

调查研究

不同品牌 Baird-Parker 琼脂培养基对金黄色葡萄球菌表型特征及检验结果可靠性的影响研究

李艳艳^{1,2},白继超²,赵琳娜²,葛秋惠²,刘峰²,张百刚¹,崔生辉³

(1. 兰州理工大学生命科学与工程学院,甘肃兰州 730050;2. 北京奥博星生物科技有限公司,
北京 100193;3. 中国食品药品检定研究院,北京 100050)

摘要:目的 探究不同来源金黄色葡萄球菌(金葡菌)在4个品牌的Baird-Parker琼脂培养基(以下简称BP培养基)上表型特征差异,为检验方法优化改进提供数据支撑。方法 对选取的金葡菌($n=62$)进行确认,分析其在BP培养基上的生长特征,并对4个品牌BP培养基和金葡显色培养基上的菌落出现时间、表型和生长率差异进行对比。结果 经MOLDI-TOF和血浆凝固酶实验测试,62株菌均确认为金葡菌。新鲜金葡菌在BP培养基上经20~24 h培养,所有菌株均未呈现GB 4789.10—2016中给出的菌落外围有一“清晰带”的典型菌落特征,部分菌株即使培养44~48 h后,其菌落存在沉淀环、透明带弱化、缺失的非典型性表型,少数菌株在不同品牌BP培养基上的生长率低于0.7,不同品牌BP培养基上金葡菌的菌落显现时间和生长率存在显著性差异($P<0.01$)。显色平板上金葡菌菌落表现为蓝绿色,无明显表型差异,菌落回收率均>0.7。结论 金葡菌在BP培养基上的生长特性与培养时间、培养基质量等密切相关,GB 4789.10—2016修订时应考虑使用单一选择性培养基对检验结果造成的不确定性,方法体系中亟需引入第二个选择性培养基,以增强检验结果的可靠性和严谨性。

关键词:Baird-Parker琼脂培养基;金黄色葡萄球菌;表型特征;显色培养基

中图分类号:R155 **文献标识码:**A **文章编号:**1004-8456(2025)07-0622-07

DOI:10.13590/j.cjfh.2025.07.004

Phenotypic characteristics and test results of different brands of Baird-Parker agar medium on *Staphylococcus aureus* impact studies on reliability

LI Yanyan^{1,2}, BAI Jichao², ZHAO Linna², GE Qiuwei², LIU Feng², ZHANG Baigang¹, CUI Shenghui³

(1. School of Life Science and Engineering, Lanzhou University of Technology, Gansu Lanzhou 730050, China; 2. Beijing Aoboxing Biotechnology Co., Ltd., Beijing 100193, China; 3. National Institute for Food and Drug Control, Beijing 100050, China)

Abstract: Objective To explore the differences in phenotypic characteristics of *Staphylococcus aureus* from different sources on Baird-Parker agar medium (hereinafter referred to as BP medium) produced by four manufacturers, so as to provide data support for the optimization and improvement of the test method. **Methods** The selected *Staphylococcus aureus* ($n=62$) was confirmed, its growth characteristics on BP medium were analyzed, and the differences in colony occurrence time, phenotype and growth rate of four brands of BP medium and *Staphylocophilia aureus* chromogenic medium were compared. **Results** All 62 strains were confirmed to be *Staphylococcus aureus* by MOLDI-TOF and plasma coagulase assays. After 20-24 h of culture on BP medium, all strains ($n=62$) did not show the typical colony characteristics of a “clear band” on the periphery of the colony given in GB 4789.10—2016, and some strains had atypical colony phenotypes with weakened and missing precipitation rings and zona pellucida even after 44-48 h of culture. The growth rate of a few strains on different brands of BP medium was less than 0.7, and there were significant differences in the colony appearance time and growth rate of *Staphylococcus aureus* on different brands of BP medium ($P<0.01$). The colonies of *Staphylococcus aureus* on the chromogenic plate were blue-green, with no obvious phenotypic difference, and

收稿日期:2025-06-07

作者简介:李艳艳 女 工程师 研究方向为微生物检测及相关培养基开发 E-mail: 1655640860@qq.com

通信作者:张百刚 男 副教授 研究方向为生物技术与工程 E-mail: zhangbaigang@163.com

崔生辉 男 研究员 研究方向为食品安全检测 E-mail: cuishenghui@aliyun.com

张百刚和崔生辉为共同通信作者

the growth rate was greater than 0.7. **Conclusion** The growth characteristics of *Staphylococcus aureus* on BP medium are closely related to the culture time and medium quality, and the uncertainty caused by the use of a single selective medium should be considered in the revision of GB 4789. 10—2016, and a second selective medium should be introduced into the methodology to enhance the reliability and rigor of the test results.

