

DOI: 10.19812/j.cnki.jfsq11-5956/ts.20241106004

2022—2024 年昆明市巴氏杀菌乳中微生物污染现状及其菌株的鉴定

张加稳¹, 张联琴¹, 刘羽晏¹, 左 诚¹, 王 蕊¹, 刁玉华¹, 陈明瑶², 陈 娴^{1*}

(1. 昆明市食品药品检验所, 昆明 650034; 2. 云南省产品质量监督检验研究院, 昆明 650223)

摘 要: **目的** 研究昆明市鲜奶吧 221 批次巴氏杀菌乳中微生物的污染情况, 并鉴定分析污染菌株的群落结构。**方法** 依据国家标准规定的检验方法对巴氏杀菌乳中的菌落总数、大肠菌群、金黄色葡萄球菌、沙门氏菌开展检测分析, 通过 VITEK 2 Compact 全自动生化鉴定系统和 RiboPrinter 全自动微生物基因指纹鉴定系统对分离菌株开展鉴定分析。**结果** 检出不合格产品 7 批次, 其中, 菌落总数不合格 1 批次, 大肠菌群不合格 6 批次, 金黄色葡萄球菌不合格 1 批次。从所有阳性样品的菌落总数和大肠菌群平板上中分离鉴定出 71 株菌, 包括 44 种菌株, 来自 18 个菌属, 优势菌群为葡萄球菌属和芽孢杆菌属, 分别占比 28.2% (20/71)、21.1% (15/71)。**结论** 巴氏杀菌乳存在不同程度的微生物污染, 应加强对昆明市鲜奶吧加工过程的卫生监管。
关键词: 鲜奶吧; 巴氏杀菌乳; 微生物污染; 鉴定分析; 群落组成

Microbial contamination status and strain identification of pasteurized milk in Kunming City from 2022 to 2024

ZHANG Jia-Wen¹, ZHANG Lian-Qin¹, LIU Yu-Yan¹, ZUO Cheng¹, WANG Rui¹,
DIAO Yu-Hua¹, CHEN Ming-Yao², CHEN Xian^{1*}

(1. Kunming Institute for Food and Drug Control, Kunming 650034, China;
2. Yunnan Institute of Product Quality Supervision and Inspection, Kunming 650223, China)

ABSTRACT: Objective To study the microbial contamination in 221 batches of pasteurized milk from Kunming fresh milk bar, and identify and analyze the community structure of the contaminated strains. **Methods** According to the inspection methods specified by national standards, the total number of colonies, coliform bacteria, *Staphylococcus aureus*, and *Salmonella* in pasteurized milk were detected and analyzed. The isolated strains were identified and analyzed using the VITEK 2 Compact fully automatic biochemical identification system and RiboPrinter fully automatic microbial gene fingerprint identification system. **Results** Seven batches of unqualified products were detected, including 1 batch with unqualified total bacterial count, 6 batches with unqualified coliforms, and 1 batch with unqualified *Staphylococcus aureus*. The 71 strains of bacteria, including 44 strains from 18 bacterial genera, were isolated and identified from the total number of bacterial colonies and *Escherichia coli* plates of all positive samples. The dominant bacterial groups were *Staphylococcus* and *Bacillus*, accounting for 28.2% (20/71) and

基金项目: 2022 年云南省市场监督管理局科技计划项目(2022YSJK12)

Fund: Supported by the Science and Technology Plan Project of Yunnan Market Supervision Administration in 2022 (2022YSJK12)

*通信作者: 陈娴, 副高级工程师, 主要研究方向为食品质量安全检测分析。E-mail: 364282388@qq.com

*Corresponding author: CHEN Xian, Associate Senior Engineer, Kunming Institute for Food and Drug Control, No.260, Lujiaying, Xihua North China Road, Xishan District, Kunming 650034, China. E-mail: 364282388@qq.com

21.1% (15/71), respectively. **Conclusion** There are different degrees of microbial contamination in pasteurized milk, and the hygienic supervision of the processing of fresh milk bar in Kunming should be strengthened.

KEY WORDS: fresh milk bar; pasteurized milk; microbial contamination; identification analysis; community composition

0 引言

生牛乳中含有人体所需的上百种营养成分, 主要包括蛋白质、维生素、脂肪、乳糖及钙、镁等矿物质, 巴氏杀菌乳是一种对生牛乳在 72~85 °C 杀菌 15~30 s 后的优质液体乳, 最大程度保留了牛乳的营养物质和口感, 受到广大消费者青睐^[1-2]。因灭菌强度较为温和, 一些耐热细菌可能有残余, 国内外在市售的巴氏杀菌乳中检出蜡样芽孢杆菌, 对消费者产生健康威胁^[3-5]。2022 年, 美国乳制品科学协会报道了因原料奶中细菌芽孢在巴氏灭菌过程中未被杀灭, 导致了一半的液态奶变质^[6-7]。近年来, 微生物污染问题已经严重制约了乳制品产业的高质量发展, 乳制品致病菌污染导致食品安全事件时有发生^[8]。为提升巴氏杀菌乳的质量安全, 我国颁布了 GB 19645 国家标准, 对巴氏杀菌乳的质量监管发挥了积极作用。随着鲜奶吧市场规模的扩大, 目前对巴氏杀菌乳中菌落总数、大肠菌群、金黄色葡萄球菌及沙门氏菌等指标检测分析的文献较多^[9-10], 而鲜有对其污染菌株群落结构及优势菌群的研究报道。为了解昆明市鲜奶吧巴氏杀菌乳中微生物污染现状和细菌群落结构, 本研究依据国家标准对微生物开展检测, 进一步对检出的菌落总数和大肠菌群分离纯化, 进行革兰氏染色, 采用 VITEK 2 Compact 全自动生化鉴定系统和 RiboPrinter 微生物基因指纹鉴定系统对污染菌株开展鉴定分析, 旨在对巴氏杀菌乳开展风险评估和指导鲜奶吧规范加工提供数据支撑。

