

以无纺布为载体的菌落总数测试片的研究

刘爽, 刘桐, 苑帅, 司南, 任大勇, 毕云枫, 陈萍

(吉林农业大学食品科学与工程学院, 吉林长春 130118)

摘要: 本文通过研究菌落总数测试片中无纺布的种类, 加工工艺, 冷水可溶性凝胶与培养基配比及质构特性, 应用于需氧菌计数测试片, 对其检测性能进行评价。对菌落总数测试片中冷水可溶性凝胶与培养基在不同比例配比情况下质构特性进行测定, 当凝胶与培养基比例为 3:7 时, 硬度、脆性、粘着性、弹性、内聚性、胶着性、回弹性与 1% 琼脂培养基无显著性差异, 并选取 60 g/m² 的水刺无纺布为载体, 采用浸入培养基加入方式, 菌落生长情况良好, 清晰可见, 菌落计数方便。基于本研究以无纺布为载体测定 5 种试验菌株的菌落总数并与国标需氧菌平板计数法比较, 可达到相同水平的检测限 2 CFU/mL 和灵敏度 (100%); 准确度较高, 线性相关系数 R² 达到 0.996。水刺无纺布可作为菌落总数测试片的良好载体。

关键词: 无纺布; 菌落总数测试片; 质构特性; 冷水可溶性凝胶

文章编号: 1673-9078(2018)05-209-214

DOI: 10.13982/j.mfst.1673-9078.2018.05.030

Study on the Petrifilm Aerobic Count Plates with Non-woven Fabric as Carrier

LIU Shuang, LIU Tong, YUAN Shuai, SI Nan, REN Da-yong, BI Yun-feng, CHEN Ping

(Food Science and Engineering, Jilin Agricultural University, Changchun 130118, China)

Abstract: The performance of non-woven fabric in Petrifilm Aerobic Count Plates was evaluated by investigating the types of non-woven fabric, processing technology, the ratio of cold water soluble gel and medium and texture characteristics. When the ratio of gel to medium was 3:7, the hardness, fracturability, adhesiveness, cohesiveness, springiness and gumminess were similar with those of 1% agar medium, and the 60 g/m² of spunlace non-woven fabric was selected as the carrier. The petrifilm plate method based on prepared cold water soluble gel could achieve the same limit of detection (2 CFU/mL) and sensitivity (100%) in colony counting of five testing strains compared with national standard aerobic bacteria plate counting method. The petrifilm plate method based on cold water soluble gel had high accuracy and linearly dependent coefficient (R²=0.996). These two methods have no significant difference ($p>0.05$). The spunlaced non-woven fabric can be used as a good carrier of petrifilm aerobic count plate.

Key words: non-woven fabric; petrifilm aerobic count plates; texture characteristics; cold water soluble gel

菌落总数是衡量食品卫生质量的重要指标之一, 为食品样品的卫生学评价提供科学依据^[1]。微生物菌落计数测试片检测法是一种新型检测方法, 它是以凝胶、无纺布和滤纸 3 种主流载体代替琼脂作为培养基载体培养微生物的一种检测新技术^[2]。测试片作为在传统琼脂平板计数法基础上, 经过简化和改进而形成的一种新型检测方法, 它以凝胶, 无纺布, 滤纸代替琼脂作为培养基载体将冷水可溶性凝胶与无纺布复合使用称为未来微生物测试片发展的趋势^[3]。

无纺布是以纺织纤维为原料经过粘合、熔合和化

收稿日期: 2018-01-07

基金项目: 吉林省科技发展计划资助项目 (20180201048NY)

