

DOI: 10.19812/j.cnki.jfsq11-5956/ts.20241016006

食品检测用亚硫酸铋琼脂培养基标准物质的研制

陈怡文, 张晓东, 刘 娜, 余 文*

(中国食品药品检定研究院, 北京 100050)

摘 要: **目的** 研制食品检测用亚硫酸铋琼脂(bismuth sulfite agar, BS)培养基标准物质。**方法** 针对 BS 培养基使用的复杂性生物成分原料进行分析和筛选, 筛选出质量最好的原料成分后, 将 BS 培养基各成分按比例称量、球磨后分装制成标准物质。倾注平板后观察培养基形态, 检测 pH。根据 GB 4789.28—2024《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》中选择性分离和计数固体培养基的测试项目, 检验 BS 培养基标准物质的均匀性。以 40 °C 模拟极限运输条件检验 BS 培养基标准物质的短期稳定性, 以室温条件放置 1、2、5、8、12 个月的长期稳定性, 并由 3 家实验室进行协作定值。**结果** 制备的 BS 培养基标准物质倾注平板后为浅灰绿色, 有不透明絮状沉淀, pH 为 7.56 ± 0.01 。均匀性和短期稳定性良好, 长期稳定性在 1 年以上, 协作定值结果符合 GB 4789.28—2024 的质控评定标准。**结论** 本研究制备的 BS 培养基标准物质均匀性与稳定性都达到标准物质的技术指标要求, 可以用于食品中沙门氏菌检测的质量控制、实验室能力验证、实验室间比对等。

关键词: 食品检测; 亚硫酸铋琼脂; 标准物质; 培养基

Development of bismuth sulfite agar medium certified reference material for food detection

CHEN Yi-Wen, ZHANG Xiao-Dong, LIU Na, YU Wen*

(National Institutes for Food and Drug Control, Beijing 100050, China)

ABSTRACT: **Objective** To develop bismuth sulfite agar (BS) medium reference material for food detection. **Methods** The complex biological composition materials were analyzed in BS medium, the best quality composition material were selected and weighed in proportion and packed into standard materials after ball milling. The morphology of culture medium and pH were observed after pouring plate. According to the test items of selective separation and counting solid medium in GB 4789.28—2024 *National food safety standards-Food microbiological examination-Quality requirements for culture mediums and reagents*, the homogeneity of BS medium certified reference material was tested. The short-term stability of the BS medium certified reference material was tested under the simulated limit transport condition at 40 °C, and the long-term stability was tested under the condition of room temperature for 1, 2, 5, 8 and 12 months, 3 laboratories participated in the joint valuation. **Results** The prepared BS medium certified reference material poured into the plate was a light gray-green color with opaque fibrous precipitate, with pH of 7.56 ± 0.01 . The homogeneity and short-term stability were good, and the long-term stability

基金项目: 国家重点研发计划项目(2022YFF1100704)

Fund: Supported by the National Key Research and Development Program of China (2022YFF1100704)

*通信作者: 余文, 副研究员, 主要研究方向为食品安全检测。E-mail: 6646227@qq.com

*Corresponding author: YU Wen, Associate Professor, National Institute for Food and Drug Control, No.2, Tiantan West Lane, Dongcheng District, Beijing 100050, China. E-mail: 6646227@qq.com

was more than 1 year. The results of collaborative determination were in line with the quality control assessment standard of GB 4789.28—2024. **Conclusion** The homogeneity and stability of the BS medium certified reference material can meet the technical requirements of the standard substance, and it can be used for the quality control, laboratory ability verification and laboratory comparison of *Salmonella* detection in food.

KEY WORDS: food detection; xylose lysine deoxycholate agar; certified reference material; medium

0 引 言

沙门氏菌是常见的引起食物中毒事件的食源性致病菌, 占比约为 70%~80%^[1-3]。人体摄入被沙门氏菌污染的食物后, 经过 2~72 h 潜伏期, 会产生食物中毒、肠热症、发热、菌血症和败血症等, 严重者甚至危及生命^[4-7]。GB 4789.4—2024《食品安全国家标准 食品微生物学检验 沙门氏菌检验》的规定, 沙门氏菌选择性分离培养基为亚硫酸铋琼脂(bismuth sulfite agar, BS)和 HE 琼脂(hektoen enteric agar, HE)。沙门氏菌在 BS 培养基上培养 40~48 h 后, 呈现黑色有金属光泽、棕褐色或灰色的菌落。根据典型菌落特征, 可以增加沙门氏菌的鉴别准确率^[8-9]。因此, BS 培养基质量的优劣直接决定食品中沙门氏菌的检出率。