1 材料与方法

1.1 材料、试剂与仪器

1.1.1 样品来源

选取 2022—2024 年昆明市 4 家鲜奶吧进行定期采样, 共采集到 221 批次巴氏杀菌乳, 运输过程使用冷链箱保持储存温度为 2~8 °C, 送达实验室在保质期内检测分析。

1.1.2 培养基与试剂

氯化钠(分析纯, 国药集团化学试剂有限公司); 平板计数琼脂、亚硒酸盐胱氨酸增菌液、肉汤四硫磺酸钠煌绿增菌液、胰蛋白胨大豆琼脂(tryptic protein in soybean agar, TSA)、木糖赖氨酸脱氧胆盐、琼脂亚硫酸铋琼脂(北京陆桥技术责任有限公司); 结晶紫中性红胆盐琼脂、缓冲蛋白胨水、7.5%氯化钠肉汤、Baird-Parker 琼脂基础、革兰氏染色液、血平板(广东环凯微生物科技有限公司)。

1.1.3 标准菌株

大肠埃希氏菌(CICC 10305)、枯草芽孢杆菌(ATCC 6633)、鼠伤寒沙门菌(ATCC 14028)、表皮葡萄球菌(CICC 10294)、副溶血性弧菌 CICC 21617)均来自实验室采购。

1.1.4 仪器与设备

VITEK 2 Compact 全自动生化鉴定系统(生物梅里埃美国股份有限公司); RiboPrinter 全自动微生物基因指纹鉴定系统(海净纳上海公司); DM500 光学显微镜[奥林巴斯(中国)有限公司]; JB5374-91 电子天平(精度 0.01 g, 美国奥豪斯仪器有限公司); MLS-3781L-PC 高压蒸汽灭菌器(日本松下集团); HPP260 生化培养箱(美墨尔特上海有限公司); DM500 光学显微镜(德国徕卡仪器有限公司)。

1.2 方法

1.2.1 检测和评价标准

依据 GB 19645—2010《国家食品安全标准 巴氏杀菌乳》分别对巴氏杀菌乳中的菌落总数、大肠菌群、金黄色葡萄球菌和沙门氏菌开展检测。

1.2.2 质量控制

严格按照本实验室质量管理程序进行样品检测工作, 对实验用培养基、试剂按照 GB 4789.28—2024《食品安全国家标准 食品微生物学检验 培养基和试剂质量要求》进行质量控制, 在样品检验过程中同时开展阳性和空白对照实验, 所用仪器设备定期进行检定或校准。

1.2.3 污染菌分离纯化

对所有巴氏杀菌乳中检出的菌落总数和大肠菌群进一步分离纯化, 根据菌落特征, 挑取平板上的单菌落, 分别在 TSA 平板上进行 2 次划线分离纯化, 于生化培养箱中 36 °C 倒置培养 48 h。

1.2.4 革兰氏染色

经 TSA 平板划线纯化获得的单菌落, 用无菌接种环挑取单菌落涂布于滴加无菌生理盐水的载玻片上, 晾干, 加热, 结晶紫初染 1 min, 酒精脱色 20~30 s, 番红复染 1 min, 再次晾干, 光学显微镜观察。

1.2.5 生化鉴定

根据镜检结果, 选择适宜的细菌生化鉴定卡(GN 卡、GP 卡或酵母卡), 通过 VITEK 2 Compact 全自动生化鉴定系统对检出菌进行鉴定。

1.2.6 RiboPrinter 全自动微生物基因指纹鉴定

采用 RiboPrinter 全自动微生物基因指纹鉴定系统对检出菌株开展核糖体基因指纹图谱分析, 通过与 DuPont ID 数

数据库中的标准菌株信息比来实现菌株鉴定。

1.3 数据处理

采用 SPSS 27.0 软件对数据进行统计分析,以 $P<0.05$ 为差异有统计学意义。菌株鉴定结果采用 Excel 2019 统计分析,使用 Origin 2021 软件进行作图。

2 结果与分析

2.1 巴氏杀菌乳中微生物检出情况

2.1.1 总体情况

2022—2024 年,共检验 221 批巴氏杀菌乳微生物学指标,合格 214 批,总合格率为 96.8%。其中,菌落总数合格率为 99.5%,大肠菌群合格率为 97.3%,金黄色葡萄球菌合格率为 99.5%,沙门氏菌为 100.0%。各年度微生物学指标合格率见表 1。

