

灭菌乳中嗜热脂肪芽孢杆菌商业无菌的最低可视浓度的测定

胡凤月[#], 周燕霞[#], 巩有博, 杨亚芳, 郭 淼, 王青龙, 张跃川, 杨文炼, 蔡雪凤^{*}

[北京市食品安全监控和风险评估中心(北京市食品检验所), 国家食品质量安全检验监督中心, 北京 100094]

摘 要: **目的** 测定灭菌乳中嗜热脂肪芽孢杆菌的商业无菌最低可视浓度。**方法** 随机购买 3 种不同品牌的灭菌乳, 分别添加 10^5 、 10^4 、 10^3 、 10^2 、 10^1 、 10^0 CFU/mL 浓度的嗜热脂肪芽孢杆菌制成模拟样品, 分别对培养 4、7、9、10 d 的样品按照 GB 4789.26-2013《食品安全国家标准 食品微生物学检验 商业无菌检验》的检验方法检测。**结果** 培养 7 d 和 10 d 后的 3 种品牌模拟样品从编号(X-1)-(X-5)(X 代表表 1 中样品信息编号)均可在视野范围内观察到嗜热脂肪芽孢杆菌, 同时镜检发现培养 10 d 后样品中的嗜热脂肪芽孢杆菌并无百倍或百倍以上增殖也无菌落形成芽孢。对培养 10 d 后的模拟样品进行菌落计数验证以上结论。**结论** 灭菌乳中嗜热脂肪芽孢杆菌商业无菌最低可视浓度为 10^1 CFU/mL。灭菌乳中嗜热脂肪芽孢杆菌在培养 10 d 后无明显增殖, 也无菌落进入休眠状态。表明灭菌乳中污染嗜热脂肪芽孢杆菌符合商业无菌相对无菌标准。

关键词: 灭菌乳; 嗜热脂肪芽孢杆菌; 商业无菌; 检出限; 漏检

Determination of the lowest visible concentration of commercial sterility of *Geobacillus stearothermophilus* in sterilized milk

HU Feng-Yue[#], ZHOU Yan-Xia[#], GONG You-Bo, YANG Ya-Fang, GUO Miao, WANG Qing-Long, ZHANG Yue-Chuan, YANG Wen-Lian, CAI Xue-Feng^{*}

[Beijing Food Safety Monitoring and Risk Assessment Center (Beijing Food Inspection Institute), National Food Quality and Safety Inspection and Supervision Center, Beijing 100094, China]

ABSTRACT: Objective To determine the lowest visible concentration of commercial sterility of *Geobacillus stearothermophilus* in sterilized milk. **Methods** Three different brands of sterilized milk were randomly purchased, after adding 10^5 , 10^4 , 10^3 , 10^2 , 10^1 , 10^0 CFU/mL concentration *Geobacillus stearothermophilus* to make a simulated sample, the samples cultured for 4, 7, 9, and 10 d were tested according to the inspection method of GB 4789.26-2013 National food safety standard-Food microbiological inspection-Commercial sterility inspection. **Results** After 7 d and 10 d of cultivation, the 3 brand simulation samples from number (X-1) to (X-5) (X represents the sample information number in Table 1) could all be observed in the field of view of *Geobacillus stearothermophilus*, at the same time, it was found that the *Geobacillus stearothermophilus* in the sample after 10 days of culture did not multiply a hundred times or more, and did not produce spores. Colony counts were performed on the simulated

[#]胡凤月、周燕霞为共同第一作者。

[#]HU Feng-Yue and ZHOU Yan-Xia are co-first authors.

