)菌落测试片法再加入样液后需要用特定盖板凹面对菌落测试片进行均匀按压, 如出现按压不均匀情况会导致样品匀液在菌落测试片中不能均匀分布, 影响最后计数结果; (3)目前市面出售的菌落总数测试片价格是传统平板计数法的 10~50 倍, 成本较高。

综上所述, 菌落测试片法相较传统方法上有明显优势, 但是由于其成本等原因并不能完全适用所有检测机构。在实际方法选择上还需要结合实际情况来决定。

参考文献

- [1] 谷丽娜. 食品微生物检验内容与检测技术分析探究实践[J]. 食品界, 2019, (8): 93.
GU LN. Exploration and practice of food microbiological testing content and detection technology analysis [J]. Food Ind, 2019, (8): 93.
- [2] 张小妹. 北京召回六批次问题食品存在大肠杆菌、菌落总数超标等问题[EB/OL]. [2016-02-29]. <http://finance.qianlong.com/2016/0229/402948.shtml> [2021-02-17].
ZHANG XM. Six batches of problematic food recalled in Beijing have problems such as *Escherichia coli* and excessive total bacterial count [EB/OL]. [2016-02-29]. <http://finance.qianlong.com/2016/0229/402948.shtml> [2021-02-17].
- [3] 彭永艳. 食品检验中菌落总数的不确定度评定[J]. 现代食品, 2017, (8): 81-83.
PENG YY. Uncertainty evaluation of total bacterial count in food inspection [J]. Mod Food, 2017, (8): 81-83.
- [4] TERAMURA H, USHIYAMA M, OGIHARA H. Evaluation of a novel dry sheet culture method [Sanita-kun(R)] for rapid enumeration of yeasts and molds in foods [J]. J Microbiol Methods, 2015, 109: 16-19.
- [5] HAJIME T, MIHOKO I, MASASHI U, et al. Evaluation of a novel drysheet culture method for rapid enumeration of total aerobic count in foods [J]. J Food Prot, 2015, 78(10): 1885-1890.
- [6] BEUCHAT LR, COPELAND F, CURIALE MS, et al. Comparison of the simplate total plate count method with Petrifilm, redigel, conventional pour-plate methods for enumerating aerobic microorganism in foods [J]. J Food Prot, 1998, 61(1): 14-18.
- [7] 王曦, 苏章庭, 李宏, 等. 平板计数法与菌落测试片法检测食品微生物菌落总数的比较研究[J]. 食品安全质量检测学报, 2020, 11(16): 5489-5493.
WANG X, SU ZT, LI H, et al. Comparative study on plate counting method and disk counting method for detection of total microbial colonies in food [J]. J Food Saf Qual, 2020, 11(16): 5489-5493.
- [8] 王杰伟, 吴艳辉, 孙万东, 等. 凝胶型菌落总数测试片的研制[J]. 现代食品科技, 2021, 37(5): 325-331.
WANG JW, WU YH, SUN WD, et al. Development of gel type colony count test piece [J]. Mod Food Sci Technol, 2021, 37(5): 325-331.
- [9] 范婷婷, 王天宇, 徐淑科, 等. 一种分散速溶型黄原胶的制备方法[J]. 中国食品添加剂, 2019, 9: 94-99.
FAN TT, WANG TY, XU SK, et al. A preparation method of dispersive and instant xanthan gum [J]. China Food Addit, 2019, 9: 94-99.
- [10] 郭登峰, 王羚佳, 舒晓梦, 等. 菌落总数测试卡用凝胶培养基和显色剂的优化[J]. 食品与机械, 2018, 34(3): 82-85, 145.
GUO DF, WANG LJ, SHU XM, et al. Optimization of the total colony count card using gel medium and chromogenic agent [J]. Food Mach, 2018, 34(3): 82-85, 145.
- [11] 陈彬. 医学论文中的统计学处理与基本要求[J]. 西部医学, 2020, 32(1): 156.
CHEN B. Statistical processing and basic requirements in medical papers [J]. Med J West China, 2020, 32(1): 156.
- [12] 徐蕾蕊, 付溥博, 汪琦, 等. 测试片法在食品菌落总数检测中的应用研究[J]. 食品安全质量检测学报, 2021, 12(2): 472-478.
XU LR, FU PB, WANG Q, et al. Application of test piece method in the detection of total bacterial count in food [J]. J Food Saf Qual, 2021, 12(2): 472-478.
- [13] 张玲艳, 宋丽丽, 贾伟娟, 等. 蜡芽孢杆菌检测方法的研究进展[J]. 微生物学报, 2021, 48(4): 1360-1372.
ZHANG LY, SONG LL, JIA WJ, et al. Research progress of detection methods of *Bacillus cereus* [J]. Microbiol China, 2021, 48(4): 1360-1372.
- [14] 张建军, 唐轶君, 李晶, 等. 成都市散装糕点微生物质量情况调查与分析[J]. 食品安全质量检测学报, 2020, 11(15): 5195-5202.
ZHANG JJ, TANG YJ, LI J, et al. Investigation and Analysis on microbial quality of bulk cakes in Chengdu [J]. J Food Saf Qual, 2020, 11(15): 5195-5202.
- [15] 常惠联, 常万叶. pH 值在微生物法丙烯酸酰胺、聚丙烯酰胺生产中的影响及其控制[J]. 河北化工, 2010, 33(9): 30-33.
CHANG HL, CHANG WY. Effect of pH value on the production of acrylamide and polyacrylamide by microbial method and its control [J]. Hebei Chem Ind, 2010, 33(9): 30-33.
- [16] 郑晶鑫. 探究 pH 值对食醋中微生物检验的影响[J]. 食品安全导刊, 2017, (36): 80.
ZHENG JX. Exploring the effect of pH value on microbial detection in vinegar [J]. Chin Food Saf Magaz, 2017, (36): 80.
- [17] 卢行安, 顾其芳, 袁宝君, 等. AOAC Petrifilm-(TM)菌落总数测试片法与食品中菌落总数测定国标方法的比较研究[J]. 中国食品学报, 2011, 11(3): 164-167.
LU XA, GU QF, YUAN BJ, et al. Comparative study on AOAC Petrifilm-(TM) colony count test piece method and national standard method for determination of colony count in food [J]. J Chin Inst Food Sci Technol, 2011, 11(3): 164-167.
- [18] 郝三虎, 徐应根, 石茂林. 菌落测试片法和国标法对食品霉菌检验效果比较[J]. 现代医药卫生, 2014, 30(23): 3554-3555.
HAO SH, XU YG, SHI ML. Comparison of paper method and national standard method in the detection of food mold [J]. Mod Med Health, 2014, 30(23): 3554-3555.
- [19] 唐漪灵, 郭奕芳, 吴翊, 等. Petrifilm 菌落测试片法和国标法检测奶制品细菌总数和大肠菌群数的结果比较[J]. 中国卫生检验杂志, 2000, (3): 325-327.