2.1.2 菌落总数检测结果分布情况

巴氏杀菌乳共检测 221 批次,菌落总数实测值主要分布在 <1 CFU/mL (9.5%, 21/221)、 $1\sim<10$ CFU/mL (44.8%, 99/221)、 $10\sim<100$ CFU/mL (22.6%, 50/221)、 $100\sim<1000$ CFU/mL (14.5%, 32/221)、 $1000\sim<10000$ CFU/mL (6.3%, 14/221) 5 个区段,少数分布在 $10000\sim<100000$ CFU/mL (2.3%, 5/221)区段。巴氏

杀菌乳菌落总数实测值在不同区段分布的批次之间差异有统计学意义($t=2.638, P<0.05$),见图 1。

2.1.3 大肠菌群检测结果分布情况

巴氏杀菌乳共检测 221 批次,大肠菌群实测值主要分布在 <1 CFU/mL (97.3%, 215/221)区段,少数分布在 $1\sim<10$ CFU/mL (0.5%, 1/221)、 $10\sim<100$ CFU/mL (1.8%, 4/221)、 $100\sim<1000$ CFU/mL (0.5%, 1/221) 3 个区段。巴氏杀菌乳大肠菌群实测值在不同区段分布的批次之间差异无统计学意义($t=1.035, P>0.05$),见图 2。

2.2 污染菌鉴定结果分析

2.2.1 质控检测结果

在本试验中,每次进行菌株鉴定分析时,使用浓度为 10^4 CFU/mL~ 10^6 CFU/mL 的标准菌株菌悬液作为质控样本,采用 VITEK2 Compact 全自动微生物生化鉴定系统和 RiboPrinter 全自动微生物基因指纹鉴定系统同步开展鉴定分析。生化鉴定系统主要基于生化反应原理,通过多参数色谱法分析和动力比浊法分析,基因指纹鉴定系统主要基于菌株核糖体基因序列分析,两种鉴定系统均是标准数据库比对达到鉴定分析目的,相似度高于 0.85 时,结果可信度较高,结果见表 2。

表 1 2022—2024 年度微生物学指标合格率
Table 1 Qualification rate of microbiology indicators in 2022—2024

年度	样品数/批	合格数/批	合格率/%	菌落总数		大肠菌群		金黄色葡萄球菌		沙门氏菌	
				合格数/批	合格率/%	合格数/批	合格率/%	合格数/批	合格率/%	合格数/批	合格率/%
2022 年	66	64	97.0	65	98.5	65	98.5	66	100.0	66	100.0
2023 年	74	71	95.9	74	100.0	71	95.9	74	100.0	74	100.0
2024 年	81	79	97.5	81	100.0	79	97.5	80	98.8	81	100.0

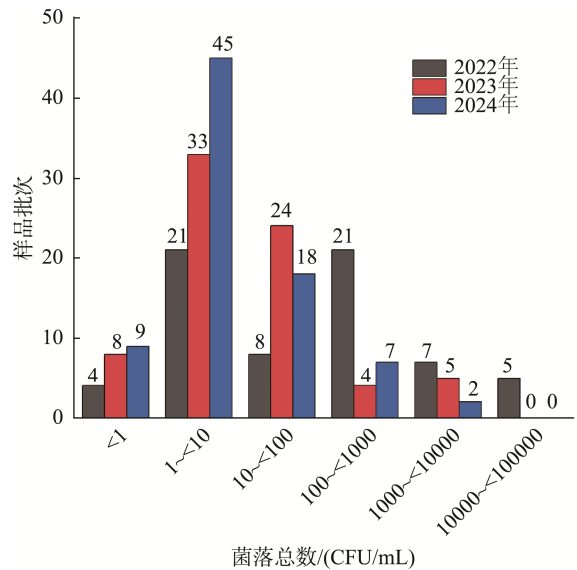


图1 巴氏杀菌乳菌落总数检测结果

Fig.1 Detection results of total bacterial count in pasteurized milk

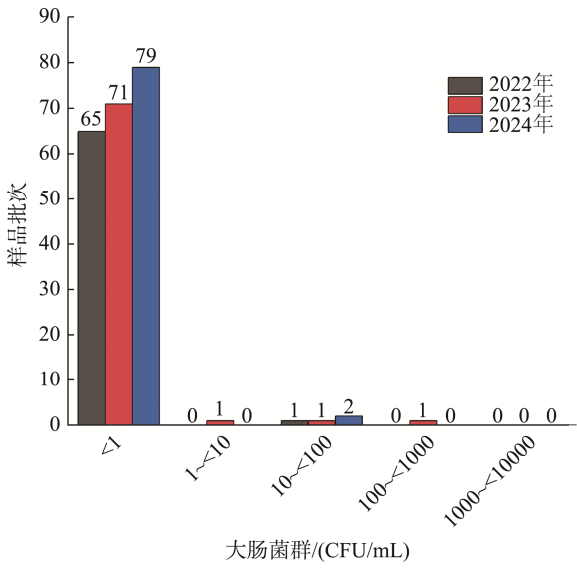


图2 巴氏杀菌乳大肠菌群检测结果

Fig.2 Detection results of coliform bacteria in pasteurized milk

表 2 5 种质控菌株分析结果			
Table 2 Analysis results of 5 kinds of quality control strains			
质控菌株名称	革兰氏染色结果	可信度/%	
		VITEK2 Compact	RiboPrinter
大肠埃希氏菌	G ⁻ 杆菌	99	95
表皮葡萄球菌	G ⁺ 球菌	98	94
鼠伤寒沙门氏菌	G ⁻ 杆菌	99	96
副溶血性弧菌	G ⁻ 杆菌	99	91
枯草芽孢杆菌	G ⁺ 杆菌	99	90