^{*}通讯作者: 蔡雪凤, 硕士, 高级工程师, 主要研究方向为食品微生物学检测。E-mail: shengwushi2017@126.com

^{*}Corresponding author: CAI Xue-Feng, Master, Senior Engineer, Beijing Food Safety Monitoring and Risk Assessment Center (Beijing Food Inspection Institute), No. 17, Fengde East Road, Yongfeng Industrial Base, Haidian District, Beijing 100094, China. E-mail: shengwushi2017@126.com

samples after 10 days of culture to verify the above conclusions. **Conclusion** The lowest commercial sterile concentration of *Geobacillus stearothermophilus* in sterilized milk is 10^1 CFU/mL. *Geobacillus stearothermophilus* in the sterilized milk do not proliferate significantly after 10 days of culture, and no colony enters a dormant state. It shows that the contaminated *Geobacillus stearothermophilus* in the sterilized milk meets the commercial sterility relative sterility standard.

KEY WORDS: sterilized milk; *Geobacillus stearothermophilus*; commercial sterility; limit of detection; missed detection

1 引言

随着人民生活水平的日益提高,大家更注重食品的质量和品质^[1],灭菌乳相比巴氏灭菌乳具有保质期长、可常温保存、维生素损失程度小、携带方便等优势,在乳制品的消费中占有很大比例^[2-4]。

目前乳品的安全得到广大人民的高度重视,为解决乳品标准的不科学问题,国家相关部门在 2010 年 3 月颁布 66 项新乳品安全国家标准,形成统一的乳品安全国家标准体系^[5,6]。微生物检测是乳品安全的重要指标。而原料乳中存在大量的微生物,即使灭菌乳可以杀死大部分微生物,但仍然可能会残留一部分耐热菌,尤其是芽孢杆菌的残留^[7],都会不同程度的影响乳制品的质量和品相^[1,7-10]。其中嗜热脂肪芽孢杆菌、枯草芽孢杆菌、蜡样芽孢杆菌是灭菌乳中最难杀死的微生物,其作为生物指示菌在压力蒸汽灭菌、食品高温灭菌效果中得到广泛应用^[11-14]。

目前灭菌乳的微生物检验按照国家标准 GB 4789.26-2013《食品安全国家标准 食品微生物学检验 商业无菌检验》执行^[15],标准中目前没有规定芽孢杆菌的最低可视浓度。本研究选用耐热性最强,灭菌乳最容易残留的嗜热脂肪芽孢杆菌作为研究对象,对灭菌乳中嗜热脂肪芽孢杆菌最低可视浓度进行研究,防止在检验过程中对灭菌乳品质有影响的芽孢杆菌出现漏检,检验灭菌乳在商业无菌检测中是否对芽孢杆菌有漏检现象。

2 材料与方法

2.1 材料

2.1.1 样品来源

超高温灭菌乳:北京市某大型超市,样品信息见表

1,并符合 GB 25190-2010《食品安全国家标准 灭菌乳》标准^[16]。

2.1.2 菌株

ATCC 7953 嗜热脂肪芽孢杆菌 (*Geobacillus stearothermophilus*): 蒸汽灭菌生物指示剂中分离纯化得到。

2.1.3 主要试剂

营养琼脂平板, 9 mL 生理盐水(北京陆桥技术有限公司); 革兰氏染色试剂盒(Gram Stain Kit)[美国 BD(Becton, Dickinson and Company)公司]; 蒸汽灭菌指示胶带[美国 3M (Minnesota Mining and Manufacturing)公司]。

2.1.4 主要仪器

Vitek Colorimeter 比浊仪(法国 Bio Merieux 公司); 5 mL 一次性使用无菌注射器(美国 BD 公司); ME 2002 精密电子天平、S400 pH 计(瑞士 METTLER TOLEDO 公司); BX51 电子显微镜(日本 Olympus Corporation 公司); KB 240 恒温培养箱(德国 Memmert 公司); 1300 SERIES A2 生物安全柜(美国 Thermo Fisher 公司)。

2.2 实验方法

2.2.1 嗜热脂肪芽孢杆菌菌落计数

分离纯化得到的嗜热脂肪芽孢杆菌利用比浊仪调节菌浓度在 1.0 ± 0.05 麦氏浊度之间,然后 10 倍梯度稀释至 10^{-6} ,选取 10^{-4} 、 10^{-5} 、 10^{-6} 3 个连续稀释梯度,分别吸取 0.1 mL 至营养琼脂平板涂布,双平行,放(57 ± 0.5) °C 培养箱培养 48 h 后计数。