微生物在培养基上能够良好生长, 主要依靠于培养基中的复杂生物成分(如蛋白胨)提供基础营养物质, 但由于该类成分一般化学组成复杂, 来源不明, 含量不明确, 导致批次间差异较大^[10-11]。由此可能对微生物的生长带来影响, 从而表现为菌落大小、菌落形态、菌落总数计数实验等结果的差异。

现今市场上虽然国内外生产培养基的企业数量众多, 但培养基的质量良莠不齐, 缺少培养基标准物质对照品作为标尺, 进行质量控制^[12-14]。本研究根据 GB 4789.4—2024 中 BS 培养基的配方, 对配方中的复杂成分进行筛选, 并制备成 BS 培养基标准物质。同时, 根据 GB 4789.28—2024《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》中选择性分离和计数固体培养基的测试项目, 对 BS 培养基进行均匀性检验、稳定性检验和 3 家实验室的协作定值, 制备符合要求的 BS 培养基标准物质, 为满足食品中沙门氏菌检测的方法验证和质量控制需求提供对照参考。

1 材料与方法

1.1 材料与试剂

伤寒沙门氏菌[*Salmonella typhi*, CMCC(B)50071]、金黄色葡萄球菌[*Staphylococcus aureus*, CMCC(B)26003]、白念假单胞菌[*Monilia albican*, CMCC(B)98001](中国医学微生物菌种保藏管理中心); 鼠伤寒沙门氏菌(*Salmonella typhimurium*, ATCC 14028)、大肠埃希氏菌(*Escherichia coli*, ATCC 25922)、粪肠球菌(*Enterococcus faecalis*, ATCC

29212)(美国菌种保藏中心)。

5XM9 低盐培养基(北京三药科技有限公司); 参比蛋白胨(美国 BD 公司); 牛肉膏(生物试剂)、葡萄糖、硫酸亚铁、磷酸氢二钠、煌绿、柠檬酸铋铵、亚硫酸钠(分析纯)(国药集团化学试剂有限公司); 琼脂(美国 BD 公司)。

1.2 仪器与设备

MS200 球磨仪(南通友邦机械有限公司); S220 酸度计、PL2002 电子天平[精度 0.01 g, 梅特勒-托利多仪器(上海)有限公司]; SWB25 水浴锅(美国 Thermo Fisher Scientific 公司)。

1.3 蛋白胨的筛选

在 M9 培养基中按照 0.75、1.50、3.00、6.00、10.00、15.00 g/L 的质量浓度依次加入参比蛋白胨, 同时将 3 个不同品牌的待测蛋白胨按照 3 g/L 质量浓度配制成待测培养基。分别取上述参比培养基和待测培养基各 100 μ L 添加至 96 孔板中, 每孔接种 100 μ L 10^4 ~ 10^5 CFU/mL 的金黄色葡萄球菌和白色念珠菌, 每个蛋白胨浓度设置 3 个平行孔。用封口膜封板混匀后培养。金黄色葡萄球菌于 36 $\pm$ 1 $^{\circ}$ C 培养 22~24 h, 白色念珠菌于 28 $\pm$ 1 $^{\circ}$ C 培养 56~60 h。

使用酶标仪测定 96 孔板中培养物的吸光度值。通过绘制参比培养基蛋白胨浓度-吸光度值的标准曲线, 计算待测培养基相对蛋白胨浓度。

1.4 培养基的制备

培养基的制备方案参考 GB 4789.4—2024, 将蛋白胨, 牛肉膏, 亚硫酸钠、硫酸亚铁和磷酸氢二钠加入到一起, 球磨 20 min 后, 再加入葡萄糖、煌绿、柠檬酸铋铵和琼脂球磨 20 min。球磨后分装至铝箔袋, 每袋 25 g。取 1 袋培养基溶于 440 mL 蒸馏水中, 搅拌加热煮沸至完全溶解, 平衡至 50~55 $^{\circ}$ C 时, 倾注平板, 冷却至 20~25 $^{\circ}$ C 时观察培养基形态, 用连接平头电极的酸度计测定 pH, 测量 3 次。

