

实验技术与方法

乳粉中克罗诺杆菌属阪崎肠杆菌能力验证样品制备及应用

王亚萍,赵琳娜,刘娜,王学硕,崔生辉
(中国食品药品检定研究院,北京 100050)

摘要:目的 制备均匀性及稳定性均满足要求的克罗诺杆菌属(阪崎肠杆菌)检验能力验证样品,用于组织能力验证考核。方法 通过生化及基质辅助激光解吸电离飞行时间质谱方法鉴定背景菌株及所使用的克罗诺杆菌属(阪崎肠杆菌)菌株。采用冷冻干燥技术制备均匀性及稳定性均满足要求且各种菌含量为 10^4 CFU/瓶的能力验证菌球。依据 CNAS-GL003:2018《能力验证样品均匀性和稳定性评价指南》,随机抽取阳性样品和阴性样品各20份进行均匀性检验,再将样品存放于 $-20\text{ }^\circ\text{C}$ 、 $4\text{ }^\circ\text{C}$ 进行保藏稳定性检验,存放于 $25\text{ }^\circ\text{C}$ 、 $37\text{ }^\circ\text{C}$ 进行运输稳定性检验。依据 GB 4789.40—2016 制定作业指导书并发放样品,回收各实验室结果进行统计。结果 目的菌株及背景菌株的鉴定结果均正确,均匀性、运输稳定性及保藏稳定性检验均符合能力验证样品的要求。依据评价原则及25家实验室反馈的结果,2021年度考核结果满意率为100%。结论 乳粉中克罗诺杆菌属(阪崎肠杆菌)能力验证样品满足本年度能力验证的要求,为参加考核的检测机构提供了外部质控考核结果。

关键词: 克罗诺杆菌属(阪崎肠杆菌);样品制备;能力验证评价

中图分类号:R155 文献标识码:A 文章编号:1004-8456(2021)06-0803-05

DOI:10.13590/j.cjfh.2021.06.028

Preparation and application of proficiency test sample of *Cronobacter* spp. (*Enterobacter sakazakii*) in milk powder

WANG Yaping, ZHAO Linna, LIU Na, WANG Xueshuo, CUI Shenghui
(National Institute for Food and Drug Control, Beijing 100050, China)

Abstract: Objective To prepare *Cronobacter* spp. (*Enterobacter sakazakii*) proficiency test samples which meet the requirements of uniformity and stability, and use them for proficiency test. **Methods** The background strains and *Cronobacter* spp were identified by biochemical and matrix-assisted laser desorption ionization time of flight mass spectrometry method. Freeze-drying was used to prepare the samples with 10^4 CFU/bottle. According to Guidance on Evaluating the Homogeneity and Stability of Samples Used for Proficiency Testing, 20 samples were selected randomly for uniformity test. The samples were stored at -20 and $4\text{ }^\circ\text{C}$ respectively to evaluate the storage stability, and at 25 and $37\text{ }^\circ\text{C}$ to evaluate the transport stability. According to GB 4789.40—2016, samples were distributed to participating laboratories with operation instruction, and then the feedback result were analyzed. **Results** The identified result of all the related strains were correct and consistent with expectations. The result of uniformity and stability tests met relevant requirements. All of the experiment result submitted by 25 laboratories within the required time were correct, and the satisfaction rate was 100%. **Conclusion** The samples of *Cronobacter* spp. *Enterobacter sakazakii* in milk powder proficiency test can meet the relevant requirements, and this proficiency test provides external quality control assessment result for the participating laboratories simultaneously.

Key words: *Cronobacter* spp. (*Enterobacter sakazakii*); sample preparation; ability verification and evaluation

克罗诺杆菌属(阪崎肠杆菌)是一种比较常见的寄生在动物肠道内的革兰氏阴性无芽孢杆菌,兼

性厌氧、有鞭毛、能运动^[1],曾一直被认为是黄色阴沟肠杆菌(*Enterobac tercloacae*),直到1980年才更名为“阪崎肠杆菌”。2008年,IVERSEN等提议将阪崎肠杆菌生物群划分为一个新属,即克罗诺杆菌属(*Cronobacter* spp.)^[2-3],属内包括阪崎克罗诺杆菌(*Cronobacter sakazakii*)等7个种和3个亚种^[4-5]。在GB 4789.40—2016《食品安全国家标准 食品微生物学检验 克罗诺杆菌属(阪崎肠杆菌)检验》^[6]中,明确了食品中克罗诺杆菌属的检验方法^[7]。阪崎肠