2.2.2 样品无菌检验

分别选取编号 1、2、3 3 种纯牛奶按照 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》从原液开始选取连续的 3 个稀释梯度进行菌落总数测定^[17]。

表 1 样品信息表
Table 1 Sample information

编号	名称	品牌	产品类型	规格/mL	生产日期	保质期/月
1	纯牛奶	三元	全脂灭菌乳	250	2020.5.2	6
2	纯牛奶	伊利	全脂灭菌乳	250	2020.3.1	6
3	纯牛奶	蒙牛	全脂灭菌乳	250	2020.4.16	6

2.2.3 样品称量

按照国家标准 GB 4789.26-2013《食品安全国家标准 食品微生物学检验 商业无菌检验》中 6.2 要求对 3 种牛奶各 21 盒进行称重, 并记录^[15]。

2.2.4 添加嗜热脂肪芽孢杆菌制备模拟样品

从规格 250 mL 的不同品牌牛乳中分别吸取 (2.5±0.5) mL 牛乳弃掉, 然后分别从 10 倍梯度稀释的嗜热脂肪芽孢杆菌的菌悬液中吸取 (2.5±0.5) mL 注射回牛乳中以达到 10⁵、10⁴、10³、10²、10¹、10⁰ CFU/mL 的菌浓度, 然后无菌封装完整, 每种样品每个梯度 3 个平行, 并设置空白对照。按照国家标准 GB 4789.26-2013《食品安全国家标准 食品微生物学检验 商业无菌检验》中 6.3 要求, 其中 2 个平行放 (36±1) °C 培养箱保温, 对照放 (2~5) °C 冷藏^[15]。此模拟样品及其所达到的菌浓度编号见表 2。

表 2 样品编号及添加菌浓度信息
Table 2 Sample number and added bacteria concentration information

编号	品牌	编号	品牌	编号	品牌	菌浓度 /(CFU/mL)
1-1	三元	2-1	伊利	3-1	蒙牛	10 ⁵
1-2	三元	2-2	伊利	3-2	蒙牛	10 ⁴
1-3	三元	2-3	伊利	3-3	蒙牛	10 ³
1-4	三元	2-4	伊利	3-4	蒙牛	10 ²
1-5	三元	2-5	伊利	3-5	蒙牛	10 ¹
1-6	三元	2-6	伊利	3-6	蒙牛	10 ⁰
1-7	三元	2-7	伊利	3-7	蒙牛	空白

2.2.5 感官检查

按照 GB 4789.26-2013《食品安全国家标准 食品微生物学检验 商业无菌检验》6.1 对培养中的模拟样品每天进行外观包装查看, 检查是否有胀包漏液等情况, 如有此情况及时检验^[15]。

2.2.6 培养过程中重量测定

分别对培养 4、7、9 和 10 d 的模拟样品按照 GB 4789.26-2013《食品安全国家标准 食品微生物学检验 商业无菌检验》6.2 进行称重, 并记录^[15]。

2.2.7 培养过程中 pH 测定

将称量后的样本无菌取样 (5±0.5) mL 于无菌试管中按照 GB 4789.26-2013《食品安全国家标准 食品微生物

学检验 商业无菌检验》6.7 进行 pH 值的检测。每组样品平行测 2 次记录 pH 值, 精确到 pH 值 0.05 单位^[15]。

2.2.8 涂片镜检

分别对培养 7、10 d 的模拟样品按照 GB 4789.26-2013《食品安全国家标准 食品微生物学检验 商业无菌检验》6.8 进行镜检, 显微镜下观察, 至少观察 5 个视野, 对于嗜热脂肪芽孢杆菌较低浓度的样品进行多视野甚至全视野观察。记录每个视野内的菌落形态, 并估算出每一视野内的菌落总数^[15]。