1.5 培养基的验证

1.5.1 目标菌生长率定量测试

参照 GB 4789.28—2024 中 6.1.3 目标菌生长率定量测试方法, 计算生长率 P_R 值。

1.5.2 非目标菌(选择性)半定量测试

参照 GB 4789.28—2024 中 6.2.2.2 非目标菌(选择性)半定量测试方法, 计算生长指数 G 。

1.5.3 均匀性检验

随机抽取 20 件制备分装好的 BS 培养基, 分别制备成 20 块 BS 培养基平板并进行目标菌生长率定量测试和非目标菌半定量测试。依据 GB 4789.28—2013《培养基和试剂的质量要求》的要求, BS 培养基上目标菌的 P_R 值 ≥ 0.5 , 非目标菌大肠埃希氏菌和粪肠球菌的 G 值 ≤ 1 。

1.5.4 稳定性检验

(1)运输(短期)稳定性检验

将 BS 培养基标准物质置于 40 °C 保存, 模拟运输中的极限温度。3、5、7 d 分别抽取 3 块 BS 培养基平板进行目标菌生长率定量测试和非目标菌半定量测试。

(2)储存(长期)稳定性检验

将 BS 培养基标准物质放置于室温环境。模拟实验周期为 1 年, 于 1、2、5、8、12 个月取 1 件标准物质进行测试观察, 每个标准物质做 3 个平行, 验证室温环境下 BS 培养基标准物质能否满足样品贮存稳定性要求。

1.5.5 协作定值

组织山西省食品药品检验所(单位代码 A)、北京奥博星生物技术有限责任公司(单位代码 B)、北京三药科技开发公司(单位代码 C)对 BS 培养基标准物质进行协作标定。

1.6 数据处理

在蛋白胨的筛选部分, 研究使用 Microsoft Excel (2016 版)软件, 采用四阶多项式曲线拟合将待测培养基的吸光度值绘制成标准曲线。

本研究在标准物质验证均匀性, 稳定性计算中, 均使用了 Microsoft Excel (2016 版)软件进行数据处理。均匀性

验证对 20 组标准物质进行测试, 短期和长期稳定性验证在每个时间点取 3 组标准物质进行测试。

2 结果与分析

2.1 理化指标检测结果

本次制备的 BS 培养基标准物质为均一的浅绿色粉末, 倾注平板后为浅灰绿色, 有不透明絮状沉淀物。平板放至室温后, pH 为 7.56 ± 0.01 。

2.2 蛋白胨的筛选结果

图 1 为 2 株菌在不同质量浓度参比蛋白胨中的生长曲线。表 1 为 1~3 号待测蛋白胨根据标准曲线计算出的相对蛋白胨质量浓度。结果显示, 不同品牌蛋白胨对菌株的促生长能力不同, 但综合来看 2 号蛋白胨的相对质量浓度较高, 对 2 株菌的促生长能力高于 1、3 号蛋白胨。

2.3 均匀性检验结果

表 2 结果显示, 20 块 BS 培养基标准物质的目标菌生长率定量测试和非目标菌半定量结果符合 GB 4789.28—2024 中培养基评价要求。伤寒沙门氏菌的生长率 P_R 值在 0.60~1.15 之间, 鼠伤寒沙门氏菌的生长率 P_R 值在 0.58~1.02 之间, 菌落呈黑色有金属光泽, 2 株 BS 培养基的目标菌生长率 P_R 值均 ≥ 0.5 , 伤寒沙门氏菌均匀性的相对标准偏差(relative standard deviation, RSD)为 21.25%, 鼠伤寒沙门氏菌均匀性的 RSD 为 14.66%。大肠埃希氏菌和粪肠球菌的生长指数 G 值在 0~1 之间, 均小于等于 1, 满足 GB 4789.28—2024 的质控评定标准。