- TANG YL, GUO YF, WU Y, *et al.* Comparison of Petrifilm disk method and national standard method for detection of total bacterial count and coliform group in dairy products [J]. *Chin J Health Lab Technol*, 2000, (3): 325-327.
- [20] 李宇, 姚卢悦. 菌落总数检测菌落测试片法与国标方法的比较研究[J]. *食品工业*, 2012, 33(10): 157-159.
- LI Y, YAO LY. Comparative study on the method of detecting the total number of colonies by the method of paper and the national standard [J]. *Food Ind*, 2012, 33(10): 157-159.
- [21] 郑连宝, 陈文祥, 嵇林风, 等. 一种在菌落总数测定中防止芽胞杆菌菌落弥漫生长的方法[J]. *中国卫生检验杂志*, 2019, 29(22): 2715-2717.
- ZHENG LB, CHEN WX, JI LF, *et al.* A method to prevent the diffuse growth of *Bacillus* colony in the determination of total bacterial count [J]. *Chin J Health Lab Technol*, 2019, 29(22): 2715-2717.
- [22] 胡树凯, 王德学, 邵安泰, 等. 不同方法对微生物检测菌落蔓延影响的研究[J]. *食品研究与开发*, 2016, 37(6): 158-160.
- HU SK, WANG DX, SHAO AT, *et al.* Study on the effect of different methods on microbial colony spread [J]. *Food Res Dev*, 2016, 37(6): 158-160.
- [23] 张席. 奶糖的样品前处理优化与微生物检测结果影响因素相关性讨论[J]. *工业微生物*, 2019, 49(2): 43-50.
- ZHANG X. Discussion on the correlation between optimization of sample pretreatment and influencing factors of microbial detection results of milk sugar [J]. *Ind Microbiol*, 2019, 49(2): 43-50.

(责任编辑: 韩晓红 于梦娇)

作者简介



张建军, 工程师, 主要研究方向为食品微生物检测。

E-mail: 573025545@qq.com



崔学文, 副主任药师, 主要研究方向为食品微生物检测。

E-mail: ruixidddd@163.com