2.2.9 模拟样品培养 10 d 后嗜热脂肪芽孢杆菌计数

对培养 10 d 后的模拟样品进行涂布计数, 选择 2~3 个适宜稀释梯度, 吸取 0.1 mL 至营养琼脂平板涂布, 双平行, 放 57 °C 培养箱培养 48 h 后计数。

3 结果与分析

3.1 嗜热芽孢杆菌菌落计数

对自蒸汽灭菌生物指示剂中分离得到嗜热脂肪芽孢杆菌 ATCC 7953 进行分离纯化和涂布计数, 菌株纯度达标, 计数结果为 1.5×10⁷ CFU/mL。

3.2 模拟样品 pH 测定及称重结果

对培养 4、7、9 和 10 d 的模拟样品重量还原情况及 pH 情况进行统计, 并利用 GraphPad Prism 5 对结果进行分析^[18], 结果见图 1。其中 A、B、C 分别代表三元、伊利和蒙牛 3 个品牌的模拟样品的重量分析结果, 将每次取出测量 pH 值的样品量按初始重量进行复原, 与 2.2.3 的重量进行重量差值分析, 3 种模拟样品的 7 个菌浓度的样品重量差绝对值均 < 0.5, 在误差范围之内, 说明在操作过程中符合商业无菌要求 (其中伊利 2-3 在其中一次 pH 测定中取样量误差为 0.6, 超出操作误差范围, 但仍符合商业无菌要求)。

其中 D、E、F 分别代表 3 种品牌灭菌乳的 7 个菌浓度模拟样品与冷藏对照样品 pH=6.65 测定情况的比较情况, pH 值变化差异均在 ±0.2 范围内, 绝对值 < 0.5, 无显著差异, 结果显示模拟样品中无大量的微生物繁殖。

3.3 模拟样品镜检结果

对 3 种品牌的 7 个菌浓度的模拟样品在培养 7 d 和 10 d 后进行的镜检观察结果见图 2, 3 种品牌模拟样品从编号 (X-1)-(X-5) (X 代表表 1 中样品信息编号) 均可以在视野范围内观察到嗜热脂肪芽孢杆菌, 而且镜检中并未发现其他杂菌, 说明样品没有污染其他杂菌, 同时培养 10 d 后在镜检视野范围内并未发现嗜热脂肪芽孢杆菌菌量呈百倍或百倍以上增殖, 同时也没有观察到菌落形成芽孢。