作者简介: 刘爽 (1992-), 女, 硕士研究生, 研究方向: 食品质量与安全

通讯作者: 陈萍 (1968-), 女, 博士, 教授, 博士生导师, 研究方向: 食品

质量与安全

学、机械方法加工而成的纺织品。这种纺织品不经传统的纺纱、机织或针织的工艺过程加工。分薄型和厚型两大类, 可用于制成透气和加速扩散等特殊用途的材料^[4]。德国拜发公司的微生物菌落计数板选用的载体为硝酸纤维素型无纺布^[5]。孔林开展了对无纺布为载体菌落总数测试片的研究, 研究表明整个培养区菌落扩散呈大片红色, 菌落显色不清晰或连成片, 有的需要借助压板固定菌落生长区域等缺点^[6]。陈春田等^[9]将市售国产生产的快速检测纸片与国标需氧菌平板计数法比较, 在规定时间内有菌落生长, 但菌落计数显著低于传统方法。为此, 无纺布应用于细菌培养基测试片需进一步改善, 研发适合用作微生物测试片的无纺布, 具有良好的应用价值。

本实验研究以无纺布为载体菌落总数测试片的研究, 以 5 种常见需氧菌为实验菌株, 对无纺布的种类,

加工工艺, 培养基凝胶配比及质构特性进行研究, 并调节冷水可溶性凝胶与培养基的配比, 解决无纺布生长的晕圈和连成片的现象。

1 材料和方法

1.1 试验材料

TTC、营养琼脂、酵母浸粉、蛋白胨等分别购自阿拉丁试剂(上海)有限公司; 聚丙烯酸钠、瓜尔胶、卡拉胶、结冷胶分别购于西亚生化试剂发展有限公司和拉丁试剂(上海)有限公司; 无纺布购自佛山市嘉达无纺布有限公司; 上述材料均灭菌后使用, 原泰奇气式粉碎机。

1.2 试验菌株

大肠埃希氏菌(*Escherichia coli*)CICC23657、金黄色葡萄球菌(*Staphylococcus aureus subsp.aureus*)CICC21600、铜绿假单胞菌(*Enterococcus faecalis*)CICC21636等从中国工业微生物菌种保藏管理中心购买、鼠伤寒沙门氏菌(*Salmonella typhimurium*)ATCC10376、蜡样芽孢杆菌(*Bacillus cereus*)ATCC11778等标准菌株从美国典型培养物保藏中心购买。

1.3 菌悬液制备

菌悬液的制备: 分别挑取大肠杆菌、沙门氏菌、蜡样芽孢杆菌、金黄色葡萄球菌、铜绿假单胞菌培养的单菌落接种于 100 mL LB 液体培养基中, 放入恒温培养箱中 36 ± 1 °C 培养。取 25 mL 菌液加入 225 mL 无菌生理盐水混匀, 制成 1:10 的稀释液。取 1:10 的稀释液 1 mL 加入到 9 mL 生理盐水中, 充分混匀, 重复以上操作将菌液稀释至 10^7 备用。

1.4 测试片制备

1.4.1 测试片制备

测试片上层膜为透明度高、无毒、无刺激性气味、防水透气的 PET 透明硅胶膜; 中层支撑材料, 为透明度高, 硬度较好, 带有镂空区域的聚丙烯 (PP) 透明塑料板^[7], 厚度为 0.18 mm; 底板为防水防渗透的白色铜版纸。

将上、中、下三种材质剪裁成长度 10.5 cm, 宽度 9 cm, 采用无毒无味的聚丙烯酸树脂压敏胶进行粘合, 粘合宽度为 5 mm; 中层支撑材料 PET 透明胶片与底板构成半径为 3.0 cm 的培养区域。将培养基均匀的加入到中间镂空区域。菌落总数测试片的培养基每 1000

mL 成分为胰蛋白胨 20 g、酵母浸粉 15 g、氯化钠 15 g、TTC 0.3 g。灭菌方法采用环氧乙烷灭菌法^[8]。

1.4.2 凝胶配制

通过使用原泰奇气式粉碎机粉碎成粉末, 过 120 目标准筛^[9], 分别称取粒径为 0.125 mm 凝胶剂瓜尔胶、聚丙烯酸钠、卡拉胶、结冷胶按照 6:2:1:1 比例混合后加适量去离子水, 将其置于 25 °C 恒温磁力搅拌水浴锅中 150 r/min, 搅拌混匀, 配制胶体溶液, 4 °C 保存备用。