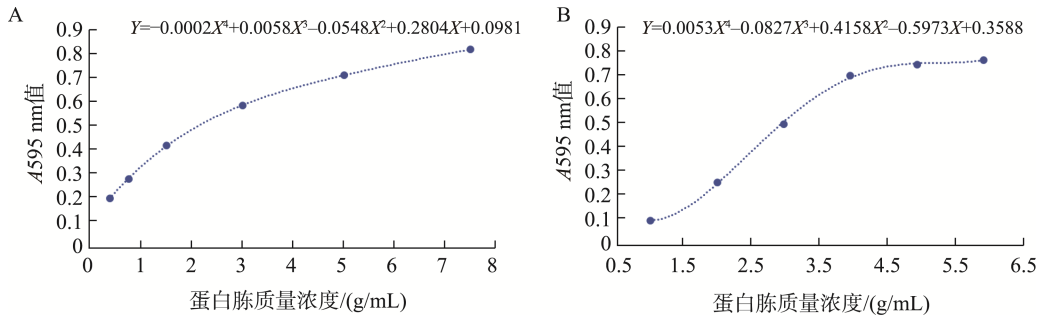


图 1 金黄色葡萄球菌(A)和白色念珠菌(B)在不同质量浓度参比蛋白胨下的细菌生长曲线
Fig.1 Bacterial growth curves of *Staphylococcus aureus* (A) and *Candida albicans* (B) under different mass concentrations of reference protein peptone

表 1 3 种待测蛋白胨的相对质量浓度
Table 1 Relative mass concentrations of 3 kinds of peptone to be tested

菌株编号	待测蛋白胨 1 号		待测蛋白胨 2 号		待测蛋白胨 3 号	
	吸光度值	相对质量浓度/(g/L)	吸光度值	相对质量浓度/(g/L)	吸光度值	相对质量浓度/(g/L)
CMCC(B)26003	0.30	0.87	0.35	1.09	0.19	0.34
CMCC(F)98001	0.30	1.29	0.40	1.96	0.27	0.99

表 2 食品检测用 BS 培养基标准物质均匀性检验结果
Table 2 Homogeneity test results of BS medium certified reference material for food detection

序号	伤寒沙门氏菌 P_R	鼠伤寒沙门氏菌 P_R	大肠埃希氏菌 G 值	粪肠球菌 G 值
样品 1	0.92	1.02	0	0
样品 2	0.63	0.72	0	0
样品 3	0.60	0.69	0	0
样品 4	0.62	0.67	1	0
样品 5	0.76	0.82	0	0
样品 6	1.05	0.84	0	0
样品 7	0.75	0.82	0	0
样品 8	0.68	0.74	0	0
样品 9	0.78	0.66	1	0
样品 10	1.03	0.82	0	0
样品 11	1.15	1.03	0	0
样品 12	0.82	0.69	0	0
样品 13	0.73	0.58	0	1
样品 14	0.66	0.81	1	0
样品 15	0.76	0.74	0	0
样品 16	0.65	0.71	0	0
样品 17	1.08	0.94	0	0
样品 18	0.92	0.83	0	1
样品 19	0.83	0.78	0	0
样品 20	0.61	0.82	0	0

2.4 稳定性检验结果

2.4.1 运输(短期)稳定性检验结果

为模拟极限运输条件, 将 BS 培养基标准物质放置在 40 °C 培养箱中 3~7 d, 进行运输稳定性测试。表 3 结果显示, 伤寒沙门氏菌的生长率 P_R 值在 0.68~0.95 之间, 鼠伤寒沙门氏菌的生长率 P_R 值在 0.73~0.96 之间, 伤寒沙门氏菌短期稳定性的 RSD 为 10.14, 鼠伤寒沙门氏菌短期稳定性的 RSD 为 9.94%。BS 培养基标准物质的非目标菌大肠埃希氏菌和粪肠球菌的生长指数 G 值均小于等于 1。结果满足 GB 4789.28—2024 的质控评定标准。以上数据表明, 在非高温季节(≤ 40 °C), BS 培养基标准物质在 7 d 内常温运输稳定, 而在高温季节, 可以采用泡沫箱加冰袋的方式进行低温运输, 用以上方式进行运输能够满足培养基稳定性的要求。

2.4.2 储存(长期)稳定性检验结果

为模拟使用者的储存稳定性, 将 BS 培养基标准物质放置于 25 °C 培养箱中, 在 1、2、5、8、12 个月取 3 个样品进行目标菌生长率定量测试。表 4 结果显示, 伤寒沙门氏菌的生长率平均 P_R 值在 0.78~1.17 之间, 鼠伤寒沙门氏菌的生长率平均 P_R 值在 0.67~0.88 之间; 非目标菌大肠埃希氏菌和粪肠球菌的生长指数 G 值均 ≤ 1 。结果表明, 在室温环境下保存 1 年内, 培养基符合 GB 4789.28—2024 的质控评定标准。