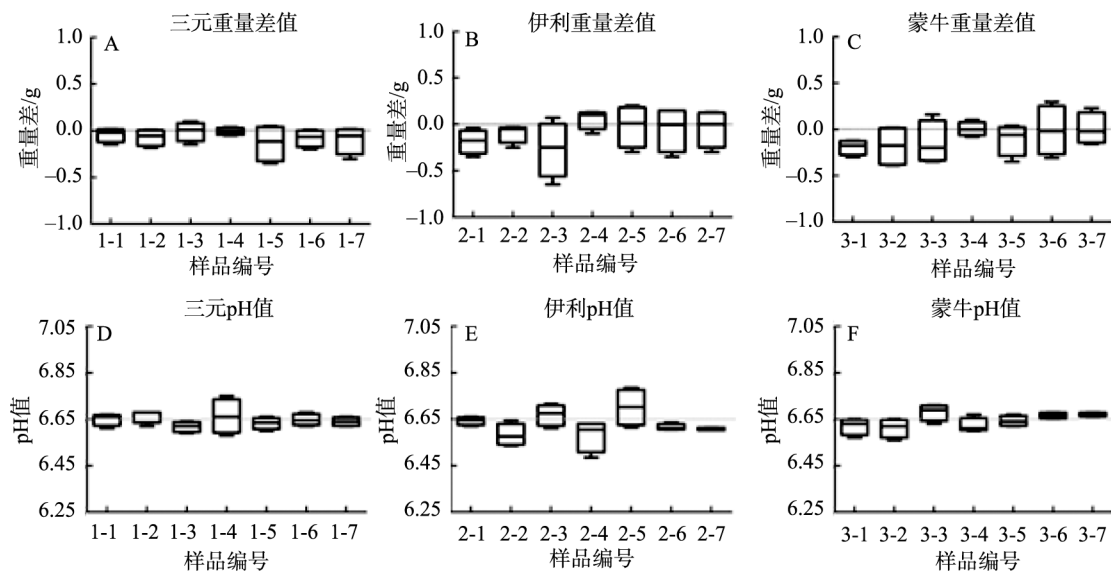


图 1 模拟样品重量差及 pH 值分析结果
Fig.1 Simulated sample weight difference and pH analysis results

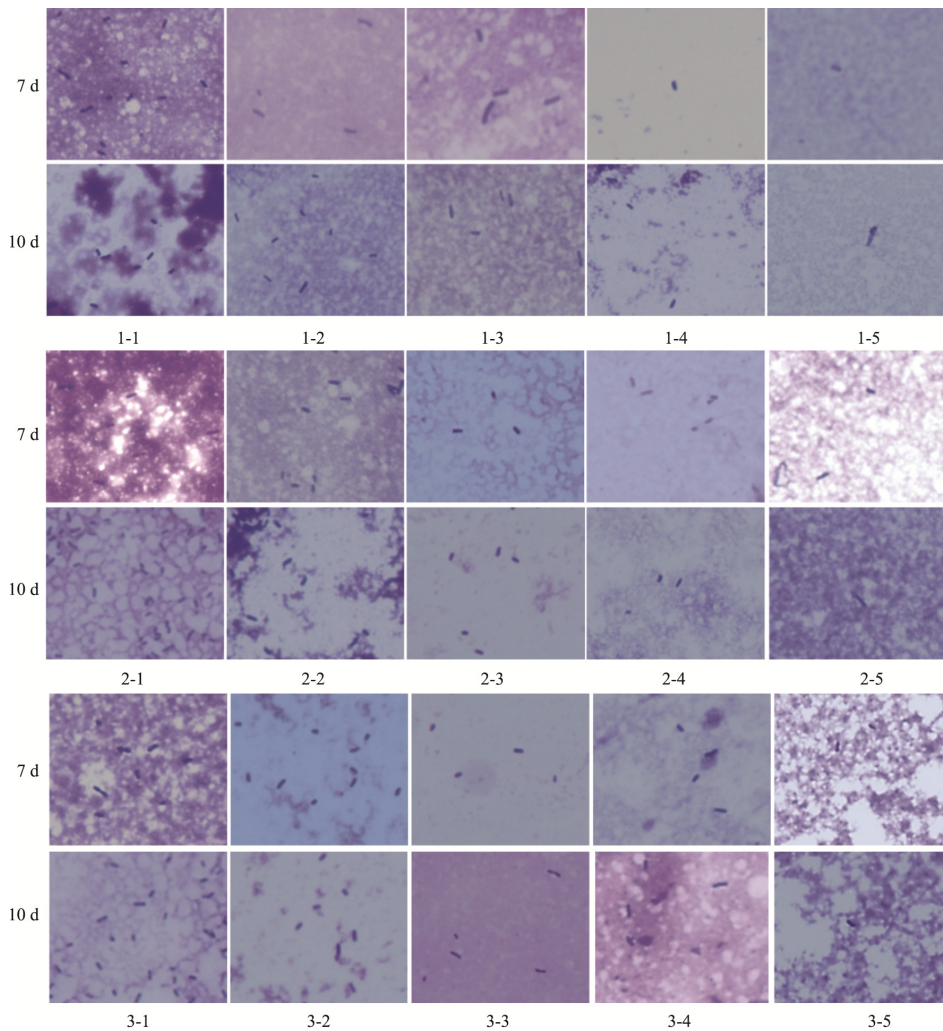


图 2 模拟样品 100×油镜镜检结果
Fig.2 100×oil lens microscopic inspection results of simulated samples