1.5 无纺布测试片工艺优化

1.5.1 无纺布种类

针刺无纺布, 是利用刺针的穿刺作用, 将蓬松的纤网加固成布; 水刺无纺布, 是将高压微细水流喷射到一层或多层纤维网上, 使纤维相互缠结在一起增强纤网牢固的工艺; 湿法无纺布, 是将置于水介质中的纤维原料开松成单纤维, 然后将不同纤维原料混合制成纤维悬浮浆输送到成网机构, 纤维在湿态下成网再加网成布; 缝编无纺布, 是利用经编线圈结构对塑料薄片、塑料薄金属箔、纱线层、纤网等材料进行组合加固制成的无纺布; 热合无纺布, 是指在纤网中加入粉状或纤维状热熔粘合剂经过加热熔、冷却最终加固材料成布; 熔喷无纺布, 是将聚合物喂入, 然后熔融挤出直到纤维形成、冷却、成网、加固成布; 纺粘无纺布, 是将聚合物在被挤出、拉伸而形成的连续长丝铺设成纤网, 再经过自身粘合、热粘合、化学粘合或机械加固使纤网变成无纺布; 浆粕气流成网无纺布, 是采用气流成网技术将木浆纤维板开松成单纤维状态, 然后用气流方法使纤维凝集在成网帘上成布^[10]。无纺布的种类, 厚度培养基与凝胶配比进行实验, 是改善无纺布型测试片缺点的重要影响因素, 对于其他的指标对无纺布型测试片的研究影响较小。

1.5.2 培养基加入方式

将培养基添加到测试片中采用两种方式: (1) 浸入培养基式^[11]: 将无纺布浸入灭菌后的液体培养基中, 35 °C 烘干待用; (2) 直接加入到无纺布: 将配制好的培养基粉末 0.3 g 直接涂布于无纺布上, 待用。

1.5.3 质构特性对培养基凝胶的影响

配制 1.0% 不同比例的凝胶与培养基混合溶液, 复配比例分别为凝胶与培养基 1:9、2:8、3:7、4:6、5:5。参考 D Ren^[12]的方法测定硬度、脆性、粘度、弹性、内聚性、黏性、回弹性, 将培养基与凝胶混合物装入 2 cm 为半径的铝盒中, 使用质构仪 (BROOKFIELD LFRA-4500) 测定, 同时测定 1.0% 琼脂作为对照。质构仪的参数设置如下: 采用 P/0.5 探头, 测试速度:

5.0 mm/s, 触发力: 5 g, 压缩比: 50%。

1.5.4 无纺布厚度筛选

将直径为 6 cm 的 40 g/m²、50 g/m²、60 g/m²、70 g/m²、80 g/m²、100 g/m²、120 g/m² 的无纺布加入测试片培养基中, 加入适当稀释度的混合菌液 1 mL 于 37 °C 进行培养和菌落计数, 筛选出适合菌落生长的无纺布厚度。

1.6 无纺布测试片检测性能评价

1.6.1 灵敏度检测

将制备好的 5 种试验菌株的混合菌悬液, 以生理盐水进行 10 倍梯度稀释到 10⁻²~10⁻⁶, 使用测试片法和国标平板计数琼脂法进行菌落计数, 培养后计数红色菌落。

试验重复三次, 结果取平均值, 以最低稀释度的检测结果作为最低检测限, 以最低检测限作为测试片灵敏度的检测标准。检测结果大于最低检测限的为阳性, 检测结果小于最低检测限的为阴性, 灵敏度=阳性/(阳性+阴性)^[13,14]。