2.5 协作定值结果

为确保不同实验室的结果复现性, 本研究选择了 3 家

协作标定实验室进行培养基验证实验。表 5 结果显示, 两株 BS 培养基的目标菌生长率 P_R 值均 ≥ 0.5 , 且菌落呈黑色有金属光泽, 符合目标菌在培养基上的生长形态(图 2)。非目标菌大肠埃希氏菌和粪肠球菌 $G \leq 1$, 符合 GB 4789.28—2024 的规定。

表 3 食品检测用 BS 培养基标准物质在极限运输条件 40 °C 的稳定性结果($n=3$)

Table 3 Stability results of BS medium certified reference material for food detection under the limit transport condition of 40 °C ($n=3$)

时间/d	序号	伤寒沙门氏菌 P_R	鼠伤寒沙门氏菌 P_R	大肠埃希氏菌 G 值	粪肠球菌 G 值
3	样品 1	0.78	0.89	0	0
	样品 2	0.87	0.74	0	0
	样品 3	0.68	0.73	0	0
5	样品 1	0.85	0.81	1	0
	样品 2	0.85	0.79	0	0
	样品 3	0.76	0.93	0	0.5
7	样品 1	0.92	0.96	0	0
	样品 2	0.79	0.83	0	0
	样品 3	0.95	0.77	0.5	0

表 4 食品检测用 BS 培养基标准物质贮存稳定性结果($n=3$)

Table 4 Storage stability results of BS medium certified reference material for food detection ($n=3$)

时间/月	伤寒沙门氏菌 P_R	鼠伤寒沙门氏菌 P_R	大肠埃希氏菌 G 值	粪肠球菌 G 值
1	0.78	0.86 $\pm$ 0.11	0	0
2	0.89 $\pm$ 0.13	0.85 $\pm$ 0.11	0	0
5	1.09 $\pm$ 0.21	0.78 $\pm$ 0.20	0	0
8	1.17 $\pm$ 0.12	0.88 $\pm$ 0.20	0	0
12	0.88 $\pm$ 0.10	0.67 $\pm$ 0.07	0	0

表 5 食品检测用 BS 培养基标准物质协作标定结果

Table 5 Collaborative calibration results of BS medium certified reference material for food detection

协作标定单位代码	伤寒沙门氏菌 P_R	鼠伤寒沙门氏菌 P_R	大肠埃希氏菌 G 值	金黄色葡萄球菌 G 值
A	1.09	0.83	0	0
B	0.61	0.60	0	0
C	1.08	1.14	0	0

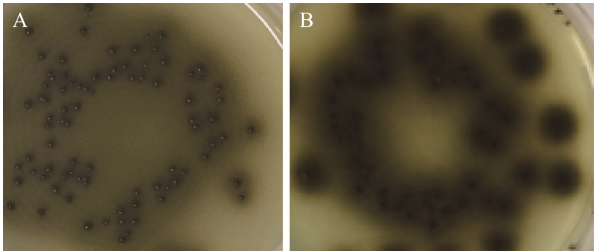


图 2 伤寒沙门氏菌(A)和鼠伤寒沙门氏菌(B)在 BS 培养基上的菌落形态

Fig.2 Colonial morphology of *Salmonella typhi* (A) and *Salmonella typhimurium* (B) on BS medium

3 结论与讨论

本研究制备的 BS 培养基标准物质均匀性良好, 同一批次产品未见差异, 能够满足 40 °C 极端高温条件下 7 d 的运输稳定性, 常温储存稳定性 1 年以上, 达到标准物质的技术指标要求。该标准物质可以用于食品中沙门氏菌检测的质量控制、实验室能力验证、实验室间比对等, 对食品中沙门氏菌的日常检验和监督抽检有重要意义。在将来的工作中, 将持续对本标准物质进行稳定性检测, 以保证质量。

目前, 蛋白胨的评价方法主要是通过理化仪器去分析其中的化学成分, 通过如维生素、微量元素的含量高低, 来评价蛋白胨的优劣^[15-20]。而实际使用蛋白胨的微生物实验室不具备这种理化分析仪器, 难以实现通过成分去评价其优劣。本研究通过引入参比蛋白胨, 用来评价不同品牌和批次蛋白胨的质量, 实现了微生物检测实验室, 能用相对简便的方法, 评价蛋白胨的质量。但由于本次研究在评价蛋白胨时, 是针对所有需要蛋白胨的培养基进行评价, 并未仅针对 BS 培养基, 所以只选择了一株金黄色葡萄球菌和白色念珠菌作为细菌和霉菌的代表菌株。