Key words: Baird Parker agar; *Staphylococcus aureus*; phenotypic characteristics; chromogenic culture medium

金黄色葡萄球菌(以下简称金葡菌)(*Staphylococcus aureus*)作为一种重要的人畜共患病原体,广泛存在于自然环境(空气、土壤、水体)与生物体(皮肤及黏膜)中^[1],凭借其多宿主适应性和分泌的肠毒素对食品安全构成了严重威胁^[2,7-9,14,28],我国《GB 29921—2021 食品安全国家标准 预包装食品中致病菌限量》中针对不同种类的食品均制定了针对性限量要求,并指定依据《GB 4789. 10—2016 食品安全国家标准 食品微生物学检验 金黄色葡萄球菌检验》(以下简称 GB 4789. 10)进行检验^[3]。Baird-Parker 培养基因其对金葡菌的高选择性和高特异性,被 GB 4789. 10 及国外食品规范检验方法采纳为金葡菌分离用培养基^[4]。基于金葡菌产卵磷脂酶、蛋白酶和还原亚碲酸盐等生化特性,该培养基上典型菌落呈现“黑色菌落,伴浑浊带和透明环”特征^[4-5]。然而,鉴于金葡菌的生物多样性,部分金葡菌在 BP 培养基上呈现非典型特征^[6],这种异质性会直接影响检验结果的可靠性和准确性^[15]。

虽然我国 GB 4789. 10 中指定了 BP 培养基的组方,并在《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》(GB 4789. 28—2024)(以下简称 GB 4789. 28)中给出了该培养基的质量评价指标,但由于培养基生产厂家在生产原料质量、生产工艺等方面的客观差异,不同厂家生产出的培养基质量参差不齐,而 GB 4789. 28 中评价用菌株单一,很难客观反映 BP 培养基对不同野生菌株的检验效果。目前,鲜有研究用不同来源金葡菌分离株对比分析不同厂家生产的 BP 培养基的质量,数据不足影响日常检验、食品抽检和风险监测工作时培养基的选择。

本研究使用不同来源的 62 株金葡菌分离株,从培养时间、菌落特征等方面对 4 个厂家生产的 BP 培养基质量进行了对比分析研究,并对非典型菌落的检验提出了解决方案,以期为金葡菌检验方法优化提供重要数据支撑。

1 材料与方法

1.1 材料

1.1.1 实验菌株和培养基

本次实验选择了 52 株分离自我国不同省份环

境、食品和患者的金葡菌和 10 株标准株(表 1)。选取 3 个国内常见品牌和 1 个进口典型品牌的 BP 培养基,分别编号为 A、B、C、D(表 2)。其他培养基和试剂:兔血浆(批号 20240628)、金葡菌显色培养基(批号 20240718)、胰蛋白胨大豆琼脂 TSA 参比培养基(批号 20240709)、胰蛋白胨大豆琼脂 TSA(批号 20240628)、脑心浸出液肉汤 BHI(批号 20240710),均购自北京奥博星生物技术有限责任公司。

1.1.2 主要仪器与设备

DHP-600 型培养箱(天津中环试验仪器厂);XS205DU 电子天平(瑞士梅特勒);YX-280D 手提式灭菌器(合肥华泰医疗设备有限公司);UV-1800 紫外分光光度计(岛津仪器(苏州)有限公司);SY2D 超净工作台(江苏博莱尔净化设备有限公司);ICOUNT 菌落计数仪(杭州迅数科技有限公司);全自动微生物质谱检测系统 Autof ms2000(MOLDI-TOF,郑州安图生物工程股份有限公司);ReadBio III 微生物自动培养及监控分析系统(四川若斌生物科技有限责任公司)。

1.2 方法

1.2.1 菌种的复苏和确认

取-80 °C 保藏的 BHI-甘油菌液一环,分区划线至 TSA 培养基,36 °C 培养 20~24 h 后,取 2~3 个单颗菌落再次分区划线至 TSA 培养基培养,二代新鲜培养物用于 MOLDI-TOF 方法确认。同时,按照 GB 4789. 10 方法,进行血浆凝固酶试验:取二代新鲜培养物接种至 5 mL BHI 肉汤中,(36±1)°C 培养 20~24 h,取 BHI 培养物 0.2 mL 置于 0.5 mL 兔血浆试管中,振荡摇匀,(36±1)°C 放置 6 h,每半小时观察一次,如呈现凝固现象(即将试管倒置时不流动)即判定为凝固酶阳性。同时以已知血浆凝固酶试验阳性和阴性葡萄球菌作为对照。

1.2.2 金葡菌表型特征测试

用无菌棉签取待测菌株新鲜二代 TSA 培养物,加入无菌生理盐水中,调节至 1-1.5OD,用生理盐水依次 10 倍稀释,取适宜稀释度菌液 100 μL(50~250 CFU/100 μL),用无菌 L 棒涂布于待测培养基和 TSA 参比培养基,每株菌涂布两块平板,置于(36±1)°C 培养,分别在 20~24 h 和 44~48 h 观察菌落生长数量及表型特征。