3.4 模拟样品培养 10 d 嗜热脂肪芽孢杆菌计数结果

培养 10 d 后的模拟样品计数结果见表 3, 培养 10 d 后模拟样品中嗜热脂肪芽孢杆菌浓度与初始添加的菌浓度一致, 验证 3.3 猜想结果: 嗜热脂肪芽孢杆菌没有进行百倍或百倍以上增殖, 模拟样品培养 10 d 后菌浓度未发生改变。

4 结论与讨论

本研究对随机采购的 3 种品牌牛奶添加 7 个不同浓度的嗜热脂肪芽孢杆菌制成模拟样品, 对模拟样品按照 GB 4789.26-2013《食品安全国家标准 食品微生物学检验 商业无菌检验》的检验方法检测灭菌乳中嗜热脂肪芽孢杆菌的最低可视浓度。通过对培养 4、7、9、10 d 的感官检测、重量和 pH 值分析发现操作符合商业无菌的要求, 并且通过 pH 值的无显著差异结果判断 3 种品牌牛奶的 7 个模拟浓度均无大量微生物繁殖; 最后通过对 3 种品牌牛奶的 7 个不同浓度的不同培养时间的镜检结果发现, 3 种品牌牛奶的模拟样品从编号(X-1)-(X-5)(X 代表表 1 中样品信息编号)均可以在视野范围内观察到嗜热脂肪芽孢杆菌, 同时发现培养 10 d 后样品中的嗜热脂肪芽孢杆菌并无明显的增殖也无菌落进入休眠状态。对培养 10 d 后的模拟样品进行

嗜热脂肪芽孢杆菌菌落计数验证以上结论, 同时表明嗜热脂肪芽孢杆菌可以达到商业无菌相对无菌的标准。

通过以上结果分析灭菌乳中嗜热脂肪芽孢杆菌最低可视添加菌浓度为 10^1 CFU/mL, 并且在镜检最初添加菌浓度为 10^1 CFU/mL 时, 需要进行多视野甚至全视野观察, 防止观察视野范围少出现漏检。

商业无菌并不能达到完全无菌, 而是一种相对无菌状态^[19,20], 虽然目前的检测结果表明嗜热脂肪芽孢杆菌可以达到商业无菌的标准, 但食品中残留的微生物可能会产生带苦味的氨基酸残基和短肽, 同时还会代谢产生脂肪酶分解脂肪而产生脂肪氧化味而影响灭菌乳的口感和质感^[7], 所以灭菌乳中微生物的检出限是评价灭菌乳质量的重要指标。

从实验过程及结果来看模拟样品在操作中并未有其他杂菌污染, 所以没有杂菌对嗜热脂肪芽孢杆菌的增殖产生抑制作用的影响, 同时结果显示嗜热脂肪芽孢杆菌并未发生增殖, 其原因可能是培养温度偏低并未达到其生长温度。在以后的商业无菌培养中可以增加不同温度的培养物以提高检出率, 同时在镜检结果中发现牛奶脱洗不干净会影响菌落形态及数目的观察, 考虑到纯牛奶浓度, 可以在染色过程中优化染色步骤来提高检出率。

表 3 模拟样品中嗜热脂肪芽孢杆菌培养 10 d 增殖情况
Table 3 Proliferation of *Bacillus stearothermophilus* in simulated samples for 10 days