1.6.2 准确度检测

将制备好的 5 种试验菌株的混合菌悬液, 以无菌生理盐水稀释至 10² CFU/mL, 菌悬液接种于菌落总数测试片上。

以国标平板计数琼脂法作为对照, 培养后进行菌落计数, 将试验结果转换为 log₁₀ 的值, 以垂直 y 轴作为菌落总数测试片法的检测结果, 水平 x 轴作为国标平板计数琼脂法的检测结果, 绘制曲线, 根据相关系数判断准确度使用测试片法和国标需氧菌平板计数法进行菌落计数, 建立菌落总数测试片法和国标法检测结果的标准曲线, 以确定测试片的准确度。

1.7 数据统计和分析

试验数据使用 Origin 19.0 和 IBS SPSS 20.0 软件进行统计分析, 各组数据均采用单因素 ANOVA 方差分析, 显著水平被设定为 $p < 0.05$, 各组试验重复三次, 取平均值。结果用平均值±标准差(SD)表示。

2 结果与分析

2.1 无纺布种类筛选

对针刺无纺布、水刺无纺布、湿法无纺布、缝编无纺布、热合无纺布、熔喷无纺布、纺粘无纺布、气流成网无纺布 8 种 60 g/m² 无纺布进行试验, 通过培养后的混合菌的菌落总数和直径大小进行筛选得到如图 1。

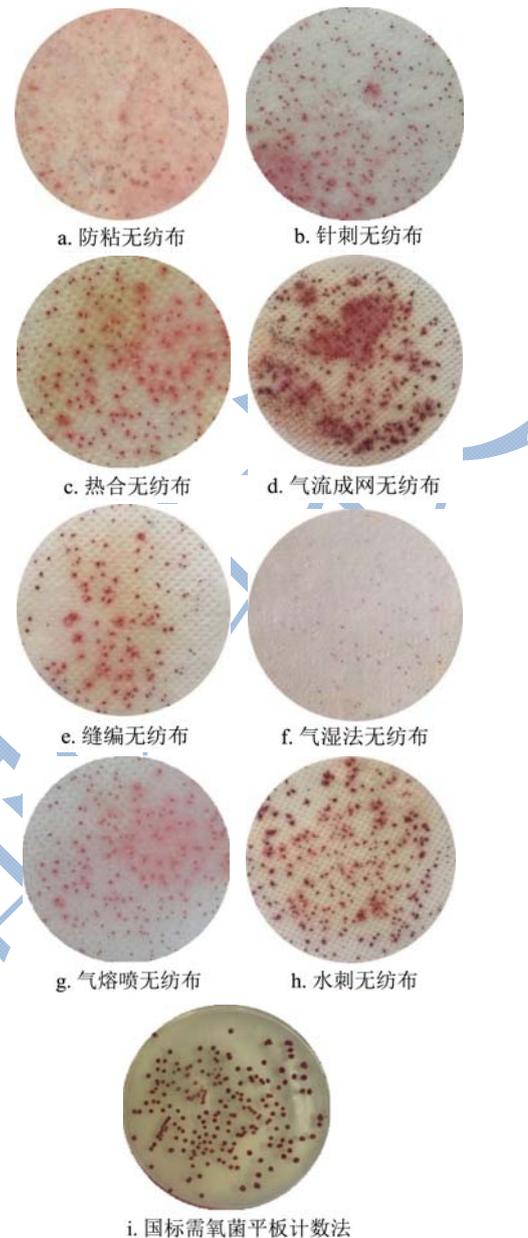


图 1 8 种无纺布与国标菌落生长情况比较

Fig.1 Comparison of growth of eight non-woven fabrics with national standard

实验结果表明: 纺粘无纺布生长的菌落不清楚且连成片; 针刺无纺布, 可以生长出单一的菌落, 但是菌落生长的小且不适合计数; 热合无纺布生长的菌落较大且清晰, 但是菌落会在多面生长, 影响计数; 气流成网无纺布生长出来的菌落颜色较深, 有较好的辨识度, 但菌落有连成片的现象; 缝编无纺布由于无纺布有一定的空隙, 对菌落生长提供了氧气, 菌落呈现单一且清晰, 但有一定的晕圈, 计数较困难; 湿法无纺布由于加样, 吸收菌液较比其他几种差, 所以生长菌落小; 熔喷无纺布由于有一定的空隙, 生长的菌落部分出现连成片的现象, 因此均不适合作为测试片。