沙门氏菌的鉴定主要是依靠它的生长特性及生化反应, 如它可以利用葡萄糖产酸产气等。而 BS 培养基就是根据这些原理设计的, 沙门氏菌能利用葡萄糖, 将培养基中的亚硫酸盐成分还原成硫化物, 使之与硫酸亚铁反应, 从而菌落呈现黑色, 此外还可把柠檬酸铋铵中的铋离子还原成金属铋, 使菌落呈现金属光泽, 从而使沙门氏菌得到分离^[21]。研究显示, 木糖赖氨酸脱氧胆盐 (xylolysine deoxybile, XLD) 培养基和 BS 培养基对受沙门氏菌污染的食物检出限一致^[23-25], 但 BS 培养基对沙门氏菌的回收率略低于 XLD 培养基^[26-27], 主要是因为沙门氏菌抑菌性较强, 不利于受损或生长时间长的沙门氏菌生长。但 BS 的强抑菌能力, 能很好规避一些干扰菌的影响, 其对恶臭假单胞菌、荧光假单胞菌和粪产碱菌亚种等难以区分鉴定的菌落有很好的抑制效果, 从抗干扰性考虑优于 XLD, HE 及 CAS 培养基^[28-30]。

参考文献

- [1] 王军, 郑增忍, 王晶钰, 等. 动物源性食品中沙门氏菌的风险评估[J]. 中国动物检疫, 2007(4): 23-25.
WANG J, ZHENG ZR, WANG JJ. Risk assessment of *Salmonella* in foods of animal origin [J]. China Anim Health Inspect, 2007(4): 23-25.
- [2] 国家卫生计生委办公厅关于 2015 年全国食物中毒事件情况的通报 [EB/OL]. [2016-04-01]. <http://www.nhc.gov.cn/yjb/s7859/201604/8d34e4c442c54d33909319954c43311c.html> [2024-08-01].
National Health and Family Planning Commission Emergency Office. Bulletin of the national food poisoning cases in 2015 issued from national health and family planning commission general office [EB/OL]. [2016-04-01]. <http://www.nhc.gov.cn/yjb/s7859/201604/8d34e4c442c54d33909319954c43311c.html> [2024-08-01].
- [3] HAVELAAR AH, KIRK MD, TORGERSON PR, et al. World Health Organization global estimates and regional comparisons of the burden of foodborne disease in 2010 [J]. PLoS Med, 2015, 12(12): e1001923.
- [4] MOHAMED T, ZHAO S, WHITE D, et al. Molecular characterization of antibiotic resistant *Salmonella typhimurium* and *Salmonella* Kentucky isolated from pre- and post-chill whole broilers carcasses [J]. Food Microbiol, 2014, 38: 6-15.
- [5] WANG M, ZHANG MH, LU YP, et al. Analyses of prevalence and molecular typing of *Salmonella* in the goose production chain [J]. Poult Sci, 2020(4): 2136-2145.
- [6] DAEJIN L, KWANGSOO K, TANER D, et al. Bacterial cancer therapy using the attenuated fowl-adapted *Salmonella enterica* serovar *Gallinarum* [J]. Mol Ther Oncolyt, 2023, 31: 100745.
- [7] 李思学, 王莺杰. 沙门氏菌发病机理、检测方法及防治[J]. 生物化工, 2019(12): 147-153.