2.2.2 污染菌的鉴定分类

从巴氏杀菌乳中分离纯化出 83 株污染菌, 采用 VITEK2 Compact 全自动微生物生化鉴定系统和 RiboPrinter 全自动微生物基因指纹鉴定系统鉴定出 71 株菌, 包括 43 种细菌(革兰氏阳性球菌 34 株、革兰氏阴性杆菌 20 株、革兰氏阳性芽孢杆菌 15 株)和 2 种酵母菌, 分别来自 18 个菌属。其中, 检出葡萄球菌属 20 株, 占 28.2%, 包括缓慢葡萄球菌(*Staphylococcus lentus*)、溶血葡萄球菌(*Staphylococcus haemolyticus*)、产色葡萄球菌(*Staphylococcus chromogenes*)、表皮葡萄球菌(*Staphylococcus epidermidis*)、腐生葡萄球菌(*Staphylococcus saprophyticus*)、松鼠葡萄球菌(*Staphylococcus sciuric*)、人葡萄球菌(*Staphylococcus hominisc*)、木糖葡萄球菌(*Staphylococcus xylosus*)、沃氏葡萄球菌(*Staphylococcus haemolyticus*)、金黄色葡萄球菌(*Staphylococcus aureus*); 检出芽孢杆菌属 15 株, 占 21.1%, 包括蜡样芽孢杆菌(*Bacillus cereus*)、地衣芽孢杆菌(*Bacillus licheniformis*)、环状芽孢杆菌(*Bacillus circulans*)、解糖类

芽孢杆菌(*Bacillus glucanolytic*); 检出肠杆菌属 6 株, 占 8.5%, 为阴沟肠杆菌(*Enterobacter cloacae*)、中间吕沃尔菌(*Kluy intermedia*)、小肠结肠炎耶尔森菌群(*Yersinia enterocolitica* group); 检出埃希氏菌属 3 株, 占 4.2%, 为大肠埃希菌(*Escherichia coli*); 检出不动杆菌属 1 株, 占比 1.4%, 为乌尔新不动杆菌(*Acinetobacter ursingii*); 检出肠球菌属 5 株, 占 7.1%, 包括鸟肠球菌(*Enterococcus avium*)、耐久肠球菌(*Enterococcus durans*)、屎肠球菌(*Enterococcus faecalis*); 检出泛菌属 1 株, 占 1.4%, 仅鉴定到属水平; 检出根瘤菌属 1 株, 占 1.4%, 为放射根瘤菌(*Rhizobium radiobacter*); 检出枸橼酸杆菌属 2 株, 占 2.8%, 包括布氏柠檬酸杆菌(*Citrobacter cbraakii*)、弗氏柠檬酸杆菌(*Citrobacter freundii*); 检出假单胞菌属 2 株, 占 2.8%, 为荧光假单胞菌(*Pseudomonas fluorescens*); 检出考克氏菌属 2 株, 占 2.8%, 为克氏库克菌(*Kocuria kristinae*); 检出克雷伯菌属 4 株, 占 5.6%, 包括产酸克雷伯菌(*Klebsiella oxytoca*)、肺炎克雷伯菌(*Klebsiella pneumoniae*); 检出链球菌属 3 株, 占 4.2%, 包括托尔豪特链球菌(*Streptococcus thoraltensis*)、肺炎链球菌(*Streptococcus pneumoniae*)、变异链球菌(*Streptococcus mutuns*); 检出气球菌属 1 株, 占 1.4%, 为浅绿色球菌(*Pale green coccus*); 检出鞘氨醇单胞菌属 1 株, 占 1.4%, 为少动鞘氨醇单胞菌(*Ochrobac anthropi*); 检出沙雷菌属 1 株, 占 1.4%, 为液化沙雷菌群(*Serratica liquefaciens* group); 检出微球菌属 1 株, 占 1.4%, 为藤黄微球菌(*Micrococcus luteus*); 检出酵母菌属 2 株, 占 2.8%, 包括葡萄牙假丝酵母(*Candida lusitaniae*)、近平滑假丝酵母(*Candida parapsilosis*), 详见图 3。