表1 实验用菌株信息列表

Table 1 List of experimental strains

序号	菌株编号	来源	序号	菌株编号	来源	序号	菌株编号	来源
1	CMCC(B)26302	CGMCC	22	ABX24#	鸽子	43	ABX45#	鸡肉
2	CMCC(B)26304	CGMCC	23	ABX25#	鸡肉	44	ABX46#	猪肉末
3	CMCC(B)26305	CGMCC	24	ABX26#	人	45	ABX47#	质控样
4	CMCC(B)26306	CGMCC	25	ABX27#	蛋花汤	46	ABX48#	猪肉末
5	CMCC(B)26307	CGMCC	26	ABX28#	质控样	47	ABX49#	猪肉末
6	CMCC(B)26003	CGMCC	27	ABX29#	环境	48	ABX50#	生鸡肉
7	CICC10790	CICC	28	ABX30#	环境	49	ABX51#	猪肉馅
8	CICC10145	CICC	29	ABX31#	人	50	ABX52#	人
9	ATCC6538	ATCC	30	ABX32#	人	51	ABX53#	人
10	ATCC25923	ATCC	31	ABX33#	猪肉末	52	ABX54#	牛肉馅
11	ABX13#	人	32	ABX34#	质控样	53	ABX55#	牛肉馅
12	ABX14#	鸽子	33	ABX35#	猪肉末	54	ABX56#	鸽子
13	ABX15#	猪肉馅	34	ABX36#	环境	55	ABX57#	环境
14	ABX16#	人	35	ABX37#	猪肉末	56	ABX58#	人
15	ABX17#	环境	36	ABX38#	环境	57	ABX59#	猪
16	ABX18#	牛肉馅	37	ABX39#	人	58	ABX60#	人
17	ABX19#	凉拌菜	38	ABX40#	人	59	ABX61#	牛肉馅
18	ABX20#	猪肉馅	39	ABX41#	人	60	ABX62#	猪肉馅
19	ABX21#	凉拌菜	40	ABX42#	人	61	ABX63#	凉拌菜
20	ABX22#	凉拌菜	41	ABX43#	环境	62	ABX64#	猪肉末
21	ABX23#	环境	42	ABX44#	鸡肉	63	CMCC(B)26069	CGMCC

表2 实验用培养基信息

Table 2 Experimental culture medium information

培养基名称	品牌	地区	批号
BP 培养基	A	中国	20240608
	B	中国	20240407
	C	中国	240608A50
	D	美国	2158081
卵黄亚碲酸钾增菌液	A	中国	20240620
	B	中国	20240720
	C	中国	240621P10
	D	美国	20240407

1.2.3 培养基生长率计算

参照 GB 4789.28 中生长率计算方法,选择 TSA 琼脂为参比培养基,用如下公式计算金葡菌在待测培养基上的生长率:

$$PR = NS/N_0$$

式中:PR 表示生长率;NS 表示待测培养基上生长的菌落总数平均值;N₀ 表示参比培养基上生长的菌落总数平均值。

1.2.4 四个厂家 BP 培养基金葡菌生长比对分析

依据 1.2.3 测试结果,选取 4 种菌落表型有差异的菌株 24 株,每种表型选取 6 株。按照 1.2.3 方法对四个厂家生产的 BP 培养基进行对比分析,用 ReadBio III 微生物自动培养及监控分析系统(36±1)℃培养 48 h,每小时拍照记录菌落生长数量、表型特征。

1.2.5 统计学分析

使用 SPSS 26.0 软件进行统计学分析,采用方差分析的重复测量模块对不同厂家培养基的检验结果进行分析。

2 结果与分析

2.1 菌种确认结果

经 MOLDI-TOF 方法确认,52 株不同来源的金葡菌和 10 株金葡菌标准菌株均为金葡菌,血浆凝固酶实验均为阳性,凝固时间 0.5~6 h(表 3)。

表3 金葡菌血浆凝固酶试验凝固时间(n=62)

Table 3 Coagulation time of *Staphylococcus aureus* plasma coagulase test (n=62)

凝固时间/h	菌株数量/株	凝固时间/h	菌株数量/株
0.5	5	3.5	1
1.0	9	4.0	0
1.5	15	4.5	1
2.0	11	5.0	2
2.5	7	5.5	2
3.0	6	6.0	3