编号	初始添加菌浓度 (CFU/mL)	培养 10 d 后菌浓度 (CFU/mL)	编号	初始添加菌浓度 (CFU/mL)	培养 10d 后菌浓度 (CFU/mL)	编号	初始添加菌浓度 (CFU/mL)	培养 10 d 后菌浓度 (CFU/mL)
1-1	10^5	1.1×10^5	2-1	10^5	3.2×10^5	3-1	10^5	5.1×10^5
1-2	10^4	3.1×10^4	2-2	10^4	2.6×10^4	3-2	10^4	2.2×10^4
1-3	10^3	1.4×10^3	2-3	10^3	1.3×10^3	3-3	10^3	1.1×10^3
1-4	10^2	2.5×10^2	2-4	10^2	3.5×10^2	3-4	10^2	2.5×10^2
1-5	10^1	1.7×10^1	2-5	10^1	2.2×10^1	3-5	10^1	1.4×10^1
1-6	10^0	6	2-6	10^0	2	3-6	10^0	7
1-7	空白	0	2-7	空白	0	3-7	空白	0

参考文献

- 王建, 罗红霞, 黄彦芳. 耐热菌对牛乳的危害及其控制现状[J]. 食品工业科技, 2011, (9): 458-460.
Wang J, Luo HX, Huang YF. The damage of thermophilic bacteria to milk and methods of prevention [J]. Sci Technol Food Ind, 2011, (9): 458-460.
- 杨怀谷, 郑楠, 王加启. 巴氏杀菌乳和超高温灭菌乳营养价值及卫生安全对比研究[J]. 中国乳业, 2016, (7): 62-67.
Yang HG, Zheng N, Wang JQ. Comparative study on the nutritional value and hygiene safety of pasteurized milk and ultra-high temperature sterilized milk [J]. China Dairy, 2016, (7): 62-67.
- 李颖. 如何选择奶制品[J]. 中国质量万里行, 2019, (7): 90-91.
Li Y. How to choose milk drinks [J]. China Qual Travel, 2019, (7): 90-91.
- 赵泽民, 杨学博, 石芳芳, 等. 超高温灭菌乳产品常见的质量问题分析[J]. 中国乳业, 2010, (5): 54-55.
Zhao ZM, Yang XB, Shi FF, et al. Analysis of common quality problems in UHT milk products [J]. China Dairy, 2010, (5): 54-55.
- 中华人民共和国卫生部. 卫生部公布《生乳》等 66 项新乳品安全国家标准 [EB/OL]. (2010-04-22) [2017-05-22]. http://www.gov.cn/gzdt/2010-04/22/content_1589981.htm.
The Ministry of Health of the People's Republic of China. The ministry of health announced 66 new national dairy safety standards including Raw milk [EB/OL]. (2010-04-22) [2017-05-22]. http://www.gov.cn/gzdt/2010-04/22/content_1589981.htm.