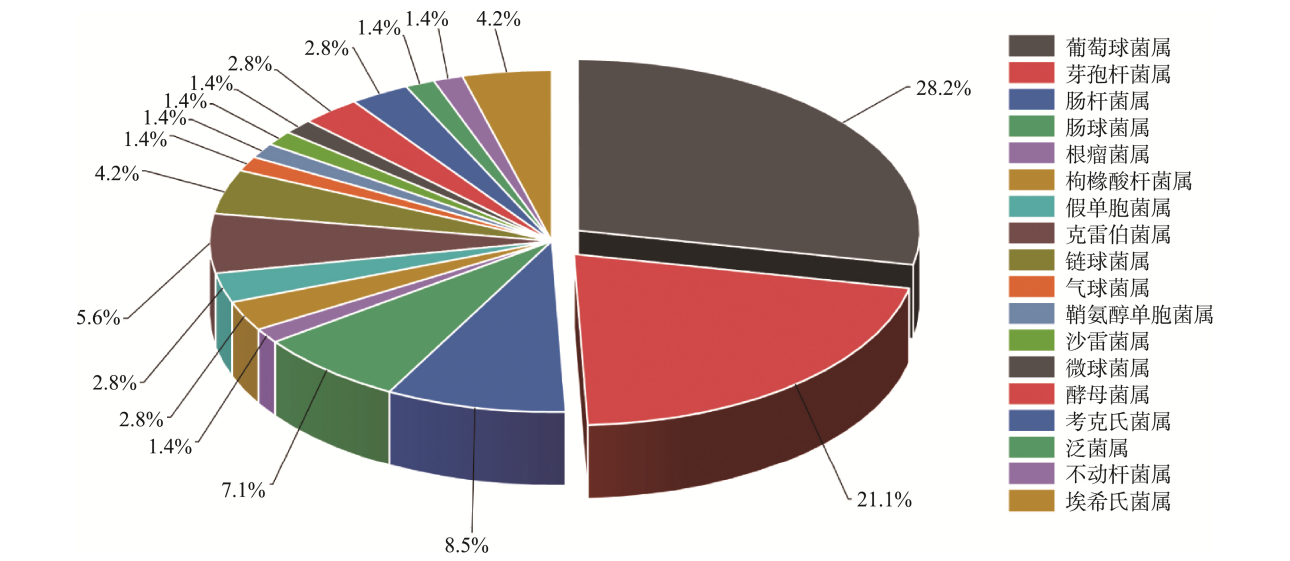


图3 巴氏杀菌乳微生物污染群落结构图
Fig.3 Microbial community structure of pasteurized milk

3 结论与讨论

3.1 微生物学检测指标分析

菌落总数是食品被微生物污染程度的标志,反映生产过程中的卫生状况,也是耐保藏性的重要指标。食品中菌落总数数量越多,食品腐败变质速度就越快,特别乳制品,将会严重被破坏营养成分,还可能危害人体健康。菌落总数超标说明生产企业可能未按要求严格控制生产加工过程的卫生条件,或者包装容器清洗消毒不到位,还可能与产品包装密封不严和储运条件控制不当等有关。大肠菌群是食品肠道致病菌指示指标,一旦检出,提示食品被致病菌(如沙门氏菌、志贺氏菌、致泻大肠埃希氏菌等)污染的可能性较大,对人体致病风险较高。大肠菌群超标说明食品存在卫生质量缺陷,可能与在生产过程中产品的加工原料、包装材料、生产设备 & 环境受到人或温血动物粪便污染有关,加之产品的热加工工艺不达标。从巴氏杀菌乳监测结果分析,菌落总数检出率较高,检测值在 $1 \sim 10$ CFU/mL 区段批次最多,占比 44.8%,原因可能是巴氏杀菌强度较温和,能杀灭绝大多数细菌,但仍存在少量耐高温的芽孢杆菌和芽孢,研究发现巴氏杀菌对耐热性细菌和芽孢等的杀菌效果较弱,这些菌会对巴氏杀菌乳货架期和口味产生重要影响^[11-12]。大肠菌群检出率较低,仅为 2.7% (6/221),检出的实测值主要分布在 $1 \sim 10$ CFU/mL、 $10 \sim 100$ CFU/mL、 $100 \sim 1000$ CFU/mL 3 个区段,说明巴氏杀菌工艺正常是能杀死大肠菌群的,但可能由于部分鲜奶吧的生产工艺不达标导致大肠菌群污染。但综合来看,菌落总数不合格率(0.5%, 1/221)明显低于大肠菌群不合格率(2.7%, 6/221),原因主要与判定标准 GB 19645—2010《食品安全国家标准巴氏杀菌乳》中对菌落总数的限量值(10^5 CFU/mL)与大肠菌群限量值(5 CFU/mL)不同有关。此外,1 批次巴氏杀菌乳还检出金黄色葡萄球菌,根据人间传染的病原微生物目录危害等级分类,该菌属于 3 类病原菌,企业应引起重点关注。金黄色葡萄球菌不合格可能主要由生产加工人员带菌造成污染,或者原料乳污染,杀菌不彻底导致。因此,当地政府部门应加强对鲜奶吧相关产品的监管,以问题为导向,开展现场检查,组织技术专家为企业全面排查生产流程中存在的违规行为。

3.2 污染菌对比分析

鉴定结果显示,巴氏杀菌乳中微生物群落组成主要来自 18 个菌属,优势菌群为葡萄球菌属和芽孢杆菌属,合计占比 49.3% (35/71)。朴瑜琼^[13]通过宏基因组学研究了不同杀菌工艺中巴氏杀菌乳的微生物群落组成与本研究基本一致,但优势菌群为不动杆菌属、莫拉氏菌属、假单胞菌属和乳链球菌属,且此研究还表明在不同杀菌温度下,乳样的优势菌群不同,随着贮藏时间的延长会发生动态转