收稿日期:2021-11-04

基金项目:国家重点研发计划(2018YFC1603904)

作者简介:王亚萍 女 研究实习员 研究方向为食品安全检测

E-mail:yaya8530@sina.cn

通信作者:崔生辉 男 研究员 研究方向为食品安全检测

E-mail:cuishenghui@aliyun.com

杆菌主要导致新生儿脑膜炎、小肠结肠炎以及菌血症,并伴有严重的后遗症,严重者可导致神经系统后遗症或死亡,死亡率高达50.0以上^[8]。尽管目前该菌感染疾病的机制、毒力因子、生态学和流行病学等都不是很明显^[9],但近年来许多研究报道称婴儿配方奶粉是阪崎肠杆菌感染的主要传播媒介^[10],所以加强婴儿配方粉中的阪崎肠杆菌监测检验非常必要。

能力验证是实验室外部质量控制的有效措施之一,也是检测机构资质认定和实验室认可的必备要求,能力验证样品制备技术是体现能力验证提供者技术能力的关键指标。本研究旨在建立均匀性和稳定性均满足能力验证要求的克罗诺杆菌属(阪崎肠杆菌)样品制备方法,并依据CNAS-CL03-A001:2019《能力验证提供者认可准则在微生物领域的应用说明》^[11]、CNAS-GL003:2018《能力验证样品均匀性和稳定性评价指南》^[12]、CNAS-GL017:2018《标准物质/标准样品定值的一般原则和统计方法》^[13]、CNAS-GL002:2018《能力验证结果的统计处理和评价指南》^[14]对克罗诺杆菌属能力验证样品均匀性、储存稳定性和运输稳定性进行验证,以确保能力验证考核结果评价的客观性和准确性。

1 材料与方法

1.1 材料

目标菌株:克罗诺杆菌属 *Cronobacter*. spp. (CMCC45401)(中国医学细菌保藏管理中心);背景菌株:表皮葡萄球菌 *Staphylococcus epidermidis* (CMCC26609)(中国医学细菌保藏管理中心);肺炎克雷伯菌 *Klebsiella pneumoniae* (CICC10870)(中国工业微生物菌种保藏管理中心);大肠杆菌 *Escherichia coli* (ATCC25922)(美国菌种保藏中心);粪肠球菌 *Enterococcus faecalis* (ATCC29212)(美国菌种保藏中心);弗氏柠檬酸杆菌 *Citrobacter freundii* (ATCC43864)(美国菌种保藏中心)。

1.2 主要仪器与试剂

LL 1500 冷冻干燥机(美国 Thermo 公司);PL 2002 电子天平(中国梅特勒-托利多公司);Therm 01389 生物安全柜(美国 Thermo 公司);Incuell 恒温培养箱(德国 MMM 公司);Eddy Jet 全自动微生物螺旋加样系统(西班牙 IUL 公司);基质辅助激光解吸电离飞行时间质谱(Matrix-assisted laser desorption ionization time of flight mass spectrometry, MALDI-TOF MS)(德国布 Bruker 公司)。

蛋白胨水培养基、改良月桂基硫酸盐胰蛋白胨

肉汤培养基(Modified lauryl sulfate tryptose broth base, mLST)及阪崎肠杆菌显色培养基(Chromogenic *Enterobacter Sakazakii* agar, DFI)(北京陆桥生物技术有限公司),胰蛋白胨大豆琼脂培养基(Tryptic soy agar, TSA)(美国 BD 公司),以上培养基均在有效期内使用。2 mL 西林瓶(肖特药品包装浙江有限公司)。

1.3 方法

1.3.1 菌株活化及确认

挑取冻存于-80℃冰箱的目标菌株及背景菌株分别划线于TSA平板中,置于36±2℃的恒温培养箱中培养18-24h后,再划线于TSA平板,于36±2℃培养18-24h分离纯化。挑取单个菌落菌株使用VITEK COMPACT 2全自动微生物分析系统及MALDI-TOF MS鉴定确认菌株的种属。

1.3.2 能力验证样品制备

1.3.2.1 冻干前计数

将冻存于液氮中的菌液稀释后,用全自动微生物螺旋加样系统在TSA平板中涂布,(36±2)℃培养18-24h后,依据菌落计数器读出的菌数乘以稀释倍数,计数结果为冻干前活菌数目。