水刺无纺布，菌落呈单一，颜色深，计数清晰，因此水刺无纺布是菌落总数测试片的良好载体。

2.2 制备无纺布型测试片工艺优化

2.2.1 培养基加入方式

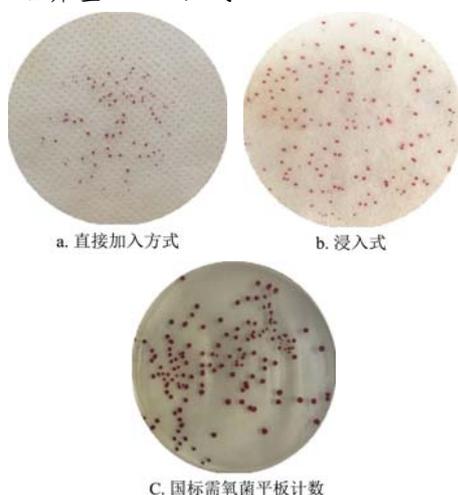


图2 两种加入方式菌落生长情况对比

Fig.2 Comparison of colony growth of two ways

将培养基加入到测试片上，主要采用两种方式，

浸入式和直接加入。将 1 mL 的菌液加到含有培养基的 60 g/m² 水刺无纺布测试片上，对比菌落数和直径大小。通过菌落生长情况，菌落数，直径大小的综合对比，浸入式生长的菌落颜色较深，可以清晰的看到单一的菌落，菌落直径较大，所以采用浸入式与国标需氧菌平板计数相比，无明显差异。

表1 两种加入方式菌落数和直径大小对比

Table 1 Compared with two ways of colony count and colony diameter

	菌落数/CFU	直径/cm
a 直接加入	75±12	0.19~0.27
b 浸入式	136±9	0.29~0.41
C 国标需氧菌平板计数	135±12	0.30~0.45

2.2.2 冷水可溶性凝胶与培养基混合比例及质构特性

由于无纺布的扩散速度过快，未能快速吸收样液，加样后盖上层膜容易使样液溢出片外，所以在培养基中加入一定比例的冷水可溶性凝胶可以解决这个问题，不同比例的凝胶和培养基混合，当比例为 3:7 时，样液的扩散度为 1.9 s。

表2 凝胶与培养基不同配比的质构分析

Table 2 The comparison of texture in different ratios of gel to medium

质构特性	混合比例		
	1:9	2:8	3:7
硬度/g	369.529±16.941*	507.508±6.977*	1265.406±105.721
脆性/g	633.132±13.517*	1311.443±78.236*	0
粘着性/(g·s)	-48.106±6.06*	-96.498±6.67	-86.549±5.78
弹性	0.996±0.003	3.473±0.463*	1.013±0.026
内聚性	0.263±0.050	0.449±0.081*	0.363±0.063
胶着性	96.759±5.132*	238.275±34.748*	460.528±50.834
回弹性	0.053±0.012*	0.083±0.012*	0.066±0.008
扩散速度/s	0.6±0.03	1.0±0.05	1.9±0.13

质构特性	混合比例		1%琼脂
	4:6	5:5	
硬度/g	1738.754±104.493*	929.171±30.582*	1301.632±48.273
脆性/g	0	824.027±36.305*	0
粘着性/(g·s)	-92.912±4.59	-120.494±10.136*	-93.515±10.013
弹性	3.459±0.284*	0.995±0.006	0.997±0.016
内聚性	0.437±0.072*	0.285±0.051	0.301±0.068
胶着性	725.512±36.799*	944.465±64.008*	468.690±34.728
回弹性	0.075±0.007*	0.092±0.007*	0.074±0.009
扩散速度/s	2.5±0.21	3.7±0.32	2.7±0.17