变。DU 等^[14]也通过 16S rDNA 测序发现巴氏杀菌乳中的优势菌群为不动杆菌属、巨球菌属、假单胞菌属和乳球菌。综合对比分析,本研究与其他相似研究在巴氏杀菌乳中的微生物群落菌属组成方面基本一致,但也存在一定差异,首先是本研究通过 VITEK2 Compact 全自动微生物生化鉴定系统鉴定出 2 株酵母菌,其次是优势菌群组成存在差异。究其原因,可能与原料乳、杀菌工艺、贮藏温度及时间、地域环境条件、菌种鉴定分析方法等不一致有关^[15-18]。孙雪姣^[19]通过高通量测序法分析巴氏杀菌乳在不同贮藏温度及时间下对细菌群落结构变化的影响,结果检出沙雷氏菌属和类芽孢杆菌属;郑家铭等^[20]采用高通量测序技术研究显示,随着贮藏时间延长,在 25 °C 下贮藏,巴氏杀菌乳的优势菌群为芽孢杆菌属,以上两项研究均与本研究相似。此外,与其他研究结果的差异,可能还与研究分析的企业和样本数量不同有关,本研究鉴定分析的菌株是从 4 家鲜奶吧连续 3 年的污染样品中分离得到,具有较强代表性。本研究仅对巴氏杀菌乳中的污染菌株开展鉴定分析,下一步可对加工区域相关的环境微生物开展鉴定分析,并开展微生物污染溯源性研究。

3.3 污染菌来源分析

巴氏杀菌乳中的微生物污染源主要包括人员、原料乳、空气、接触面、水源及包装材料等,在加工过程常常很难找到准确来源。葡萄球菌属是最常见的化脓性球菌,现已研究发现 20 多种菌属,大多为条件致病菌,对人类公共卫生存在隐患^[21]。该菌属可能与加工人员皮肤组织化脓性感染后的脱落片状物有关,在加工过程穿戴的衣服、鞋子、帽子、首饰等物品与皮肤摩擦会增加外皮的脱落,加大污染风险。芽孢杆菌属于革兰氏阳性菌,在工业生产中应用广泛,是酶制剂的主要菌种,少数可致病,主要来自于土壤,伴随着人员、空气、尘埃粒子、水源等携带的芽孢转移至巴氏杀菌乳加工区域导致污染,具有较强的抗热、抗辐射、抗化学药物等能力^[22-24]。大肠埃希氏菌广泛存在于人和温血动物肠道中,是粪便污染指标,可能由加工水源、原料乳、加工人员受粪便污染引入。不动杆菌属属于条件致病菌,主要通过加工用水引入,该菌黏附力极强,特别在排水道、水槽等处易形成生物膜,较难清除,肠杆菌属和假单胞菌属污染也主要来自水源^[25]。链球菌属是革兰氏阳性球菌,少数可致病,比如肺炎链球菌,主要由空气和人员引入污染^[26]。肺炎克雷伯菌俗称肺炎杆菌,广泛存在于人体上呼吸道和肠道,可能由感染该菌的加工人员引入污染有关^[27]。考氏库克菌是不常见的条件致病菌,易引起皮肤、黏膜、血液等人体组织系统感染,一般由加工人员或空气引入^[28]。藤黄微球菌为条件致病菌,分布于空气、土壤、水以及动植物体表,一般由环境或接触面污染带入^[29]。酵母菌是一类单细胞真菌,广泛存在于天然环

境中, 如水、土壤和植物等, 一般在偏酸性的潮湿环境中易繁殖。

3.4 微生物污染防控关键点

为从源头上预防鲜奶吧加工巴氏杀菌乳的微生物污染, 应从原料乳控制、加工、包装、贮存和运输等环节制定科学有效的防控措施^[30-31]。原料乳微生物限量应符合 GB 19301—2010《食品安全国家标准 生乳》要求; 应严格对人员着装、卫生、健康及操作规范管理; 定期对水源设施进行清洁和消毒, 定期监测水源微生物污染情况; 应制定科学有效的设备、管路清洗消毒程序, 并严格按照规定执行; 定期采取有效的方法对加工区域的空气环境清洁消毒; 应验证巴氏杀菌工艺的有效性, 并对巴氏杀菌过程中的温度实施监控, 出现异常情况应有自动报警装置; 杀菌后的产品应立即冷却至 5℃以下; 每批采购的包材应进行无菌验收, 灌装前应用紫外灯照射消毒 30 min 以上; 应对下水道、水槽等重点区域做深度消毒处理, 严格防止老鼠、虫害进入加工区域; 应对杀菌、产品灌装密封、清洁和消毒等关键岗位人员开展操作技能培训; 应定期对巴氏杀菌乳加工过程的人员、接触面和原材料等微生物指标进行监控。