LI SX, WANG YJ. Research progress on the pathogenesis, detection and prevention of *Salmonella* [J]. Biol Chem Eng, 2019(12): 147-153.
- [8] 孙春玲, 王亚慧, 王东玉, 等. 乳粉中沙门氏菌检测能力验证结果分析[J]. 农产品加工, 2020(17): 54-55, 59.
SUN CL, WANG YH, WANG DY, et al. Proficiency testing results and analysis of *Salmonella* detection ability in milk powder [J]. Farm Prod Process, 2020(17): 54-55, 59.
- [9] 刘玥, 张红芝, 顾其芳, 等. 沙门菌分离、筛检和确认流程技术关键点分析[J]. 检验医学, 2020, 35(6): 524-530.
LIU Y, ZHANG HZ, GU QF, et al. Analysis on the technical key points of *Salmonella* isolation, screening and identification based on routine detection process [J]. Lab Med, 2020, 35(6): 524-530.
- [10] 张国勇, 曲萍, 邓自新, 等. 纯化学合成缓冲蛋白胨水培养基的研制[J]. 食品工程, 2020, 2: 44-50.
ZHANG GY, QU P, DENG ZX, et al. Preparation of purified components of buffered peptone water medium [J]. Food Eng, 2020, 2: 44-50.
- [11] 尉文霞, 邓自新, 孟媛, 等. 制备一种由纯化学成分合成的伊红美蓝琼脂培养基[J]. 科技创新与应用, 2020, 15: 1-6.
YU WX, DENG ZX, MENG Y, et al. A development of pure chemical synthesis-eosin methylene blue agar medium [J]. Technol Innov Appl, 2020, 15: 1-6.
- [12] 陈茵茵, 钟卫辉, 韩志杰, 等. 沙门氏菌在不同品牌显色培养基上的对比分析[J]. 食品安全质量检测学报, 2020, 11(16): 5455-5460.
CHEN YY, ZHONG WY, HAN ZJ, et al. Comparative analysis of *Salmonella* on different brands of chromogenic medium [J]. J Food Saf Qual, 2020, 11(16): 5455-5460.
- [13] 钱文静, 杨戈, 朱晓玥, 等. 《中国药典》2015 年版沙门菌检查用培养基的质量探讨[J]. 中国药品标准, 2014, 15(1): 19-23.
QIAN WJ, YANG G, ZHU XY, et al. Discussion on quality of culture mediums for *Salmonella* examination in Chinese pharmacopoeia 2015 edition [J]. Drug Stand China, 2014, 15(1): 19-23.
- [14] 章志超, 鄢雷娜, 匡佩琳. 一株沙门氏菌 IIIb 60:r:e, n, x, z₁₅ 的分离、鉴定及其检测方法比较[J]. 食品研究与开发, 2020, 41(21): 192-198.
ZHANG ZC, YAN LN, KUANG PL. Isolation, identification of *Salmonella* III b 60:r:e,n,x,z₁₅ and comparison of its detection methods [J]. Food Res Dev, 2020, 41(21): 192-198.
- [15] 莫日根, 辛慧, 张晓东. 超高效液相色谱-串联质谱法测定蛋白胨中 6 种脂溶性维生素[J]. 食品安全质量检测学报, 2020, 11(20): 7436-7441.