1.3.2.2 质控样的制备过程

在新鲜培养的二代菌悬液中加入N-0保护剂。对上述菌悬液进行稀释,加入到N-01冻干保护剂中,再以20μL/球的方式进行速冻,于冷冻干燥机中进行冷冻干燥,最终制成各种菌含量均为10⁴CFU的样品,将冻干后的样品放入2mL的西林瓶中,将胶塞虚掩盖在西林瓶上,再用冷冻干燥机进行真空压盖。其中目标菌株阳性样品中各个种属的菌含量均为10⁴CFU/瓶,阴性样品中各个背景菌的菌含量均为10⁴CFU/瓶。

1.3.2.3 冻干后计数

取冻干后的菌球溶于生理盐水中,稀释后涂布于TSA平板中,(36±2)℃培养18-24h后的菌数乘以稀释倍数,计数结果为冻干后活菌数目。

1.3.2.4 冻干存活率计算

冻干存活率 = 冻干后活菌数目/冻干前活菌数目。

1.3.2.5 基质

食品基质为市售乳粉,分装后置于60℃烤箱中烘烤72h,密封于铝箔袋中待用,基质添加目标检测物后制备成模拟食品样品。

1.3.3 样品检验

1.3.3.1 均匀性检验

随机抽取制备好的阳性样品、阴性样品各20瓶,在生物安全柜内将样品的西林瓶打开,取

900 mL 灭菌 BPW 增菌液加入到无菌均质袋中,并将西林瓶内小球加入到 BPW 增菌液中,充分溶解。然后再将与西林瓶相同编码的乳粉基质样品加入到上述 BPW 增菌液中,充分均质混匀。依据 GB 4789.40—2016《食品安全国家标准 食品微生物学检验 克罗诺杆菌属(阪崎肠杆菌)检验》第二法(计数)进行均一性检验。

1.3.3.2 运输稳定性检验

将制备好的样品于 25 ℃ 和 37 ℃ 下保存,分别在 0、1、3、5、7 d 时各抽取 3 个样品,参照均匀性检验方法计数,以评价能力验证样品的运输稳定性。

1.3.3.3 保藏稳定性检验

将制备好的样品于 4 ℃ 和 -20 ℃ 下保存,分别在 0、1、7、14、28、60 d 时,各抽取 3 个样品,参照均匀性检验方法计数,以评价能力验证样品的保藏稳定性。

1.3.4 能力验证考核样品准备及发放

为保证本项目的公平公正,编制随机数字表,依据随机数字表准备样品,每套考核样品均包含装有阳性样品、阴性样品的塑料盒, CODE 编号相匹配的乳粉基质及作业指导书,置于含有干冰的运输箱中密封,发放给报名参加本项目考核的实验室,本次发放阳性样品和阴性样品共 50 套。

1.3.5 参加者范围

全国 12 个省(市)、自治区共 25 家实验室报名参加本次能力验证计划,其中市场监督管理局系统实验室 22 家,疾控实验室 1 家,企业实验室 2 家。

1.3.6 结果评价原则

依据 CNAS—GL002:2018《能力验证结果的统计处理和评价指南》,本次能力验证考核的结论设为满意、不满意两类,如果参加考核机构在 10 个工作日内上报结果且 2 件考核样品克罗诺杆菌属(阪崎肠杆菌)分离、生化鉴定结果均正确,判定为“满意”。如出现以下任意一种情况:参加考核机构上报结果超过 10 个工作日;2 件考核样品中,任何 1 件样品克罗诺杆菌属(阪崎肠杆菌)分离、生化鉴定结果错误及任意一个考核样品发生交叉污染,均判定为“不满意”。

2 结果

2.1 菌株确认结果

目标菌株及背景菌株经 VITEK COMPACT 2 和 MALDI-TOF MS 鉴定结果均与预期结果一致,可用于制备能力验证样品。

2.2 能力验证样品制备结果

运用冷冻干燥法制备出符合 CNAS—GL003:

2018《能力验证样品均匀性和稳定性评价指南》要求的阳性样品及阴性样品各 300 份,其中阳性样本中细菌包括:克罗诺杆菌属(阪崎肠杆菌)、弗氏柠檬酸杆菌、粪肠球菌、表皮葡萄球菌、大肠杆菌和肺炎克雷伯菌,目标菌克罗诺杆菌属(阪崎肠杆菌)含量为 10^4 CFU/瓶、各个背景菌的含量为 10^4 CFU/瓶;阴性样本中细菌包括:弗氏柠檬酸杆菌、粪肠球菌、表皮葡萄球菌、大肠杆菌和肺炎克雷伯菌,各个菌株的含量为 10^4 CFU/瓶。