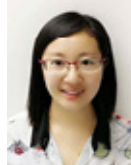
- [6] 刘忠卫, 焦艳玲, 李艳, 等. 食品安全国家标准《婴儿配方食品》和《灭菌乳》跟踪评价[J]. 中国公共卫生管理, 2017, (5): 627-630.
Liu ZW, Jiao YL, Li Y, *et al.* Implementation of national food safety standard of *Infant formula* and *Sterilized milk* [J]. *Chin J Public Health Manag*, 2017, (5): 627-630.
- [7] 张献辉, 岳田利. 超高温灭菌乳的质量问题与控制措施研究[J]. 中小企业管理与科技, 2016, (13): 96-97.
Zhang XH, Yue TL. Research on quality problems and control measures of UHT milk [J]. *Manag Technol Sme*, 2016, (13): 96-97.
- [8] 李钧, 仪淑敏, 李远钊, 等. 高温杀菌产品蜡样芽孢杆菌的污染现状与控制措施[J]. 中国食物与营养, 2007, (8): 27-29.
Li J, Yi SM, Li YZ, *et al.* Contamination status and control measures of high-temperature sterilization product *Bacillus cereus* [J]. *Food Nutr China*, 2007, (8): 27-29.
- [9] 孟浩浩, 李婷, 顾雯雯, 等. 牛乳超高温灭菌前后芽孢杆菌分离鉴定[J]. 乳业科学与技术, 2011, 34(1): 9-11, 24.
Meng HH, Li T, Gu WW, *et al.* Isolation and identification of *Bacillus* in milk before and after UHT [J]. *Dairy Sci Technol*, 2011, 34(1): 9-11, 24.
- [10] 邓腾. 植物饮料提取液中微生物的分离鉴定及耐热性研究[J]. 食品研究与开发, 2016, 37(23): 161-164.
Deng T. Study on isolation and identification and thermal resistance of the rmophilic microorganisms in the plant beverage extracts [J]. *Food Res Dev*, 2016, 37(23): 161-164.
- [11] 郝风云. 嗜热脂肪杆菌芽孢自含式试剂在压力蒸汽灭菌生物监测中的应用[J]. 滨州医学院学报, 2019, (3): 235-236.
Hao FY. Application of self-contained reagent of *Bacillus stearothermophilus* in pressure steam sterilization biological monitoring [J]. *J Binzhou Med Univ*, 2019, (3): 235-236.
- [12] 张玉勤, 高丽君, 赵奇, 等. 医院压力蒸汽灭菌器物理监测与生物监测的结果比较[J]. 中国消毒学杂志, 2019, 36(7): 491-493.
Zhang YQ, Gao LJ, Zhao Q, *et al.* Comparison of physical monitoring and biological monitoring of pressure steam sterilizers in hospitals [J]. *Chin J Disinfect*, 2019, 36(7): 491-493.
- [13] 李雅丽, 林静, 刘一郎, 等. 嗜热脂肪芽孢杆菌芽孢作为低酸性饮料杀菌指示菌的研究[J]. 食品科技, 2020, 45(1): 19-22.
Li YL, Lin J, Liu YL, *et al.* Research on spores of *Bacillus stearothermophilus* as sterilization indicative bacteria for low-acid beverage [J]. *Food Sci Technol*, 2020, 45(1): 19-22.
- [14] 国家药典委员会. 中华人民共和国药典(2 部)[M]. 北京: 化学工业出版社, 2010.
National Pharmacopoeia Commission. The Pharmacopoeia of the People's Republic of China (2 Sections)[M]. Beijing: Chemical Industry Press, 2010.
- [15] GB 4789.26-2013 食品安全国家标准 食品微生物学检验 商业无菌检验[S].
GB 4789.26-2013 National food safety standard-Food microbiological examination-Commercial sterility test [S].
- [16] GB 25190-2010 食品安全国家标准 灭菌乳[S].
GB 25190-2010 National food safety standard-Sterilized milk [S].
- [17] 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[S].
GB 4789.2-2016 National food safety standard-Food microbiological examination-Aerobic plate count [S].
- [18] Liu XD, Bian XW, Dong C. Genome-wide analysis identifies NR4A1 as a key mediator of T cell dysfunction [C]. *Nature*, 2019, 567(7749): 525-529.
- [19] 涂宝峰. 食品微生物检验中罐头食品商业无菌检验探讨[J]. 科技创新与生产力, 2019, (7): 38-39.
Tu BF. Discussion on commercial sterility test of canned food in food microbiology testing [J]. *Sci-Tech Innov Prod*, 2019, (7): 38-39.
- [20] 杜寒春, 叶开富, 刘绍刚, 等. 间接阻抗法检测酸性罐藏食品商业无菌的研究[J]. 食品研究与开发, 2017, (19): 112-116.
Du HC, Ye KF, Liu SG, *et al.* Study on detection of commercial sterility in acid canned food by indirect impedance method [J]. *Food Res Dev*, 2017, (19): 112-116.

(责任编辑: 张晓寒)

作者简介



胡凤月, 主要研究方向为微生物。
E-mail: 870603121@qq.com



周燕霞, 硕士, 工程师, 主要研究方向为微生物学。
E-mail: zhouzhou0616@163.com



蔡雪凤, 硕士, 高级工程师, 主要研究方向为食品微生物学检测。
E-mail: shengwushi2017@126.com