- MO RG, XIN H, ZHANG XD. Determination of 6 kinds of fat-soluble vitamins in peptone using ultra performance liquid chromatography-tandem mass spectrometry [J]. J Food Saf Qual, 2020, 11(20): 7436–7441.
- [16] 姜莎, 辛慧, 莫日根. 超高效液相色谱-串联质谱法测定蛋白胨中 9 种 B 族维生素[J]. 色谱, 2019, 11(37): 1157–1161.
- JIANG S, XIN H, MO RG. Determination of nine B vitamins in peptone using ultra high performance liquid chromatography-tandem mass spectrometry [J]. Chin J Chromatogr, 2019, 11(37): 1157–1161.
- [17] 张寰, 高璐瑶, 郭枝. 电感耦合等离子体质谱法测定蛋白胨 4 种微量元素[J]. 食品安全质量检测学报, 2019, 10(17): 5766–5772.
- ZHANG H, GAO LY, GUO Z. Determination of 4 kinds of trace elements in peptone by inductively coupled plasma mass spectrometry [J]. J Food Saf Qual, 2019, 10(17): 5766–5772.
- [18] 王洋, 郝艳君, 杨禄. 离子色谱法同时测定蛋白胨中 5 种阴离子[J]. 食品安全质量检测学报, 2020, 7(11): 2155–2161.
- WANG Y, HAO YJ, YANG L. Simultaneous determination of 5 kinds of anions in peptone by ion chromatography [J]. J Food Saf Qual, 2020, 7(11): 2155–2161.
- [19] 吕娟, 周刚, 李振莲. 凝胶过滤色谱法测定蛋白胨中多肽的相对分子质量分布[J]. 食品安全质量检测学报, 2020, 11(15): 5131–5136.
- LV J, ZHOU G, LI ZL, *et al.* Determination of relative molecular mass distribution of polypeptides in peptone by gel filtration chromatography [J]. J Food Saf Qual, 2020, 11(15): 5131–5136.
- [20] 杜艳, 王洋, 郝艳君, 等. 离子色谱法同时测定蛋白胨中氯离子、硫酸根离子、碘离子[J]. 化学分析计量, 2019, 4(28): 22–25.
- DU Y, WANG Y, HAO Y, *et al.* Simultaneous determination of chloride, sulfate and iodide in peptone by ion chromatography [J]. Chem Anal Meter, 2019, 4(28): 22–25.
- [21] PARMANAND P, MANJUSHA L, JOSEPH T, *et al.* Performance evaluation of a selective-enrichment-isolation protocol for *Salmonella enterica* from seafood [J]. J Microbiol Methods, 2020(12): 1–15.
- [22] AMIT PAL, DOUGLAS L. MARSHALL B, *et al.* Comparison of culture media for enrichment and isolation of *Salmonella* spp. from frozen channel catfish and Vietnamese basa fillets [J]. Food Microbiol, 2009(26): 317–319.
- [23] AGNÈS PG, SOPHIE AG, JANNICE SS, *et al.* Multicentre evaluation of a selective isolation protocol for detection of mcr-positive *E. coli* and *Salmonella* spp. in food-producing animals and meat [J]. Lett Appl Microbiol, 2022, 75(2): 224–233.
- [24] 戴冠苹, 张红云, 高海军, 等. 食品检测能力验证中沙门氏菌的分离鉴定[J]. 食品安全质量检测学报, 2021, 12(6): 2491–2496.
- DAI GP, ZHANG HY, GAO HJ, *et al.* Isolation and identification of *Salmonella* proficiency testing in food testing [J]. J Food Saf Qual, 2021, 12(6): 2491–2496.
- [25] 姜彦芬, 王建昌, 孙晓霞, 等. 不同分离培养基检测食品中沙门氏菌效果的比较[J]. 食品安全质量检测学报, 2017, 8(3): 1025–1029.
- JIANG YF, WANG JC, SUN XX, *et al.* Comparison of the effect of different isolation media on the detection of *Salmonella* in food [J]. J Food Saf Qual, 2017, 8(3): 1025–1029.
- [26] KUIJPERS LMF, POST AS, JACOBS J, *et al.* Chromogenic media for the detection of *Salmonella enterica* serovar *Paratyphi* A in human stool samples: Evaluation in a reference setting [J]. Eur J Clin Microbiol Infect Dis, 2018, 37(11): 2181–2190.
- [27] 姜彦芬, 王建昌, 孙晓霞, 等. 不同分离培养基检测食品中沙门氏菌效果的比较[J]. 食品安全质量检测学报, 2017, 8(3): 1025–1029.
- JIANG YF, WANG JC, SUN XX, *et al.* Comparison of the effect of different isolation media on the detection of *Salmonella* in food [J]. J Food Saf Qual, 2017, 8(3): 1025–1029.
- [28] KIM HS, CHOI D, KANG B, *et al.* A single-step enrichment medium for nonchromogenic isolation of healthy and cold-injured *Salmonella* spp. from fresh vegetables [J]. Foodborne Pathog Dis, 2017, 14(2): 84–88.
- [29] KJERSTI S, DAHLE UR, EINAR SB, *et al.* Evaluation of the ability of four ESBL-screening media to detect ESBL-producing *Salmonella* and *Shigella* [J]. BMC Microbiol, 2014, 14: 217–226.
- [30] 王萍, 董贵军, 乔勇升, 等. 显色培养基上沙门氏菌及干扰菌的分离鉴定[J]. 食品研究与开发, 2017, 38(12): 158–161.
- WANG P, DONG GJ, QIAO YS, *et al.* Isolation and identification of *Salmonella* and interference strains in chromogenic medium [J]. Food Res Dev, 2017, 38(12): 158–161.

(责任编辑: 韩晓红 蔡世佳)

作者简介



陈怡文, 硕士, 副主任技师, 主要研究方向为食品、化妆品微生物。
E-mail: cyw5437@126.com



余文, 副研究员, 主要研究方向为食品安全检测。
E-mail: 6646227@qq.com