2.3 样品均匀性、运输稳定性及保藏稳定性检验结果

2.3.1 样品均匀性结果

经检验随机抽取的 20 份阳性样品的最大可能数(Most Probable Number, MPN)值均大于 11 000(表 1),满足 10^4 CFU/瓶的要求,而 20 份阴性样品中只含有背景菌,均未检出克罗诺杆菌属(阪崎肠杆菌),均匀性检验结果与预期的目标一致,符合能力验证样品的均匀性要求。

表 1 样品均匀性检验结果

Table 1 Sample uniformity test results

样品种类	MPN 值
阳性样品	>11 000
阴性样品	<0.3

2.3.2 样品运输稳定性检验

根据检验结果(表 2)可知,克罗诺杆菌属(阪崎肠杆菌)在 25 ℃ 和 37 ℃ 下存放 0、1、3、5、7 d 后,阳性样品的 MPN 值均大于 11 000,满足 10^4 CFU/瓶的要求,阴性样品中只含有背景菌,均未检出克罗诺杆菌属(阪崎肠杆菌),与预期目标一致,综上,该能力验证样品在正常环境条件,即非极端环境中相对稳定。

表 2 阳性样品运输稳定性检测结果

Table 2 Transport stability test results of positive samples

保藏时间/d	温度/℃	(克罗诺杆菌属 >11 000 CFU/瓶)
		数目/检测样品数目
0	25、30	3/3
1	25、30	3/3
3	25、30	3/3
5	25、30	3/3
7	25、30	3/3

2.3.3 样品保藏稳定性检验

能力验证样品罗诺杆菌属(阪崎肠杆菌)60 d 的保藏稳定性检测结果如表 3 所示,克罗诺杆菌属(阪崎肠杆菌)在 4 ℃ 和 -20 ℃ 下存放 0、1、7、14、28、60 d 后,阳性样品的 MPN 值均大于 11 000,满足 10^4 CFU/瓶的要求,阴性样品中只含有背景菌,均未检出克罗诺杆菌属(阪崎肠杆菌),与预期目标一致,且对样品在 -20 ℃ 下存放 3 年后再次检验稳定

性,阳性样品依然满足 10^4 CFU/瓶的要求,综上,该样品短期在 $4\text{ }^{\circ}\text{C}$ 储存,长期在 $-20\text{ }^{\circ}\text{C}$ 储存均相对稳定。

表3 阳性样品保藏稳定性检测结果

Table 3 Storage stability test results of positive sample

保藏时间/d	温度/ $^{\circ}\text{C}$	(克罗诺杆菌属 $>11\ 000$ CFU/瓶) 数目/检测样品数目
0	4, -20	3/3
1	4, -20	3/3
7	4, -20	3/3
14	4, -20	3/3
60	4, -20	3/3
365	4, -20	3/3
730	4, -20	3/3
1 195	4, -20	3/3

2.4 能力验证考核结果

2021年,参加乳粉中克罗诺杆菌属(阪崎肠杆菌)能力验证的实验室省份分布及数量见图1。其中,参加考核的实验室分布于全国12个省(市),约占全国34个省级行政区的35%,由图1可知,参加本次实验室能力验证项目的实验室数目较少,涉及的省份也相对偏少。

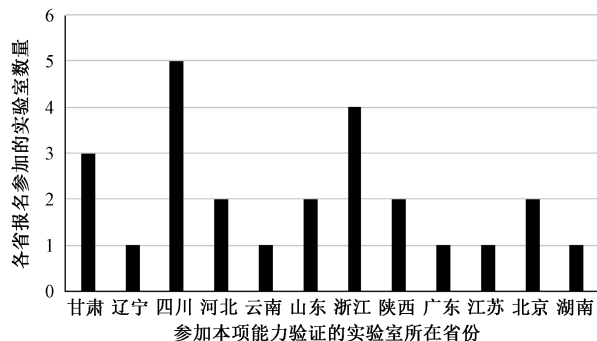


图1 参加本次能力验证项目的实验室城市分布情况

Figure 1 Distribution of laboratory cities participating in this competency verification project

参加考核的实验室类型有市场监督管理局系统实验室、疾控和企业实验室三类,具体分布见图2,由图可知,参加本次考核的实验室以市场监督管理局系统实验室为主,疾控和企业实验室的数目较少。