参考文献

- [1] 陈美霞. 不同热处理条件下牛奶中热敏指标与功能性蛋白变化规律研究[D]. 北京: 中国农业科学院, 2017.
CHEN MX. Research on the change rule of heat sensitivity index and functional protein in milk under different heat treatment conditions [D]. Beijing: Chinese Academy of Agricultural Sciences, 2017.
- [2] 彭伊伶, 周丰婕. 巴氏奶行业抢“鲜”研究[J]. 中国乳业, 2023(3): 15–19.
PENG YL, ZHOU FJ. Freshness of pasteurized milk industry [J]. China Dairy Ind, 2023(3): 15–19.
- [3] WANG X, TIAN L, FU J, *et al.* Evaluation of the membrane damage mechanism of thymol against *Bacillus cereus* and its application in the preservation of skim milk [J]. Food Control, 2021, 131(4): 108435.
- [4] TIRLONI E, BERNARDI C, GHELARDI E, *et al.* Biopreservation as a potential hurdle for *Bacillus cereus* growth in fresh cheese [J]. J Dairy Sci, 2020, 103(1): 150–160.
- [5] 谢雄杰, 陈曦, 刘宇, 等. 抗菌肽 cp1 对蜡样芽孢杆菌的抑菌作用及在巴氏杀菌乳中的应用[J]. 食品安全质量检测学报, 2023, 14(21): 89–96.
XIE XJ, CHEN X, LIU Y, *et al.* Inhibitory effect of antimicrobial peptide cp1 on *Bacillus cereus* and its application in pasteurized milk [J]. J Food Saf Qual, 2023, 14(21): 89–96.
- [6] GRIEP-MOYER ER, TRMCIC A, QIAN C, *et al.* Monte Carlo simulation model predicts bacto-fugation can extend shelf-life of pasteurized fluid milk, even when raw milk with low spore counts is used as the incoming ingredient [J]. J Dairy Sci, 2022, 105(12): 9439–9449.
- [7] ZHAO SJ, CHEN JL, FEI P, *et al.* Prevalence, molecular characterization, and antibiotic susceptibility of *Bacillus cereus* isolated from dairy products in China [J]. J Dairy Sci, 2020, 103(5): 3994–4001.
- [8] 王宁, 刘守钦, 杨丽, 等. 一起由巴氏杀菌乳污染引起的济南市多家幼儿园食源性暴发事件的流行病学分析[J]. 中国食品卫生杂志, 2021(3): 369–373.
WANG N, LIU SQ, YANG L, *et al.* Epidemiological analysis of a foodborne disease outbreak in several kindergartens in Jinan City caused by pasteurized milk contamination [J]. Chin J Food Hygi, 2021(3): 369–373.
- [9] 臧子浩, 李颖, 刘辉, 等. 青岛市学校周边部分鲜奶吧乳品监测结果分析[J]. 医学动物防制, 2020(8): 815–817.
ZANG ZH, LI Y, LIU H, *et al.* Analysis of dairy monitoring results of some fresh milk bars around schools in Qingdao [J]. Med Anim Defen, 2020(8): 815–817.
- [10] 乌伊罕, 王利平, 张冰冰. 内蒙古自治区部分地区鲜奶吧乳品监测分析[J]. 中国卫生检验杂志, 2018(21): 2682–2684.
WU YH, WANG LP, ZHANG BB. Analysis of dairy monitoring of fresh milk bars in some areas of Inner Mongolia Autonomous Region [J]. Chin J Health Inspect, 2018(21): 2682–2684.
- [11] 潘永胜. 杀菌温度对优质巴氏杀菌乳中热敏感和生物活性物质的影响[J]. 中国乳业, 2022(2): 70–74.
PAN YS. Effect of sterilization temperature on heat-sensitive and bioactive substances in high quality pasteurized milk [J]. Chin Dairy Ind, 2022(2): 70–74.
- [12] 陈泊韬, 卢剑娴. 热处理对乳制品加工品质的影响[J]. 农产品加工(创新版), 2011(8): 70–75.
CHEN BT, LU JX. Effect of heat treatment on the processing quality of dairy products [J]. Agric Prod Proc (Innov Ed), 2011(8): 70–75.
- [13] 朴瑜琼. 巴氏杀菌乳中残留微生物对乳品质的影响研究[D]. 沈阳: 沈阳农业大学, 2023.
PIAO YQ. Study on the effect of residual microorganisms in pasteurized milk on milk quality [D]. Shenyang: Panyang Agricultural University, 2023.
- [14] DU BY, MENG L, WU HM, *et al.* Source tracker modeling based on 16S rDNA sequencing and analysis of microbial contamination sources for pasteurized milk [J]. Front Nutr, 2022, 9: 845150.
- [15] LI HX, ZHANG YH, YUAN XH, *et al.* Microbial biodiversity of raw milk collected from Yangzhou and the heterogeneous biofilm-forming ability of *Pseudomonas* [J]. Int J Dairy Technol, 2022, 76(1): 51–62.
- [16] 苟萌, 胡婕, 张彤彤, 等. Illumina MiSeq 高通量测序技术研究原料乳冷藏过程中微生物群落演替规律[J]. 中国食品学报, 2021, 21(7): 313–319.
GOU M, HU J, ZHANG TT, *et al.* Illumina MiSeq high-throughput sequencing technology to study the microbial community succession pattern during the cold storage of raw milk [J]. J Chin Inst Food Sci Technol, 2021, 21(7): 313–319.
- [17] 丁瑞雪. 杀菌条件对巴氏杀菌乳风味品质及残留微生物群落的影响[D]. 沈阳: 沈阳农业大学, 2019.
DING RX. Effect of sterilization conditions on flavor quality and residual microbial community of pasteurized milk [D]. Shenyang: Shenyang Agricultural University, 2019.
- [18] 张春林, 张苗苗, 杨甜甜, 等. 基于 MiSeq 高通量测序技术不同地区奶豆腐细菌群落结构研究[J]. 中国乳品工业, 2021, 49(10): 18–22.
ZHANG CL, ZHANG MM, YANG TT, *et al.* Study on the bacterial community structure of milk tofu in different regions based on MiSeq high-throughput sequencing [J]. Chin Dairy Ind, 2021, 49(10): 18–22.
- [19] 孙雪姣. 不同贮藏温度对巴氏杀菌乳品质和微生物的影响[D]. 沈阳:

- 沈阳农业大学, 2018.
- SUN XJ. Effects of different storage temperatures on quality and microorganisms of pasteurized milk [D]. Shenyang: Shenyang Agricultural University, 2018.
- [20] 郑家铭, 洪意, 吴瑜凡, 等. 不同贮藏温度下巴氏杀菌乳细菌多样性研究[J]. 食品与发酵工业, 2022, 48(20): 57–63.
- ZHENG JM, HONG Y, WU YF, *et al.* Bacterial diversity of pasteurized milk at different storage temperatures [J]. Food Ferment Ind, 2022, 48(20): 57–63.
- [21] 吕国平, 李亚子, 李丽婕, 等. 空气环境中葡萄球菌的鉴定及耐药性分析[J]. 环境与健康杂志, 2018, 35(2): 175–177.
- LV GP, LI YZ, LI LJ, *et al.* Identification and drug resistance analysis of staphylococci in the air environment [J]. J Environ Health, 2018, 35(2): 175–177.
- [22] ANJOS DSC, LIMA NR, MAGNANI FR, *et al.* Biodegradation of spirodiclofen by *Bacillus* sp. isolated from savannah and citrus fruits soils [J]. Water Air Soil Pollut, 2024, 235(8): 534–534.
- [23] MOHAMED ZA, ELNOUR RO, ALAMRI S, *et al.* Biodegradation of the cyanobacterial toxin anatoxin-a by a *Bacillus subtilis* strain isolated from a eutrophic lake in Saudi Arabia [J]. Arch Microbiol, 2024, 206(8): 348.
- [24] 唐志燕, 龚国淑, 刘萍, 等. 成都市郊区土壤芽孢杆菌的初步研究[J]. 西南农业大学学报(自然科学版), 2005, 27(2): 188–193.
- TANG ZY, GONG GS, LIU P, *et al.* Preliminary study on soil bacteriophages in suburban Chengdu [J]. J Southwest Agric Univ (Nat Sci Ed), 2005, 27(2): 188–193.
- [25] 娄梦雪, 贺凯茹, 韩琦, 等. 基于高通量测序解析 UHT 灭菌乳品质劣变关联微生物[J]. 中国乳品工业, 2023, 51(10): 4–14.
- LOU MX, HE KR, HAN Q, *et al.* Analysis of microorganisms associated with quality deterioration of UHT sterilized milk based on high-throughput sequencing [J]. Chin Dairy Ind, 2023, 51(10): 4–14.
- [26] 王喆. 某生物药品生产工艺各系统污染菌种库建立[D]. 烟台: 烟台大学, 2022.
- WANG Z. Establishment of a library of contaminated strains from various systems of a biological pharmaceutical production process [D]. Yantai: Yantai University, 2022.
- [27] 刘泽磊, 马莉. 新生儿耐碳青霉烯类肺炎克雷伯菌感染研究进展[J]. 中华医院感染学杂志, 2024, 34(23): 3662–3667.
- LIU ZL, MA L. Progress of carbapenem-resistant *Klebsiella pneumoniae* infection in neonates [J]. Chin J Hospit Inf, 2024, 34(23): 3662–3667.
- [28] 刘亚茹, 余萌, 肖璜, 等. 五家制药企业洁净区微生物群落分析[J]. 中国药事, 2019, 33(7): 796–802.
- LIU YR, YU M, XIAO H, *et al.* Analysis of microbial communities in clean areas of five pharmaceutical companies [J]. China Pharm Affair, 2019, 33(7): 796–802.
- [29] 王司允, 陈俊俊, 朱玉辉, 等. 1 例藤黄微球菌致感染性心内膜炎合并重症肺炎的药学监护[J]. 中国药房, 2023, 34(9): 1137–1141.
- WANG SY, CHEN JJ, ZHU YH *et al.* Pharmacologic surveillance of a case of infective endocarditis combined with severe pneumonia caused by *Micrococcus garciniae* [J]. China Pharm, 2023, 34(9): 1137–1141.
- [30] 马琳. HACCP 体系在巴氏杀菌乳生产中的应用[J]. 食品安全导刊, 2024(23): 185–189.
- MA L. Application of HACCP system in pasteurized milk production [J]. Chin Food Saf Magaz, 2024(23): 185–189.
- [31] 邹咏. 优质巴氏杀菌乳关键工艺的研究[J]. 现代食品, 2023, 14(25): 89–92.
- ZOU Y. Research on the key process of high quality pasteurized milk [J]. Mod Food, 2023, 14(25): 89–92.

(责任编辑: 于梦娇 安香玉)

作者简介

张加稳, 硕士, 工程师, 主要研究方向为食品质量安全检测分析。
E-mail: 1098541655@qq.com

陈 娴, 副高级工程师, 主要研究方向为食品质量安全检测分析。
E-mail: 364282388@qq.com