注：*与 1.0%琼脂相比较差异显著。

由表 2 显示，当冷水可溶性凝胶与培养基配比为 3:7 时，扩散速度为 1.9 s。通过测定硬度，脆性，粘

着性，弹性，内聚性，胶着性，回弹性与 1.0%的琼脂对比，无明显差异(p>0.05)，在一定的凝胶质构特性的

条件下, 可达到适合菌落生长及培养的凝胶环境, 所以当凝胶与培养基的配比为 3:7 时, 是以无纺布为载体菌落测试片的最佳培养基配比。

2.2.3 无纺布厚度筛选

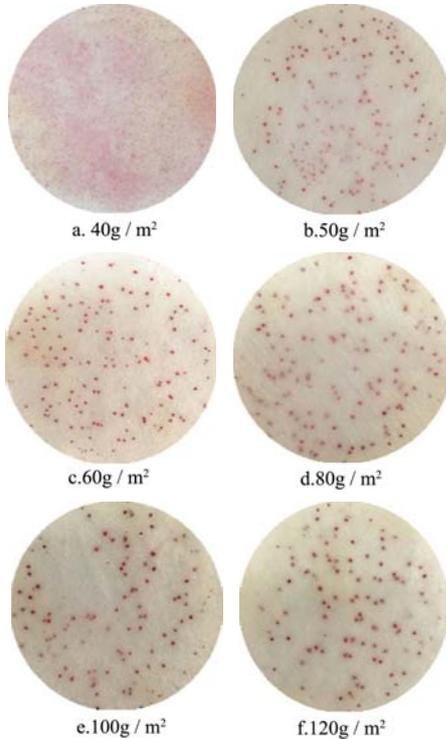


图3 不同厚度无纺布菌落生长情况

Fig.3 Different thickness of non-woven colony growth

选取 40 g/m²、50 g/m²、60 g/m²、80 g/m²、100 g/m² 和 120 g/m² 的无纺布以浸入式进行实验, 通过对比菌落生长情况。由于 40 g/m²、50 g/m² 的无纺布较薄, 所吸收的培养基较少, 菌落生长需要的营养物质供应不足, 使得菌落生长较小; 80 g/m²、100 g/m²、120 g/m² 的无纺布过厚, 且扩散速度较慢, 不能两面数菌, 部

分菌落夹到无纺布中间, 颜色过浅, 易遗漏, 影响计数。因此, 60 g/m² 生长的菌落清晰, 呈单一菌落, 计数方便。

2.3 无纺布测试片性能检测

2.3.1 灵敏度检测

采用菌落总数测试片和国标琼脂平板培养法作对比试验, 检测限为 2 CFU/mL, 以最低检测限作为测试片灵敏度的检测标准。两种方法可以达到相同水平的检测限。对 30~300 之间的菌落数进行分析, $t=0.095$, $p=0.5>0.05$, 表明测试片和国标琼脂培养法生长的菌落总数结果无差异显著性, 结果如表 3。

2.3.2 准确度检测

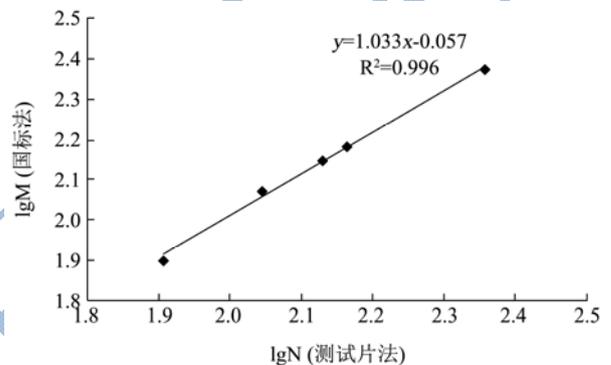


图4 两种方法的线性相关曲线

Fig.4 Linear correlation curve between two methods

采用菌落总数测试片和国标琼脂法进行对比, 各试验菌株菌落总数结果如表 4, 对结果进行样本独立样本 t 检验, $t=-0.025$, $p=0.8>0.05$, 由图 4 两种检测方法的线性相关曲线可知, R² 达到 0.996, 具有非常好的线性关系, 表明两种方法对 5 种菌的菌落计数无差异显著性。线性曲线如图 4。