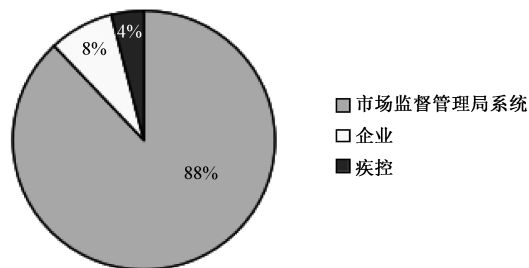


图2 参加本次能力验证项目的实验室类型分布情况

Figure 2 Distribution of laboratory types participating in this competency verification project

本次参加乳粉中克罗诺杆菌属(阪崎肠杆菌)检测机构共25家,结果全部满意,满意率为100%(25/25),而该项目2018年度的满意率为97.1%(33/34),2019年度的满意率为94.7%(18/19),2020年度的满意率为100%(25/25),对比近4年乳粉中克罗诺杆菌属(阪崎肠杆菌)检验项目的考核满意度结果可见各实验室对乳粉中克罗诺杆菌属(阪崎肠杆菌)的检验水平有所提高。

3 讨论

能力验证提供者是对能力验证计划建立和运作中所有任务承担责任的组织。对能力验证提供者而言,在整个能力验证计划实施的过程中,能力验证样品的制备是计划的重点和难点。为保证能力验证计划结果的准确性,计划所提供测试样品的均匀、稳定是利用实验室间比对进行能力验证的基础和关键。只有保证测试样品的均匀、稳定,才能客观反映出检验机构的真实检测能力。

本研究在冷冻干燥技术保存微生物研究的基础上,探索并建立了冷冻干燥技术制备微生物能力验证样品的工艺,针对阪崎肠杆菌的最佳生长条件筛选出了适合能力验证样品的适宜细菌浓度及冷冻干燥的条件。通过对乳粉中克罗诺杆菌属检测能力验证样品的制备及后续均匀性、储藏稳定性和运输稳定性的检验,证实了样品的可靠性。目前国内的能力验证样品多使用直接冻干法以冻干粉的单一形式存在^[15],而本研究采用冷冻干燥技术,且制备的能力验证样品为冻干球,有使用方便、适用范围广、保藏期长、存活率高且在保藏期可避免其他杂菌污染、便于携带运输的优点^[16],用于阪崎肠杆菌能力验证考核的同时,可为其他种类微生物能力验证样品的制备提供一定的思路。

参考文献

- [1] 曲春波. 婴儿奶粉中阪崎肠杆菌的检测[J]. 农产品加工(学刊), 2013, (7): 64-66.
- [2] WHO [World Health Organization]. *Enterobacter sakazakii* (*Cronobacter* spp.) in powdered follow-up formulae: meeting [C]. Geneva, *Enterobacter sakazakii* (*Cronobacter* spp.) in powdered follow-up formula, 2008.
- [3] 赵贵明, 袁飞, 杨海荣, 等. 阪崎肠杆菌的分类变化及新种属生物学特性[J]. 卫生研究, 2010, 39(2): 248-250.
- [4] 董晓晖, 李程思, 吴清平, 等. 食品污染克罗诺杆菌(阪崎肠杆菌)的分离及鉴定[J]. 微生物学报, 2013, 53(5): 429-436.
- [5] 田雪, 王娉, 陈颖, 等. 克罗诺杆菌(阪崎肠杆菌)分子分型技术研究进展[J]. 卫生研究, 2014, 43(5): 862-866.
- [6] 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 克罗诺杆菌属: GB

- 4789.40—2016[S]. 北京: 中国标准出版社, 2017.
- [7] 骆海朋, 瞿洪仁, 申静云, 等. 阪崎克罗诺杆菌标准物质研制[J]. 食品安全质量检测学报, 2019, 10(1): 54-59.
- [8] HIMELRIGHT I, HARRIS E, LORCH V, et al. *Enterobacter sakazakii* infections associated with the use of powdered infant Formula-Tennessee, 2001 (Reprinted from MMWR, vol 51, pg 297-300, 2002) [J]. JAMA The Journal of the American Medical Association, 2002, 287(17): 2204-2205.
- [9] IVERSEN C, FORSYTHE S. Risk profile of *Enterobacter sakazakii*, an emergent pathogen associated with infant milk formula [J]. Trends in Food Science & Technology, 2003, 14 (11): 443-454.
- [10] VAN ACKER J, DE SMET F, MUYLDERMANS G, et al. Outbreak of necrotizing enterocolitis associated with *Enterobacter sakazakii* in powdered milk formula [J]. Journal of Clinical Microbiology, 2001, 39 (1): 293-297.
- [11] 中国合格评定国家认可委员会. CNAS CL03 A001: 2019 能力验证提供者认可准则在微生物领域的应用说明[S]. 2019.
- [12] 中国合格评定国家认可委员会. CNAS GL003: 2018 能力验证样品均匀性和稳定性评价指南[S]. 2018.
- [13] 中国合格评定国家认可委员会. CNAS GL017: 2018 标准物质/标准样品定值的一般原则和统计方法[S]. 2018.
- [14] 中国合格评定国家认可委员会. CNAS GL002: 2018 能力验证结果的统计处理和评价指南[S]. 2018.
- [15] 王娜, 钱和. 阪崎肠杆菌能力验证样品均匀性和稳定性的研究[J]. 中国微生物学杂志, 2010, 22(7): 606-608.
- [16] 陈彬, 郑晶, 黄晓蓉, 等. 乳粉中阪崎肠杆菌标准物质的研制[J]. 中国乳品工业, 2012, 40(12): 16-18.