表3 测试片灵敏度测定

Table 3 Sensitivity of petrifilm plate

检测方法	菌落数 CFU/mL						灵敏度
稀释度	空白	10 ⁻²	10 ⁻³	10 ⁻⁴	10 ⁻⁵	10 ⁻⁶	
国标法	0	多不可计	多不可计	327±6.73	39±7.49	2±1.74	100%
测试片法	0	多不可计	多不可计	302±9.72	37±8.52	2±1.18	100%

表4 两种方法检测结果

Table 4 Testing results by two methods

菌株	国标法检测结果平均值	测试片法检测结果平均值	lgM	lgN
	M(CFU/mL)±标准差	N(CFU/mL)±标准差		
大肠埃希氏菌	146±12.46	153±10.73	2.16435	2.18469
蜡样芽孢杆菌	81±6.18	80±7.38	1.90848	1.90309
铜绿假单胞菌	135±10.05	140±12.98	2.13033	2.14613
鼠伤寒沙门氏菌	228±11.53	236±9.95	2.35793	2.37291
金黄色葡萄球菌	111±14.12	120±9.34	2.04532	2.07188

3 结论

3.1 本文利用无纺布型测试片对5种食品中常见食源性致病菌为实验菌株进行检测与分析,通过筛选不同类型的无纺布对菌落生长情况和直径大小,选取水刺无纺布,菌落呈单一,颜色深,计数清晰,因此水刺无纺布是菌落总数测试片的良好载体。

3.2 在筛选无纺布类型的分析过程中发现,培养基的加入方式对菌落生长情况有明显的的影响,其中浸入式,生长的菌落颜色较深,可以清晰的看到单一的菌落,菌落直径较大。由于无纺布的扩散速度过快,未能快速吸收样液,加样后盖上上层膜容易使样液溢出片外,凝胶与培养基的配比的质构可以改善无纺布型测试片的缺点,当冷水可溶性凝胶与培养基配比为3:7时,扩散速度为1.9 s,通过测定硬度,脆性,粘着性,弹性,内聚性,胶着性,回弹性与1.0%的琼脂对比,无明显差异,所以当凝胶与培养基比例为3:7是采用浸入式与国标需氧菌平板计数相比,无明显差异。

3.3 结合无纺布类型及加工工艺的分析,发现无纺布的厚度对菌落生长也有显著性的影响,但厚度的不同与菌落生长结果不同,分析原因为无纺布较薄,所吸收的培养基较少,菌落生长需要的营养物质供应不足,使得菌落生长较小,无纺布过厚,且扩散速度较慢,不能两面数菌,部分菌落夹到无纺布中间,颜色过浅,易遗漏,影响计数。因此,60 g/m²的无纺布生长的菌落清晰,呈单一菌落,计数方便。

3.4 无纺布型菌落总数测试片的检出限为2 CFU/mL,对结果进行样本独立样本 t 检验, $t=0.025$, $p=0.8>0.05$,两种检测方法的线性相关曲线可知, R^2 达到0.996,测试片和国标琼脂培养法生长的菌落总数结果无差异显著性。