实验技术与方法

食品检测用肠道侵袭性大肠埃希氏菌标准物质的研制

赵琳娜, 王学硕, 刘娜, 崔生辉, 路勇

(中国食品药品检定研究院, 北京 100050)

摘要:目的 为满足肠道侵袭性大肠埃希氏菌(EIEC)准确检测的实验室质量控制和能力验证需求,研制具有我国自主知识产权、稳定性良好且具有清晰基因组信息背景的即用型EIEC标准物质。方法 利用二代高通量测序技术对EIEC(CMCC 44840)进行全基因组测序,明确CMCC 44840的种属、血清型、多位点序列分型(MLST)和毒力基因;采用冷冻干燥技术制备活菌含量为 10^3 CFU的EIEC冻干样品;参照CNAS-GL017-2018进行均匀性检验,并采用单因素方差分析对结果进行统计分析;将样品分别于 $-20\text{ }^\circ\text{C}$ 、 $4\text{ }^\circ\text{C}$ 、 $25\text{ }^\circ\text{C}$ 和 $37\text{ }^\circ\text{C}$ 条件下保藏,对其储藏稳定性和运输性进行评价;利用5种食品基质样本进行标准物质的使用效果验证,同时组织3家实验室进行协同标定。结果 CMCC 44840基因组大小为4.96 Mb,GC含量为50.7%,编码基因5424个,种属鉴定结果为大肠埃希氏菌,血清预测结果为O28ac:H7,MLST为ST311型,携带 $ipaH$ 、 $virB$ 、 $virF$ 等毒力基因;制备的EIEC冻干样品均匀性检验结果 $F=1.79$,符合标准物质均匀性要求;冻干样品在 $25\text{ }^\circ\text{C}$ 和 $4\text{ }^\circ\text{C}$ 下保藏7 d, $-20\text{ }^\circ\text{C}$ 和 $4\text{ }^\circ\text{C}$ 下保藏60 d,菌含量均保持在 10^3 CFU水平,在 $37\text{ }^\circ\text{C}$ 下第3 d菌含量出现下降,低于 10^3 CFU水平;添加EIEC冻干样品的20件不同食品基质样品经增菌后均检出EIEC;3家协同标定实验室测定EIEC冻干样品菌含量均为 10^3 CFU,且实验室内无显著性差异($F=0.59$)。结论 本研究所制备的EIEC标准物质所用菌株具有清晰的基因组序列信息,均匀性和稳定性均符合要求,适用性良好,能够满足食品检测实验室的质量控制和能力验证的需求。

关键词:致泻大肠埃希氏菌;肠道侵袭性大肠埃希氏菌;基因组DNA;标准物质;全基因组测序;毒力基因

中图分类号:R155 **文献标识码:**A **文章编号:**1004-8456(2021)06-0807-08

DOI:10.13590/j.cjfh.2021.06.029

Preparation of enteroinvasive *Escherichia coli* reference materials for food analysis

ZHAO Linna, WANG Xueshuo, LIU Na, CUI Shenghui, LU Yong

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

Abstract: Objective To satisfy the demands of laboratory quality control and proficiency testing for the detection of

收稿日期:2021-09-30

基金项目:科技部“食品安全关键技术研发”重点专项项目(2018YFC1604303)

作者简介:赵琳娜 女 高级工程师 研究方向为食品微生物 E-mail: jade_zhao@126.com

通信作者:崔生辉 研究员 研究方向为食品微生物 E-mail: cuishenghui@aliyun.com

路勇 教授级高级工程师 研究方向为食品安全 E-mail: luyong0560@126.com