参考文献

- [1] 周钧,尹建军,侯玉柱,等.食品中细菌总数快速检测技术的研究进展[J].食品研究与开发,2010,31(12):276-280
ZHOU Jun, YIN Jian-jun, HOU Yu-zhu, et al. Development of methods for rapid detection technology of total bacteria in food [J]. Food Research and Development, 2010, 31(12): 276-280
- [2] 孙永.食品卫生微生物快速测试卡的研制[D].武汉:中国科学院研究生院(武汉病毒研究所),2007
SUN Yong. Studies on quick detective slip of food sanitary microorganisms [D]. Wuhan: University of the Chinese Academy of Science (Wuhan Institute of Virology), 2007
- [3] Medina L M, Jordano R. Petrifilm -a simplified cultural technique [J]. Encyclopedia of Food Microbiology, 2014: 19-24
- [4] 吴毓薇,吴许文,吴清平,等.食品卫生微生物测试片检测技术进展[J].中国卫生检验杂志,2008,18(12):2832-2834
WU Yu-wei, WU Xu-wen, WU Qing-ping, et al. Development of microbiological tests for food hygiene [J]. Chinese Journal of Health Laboratory Technology, 2008, 18(12): 2832-2834
- [5] Berhanu A, Amare. Production of microbial medium from defatted brebra(Milletia ferruginea) seed flour to substitute commercial peptone agar [J]. Asian Pac. J Trop. Biomed., 2013, 3(10): 790-797
- [6] R Jain, Babbar S B. Guar gum and isubgol as cost-effective alternative gelling agents for in vitro multiplication of an orchid, Dendrobium chrysotoxum [J]. Current Science, 2005, 88(2): 292-295
- [7] 陈春田,李金有,王林,等.细菌快速检测试纸片法与传统方法培养结果的比较[J].中国消毒学杂志,2010,27(5):547-548
CHEN Chun-tian, LI Jin-you, WANG Lin, et al. Rapid bacterial detection test comparison of the results with traditional methods of cultivation [J]. Chin. J Disin., 2010, 27(5): 547-548
- [8] 王艳蕊,肖茜文,刘爽,等.菌落总数测试片环氧乙烷灭菌法研究[J].农产品加工,2017,423(1):29-31
WANG Yan-ru, XIAO Qian-wen, LIU Shuang, et al. Study on the ethylene oxide sterilization of aerobic bacteria counting test piece [J]. Roducts Rocessing, 2017, 423(1): 29-31
- [9] Soumya Banerjee, Suvendu Bhattacharya. Compressive textural attributes, opacity and syneresis of gels prepared from gellan, agar and their mixtures [J]. Journal of Food Engineering, 2011, 102: 287-292
- [10] 张静.我国无纺布主流技术与其应用研究[J].科技传播, 2010,10:73-74
ZHANG Jing. Main technology and applied research of nonwovens in China [J]. Public Communication of Science & Technology, 2010, 10: 73-74
- [11] 牛春莉,李瑾,马颖,等.微生物快速检测显色碟片及制备方法:中国,200610080710.5[P]2006
NIU Chun-li, LI Jin, MA Ying, et al. Microbial rapid detection of color discs and preparation method: China, 200610080710.5 [P] 2006
- [12] D Ren, P Chen, Y Wang, et al. Research and application on the characteristics of compound cold water soluble gel in petrifilm aerobic count plates [J]. LWT-Food Science and

- Technology, 2017, 82: 335-341
- [13] 韩善桥,何立东,胡明,等.大肠埃希菌和大肠菌群测试片在细菌感染快速检测中的应用[C]//全国微生物资源学术暨国家微生物资源平台运行服务研讨会,2013
HAN Shan-qiao, HE Li-dong, HU Ming, et al. Application of testing slip method for rapidly detecting escherichia coli and coliform in bacterial infection [C]. National Microbial Resources Academic and National Microbiological Resources Platform Service Seminar, 2013
- [14] Silva B O, Caraviello D Z, Rodrigues A C, et al. Evaluation of Petrifilm for the isolation of Staphylococcus aureus from milk samples [J]. Journal of Dairy Science, 2005, 88(8): 3000-3008

现代食品科技