2.2 BP 培养基上金葡菌菌落形态特征分析

本研究对 62 株金葡菌在 A 厂家 BP 培养基上的生长特性进行了测试。结果显示,菌株可依据菌落形态显著区分为两类。第Ⅰ类菌株(n=53)在 22~24 h 培养后,呈现典型的黑色凸起菌落,周围环绕不透明圈;继续培养至 44~48 h,菌落增大并进一步分化为 3 种亚型:亚型 I -1(n=34)菌落周围的不透明圈和外层清晰带均清晰可见;亚型 I -2(n=13)菌落周围的不透明圈不明显,但外层清晰带明显;亚型 I -3(n=6)菌落周围的不透明圈清晰,但外层清晰带不明显。第Ⅱ类菌株(n=9)在 22~24 h 培养后,菌落呈黑色凸起,周围无不透明圈和清晰带,继续培养至 44~48 h,除菌落增大外,其他表型特征无明显变化(表 4,图 1)。

表4 金葡菌在BP培养基上的表型特征(n=62)

Table 4 Phenotypic characteristics of *Staphylococcus aureus* on BP agar (n=62)

培养时间/h	表型	菌落表型特征			数量/株与占比
		黑色菌落	透明圈	浑浊带	
22~24	I	+	+	-	53(85.5%)
	II	+	-	-	9(14.5%)
	I -1	+	++	++	34(54.8%)
44~48	I -2	+	+	++	6(9.7%)
	I -3	+	++	+	13(21.0%)
	II	+	-	-	9(14.5%)

注:菌落形态:黑色突起(+);透明圈:无(-),不明显(+),明显(++);浑浊带:无(-),不清晰(+),清晰(++)

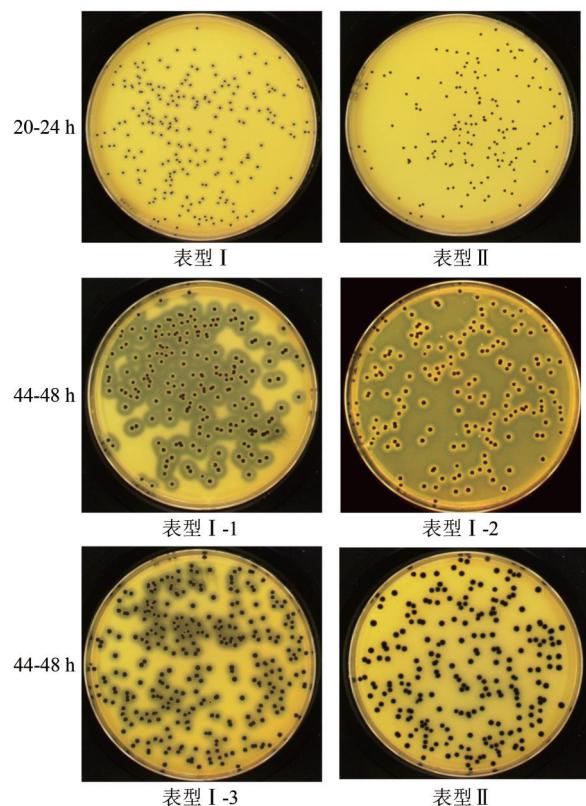


图1 金葡菌在BP培养基上表型特征图

Figure 1 Phenotypic characteristics of *Staphylococcus aureus* on BP agar

2.3 四个品牌BP培养基上金葡菌菌落出现时间、表型和生长率

依据产品说明书制备的4种品牌BP培养基测试后发现,其致密性目测存在显著差异。A和B品牌表现出最佳的平板致密性,D品牌次之,而C品牌则表现出最差的致密性。培养20~24 h后,金葡菌菌落周边沉淀圈的易观察性与致密性存在正相关,A和B品牌沉淀圈最明显,D品牌次之,而C品牌最差。培养至44~48 h后,24株金葡菌在四个品牌BP培养基上菌落表型分类未见明显差异,均呈现2.2中的4种表型。

24株金葡菌在TSA平板上菌落出现时间(7.8 h)短于BP培养基(11.4~12.3 h),差异有统计学意义

($P<0.01$,表5);在4个品牌BP培养基上菌落出现时间差异有统计学意义($F=45.32, P<0.01$),其中品牌A(12.3 h)菌落出现时间显著长于B、C、D品牌;在4个品牌BP培养基上的生长率差异也有统计学意义($F(3, 92)=4.726, P<0.01$),其中在品牌C培养基上的生长率显著性低于品牌A和D($P<0.05$),在4个品牌琼脂上均有少数菌株的生长率低于0.7。24株金葡菌在显色培养基平板上培养18~24 h后,均呈现蓝绿色菌落,菌落回收率均>0.7(图2)。

表5 四个品牌BP培养基上金葡菌菌落出现时间与生长率(n=24)

Table 5 The appearance time and growth rate of *Staphylococcus aureus* colonies on four brands of BP agar (n=24)

培养基	品牌	菌落出现时间/小时	生长率
		—	
TSA 平板	A	7.8±1.0	—
	A	12.3±1.0	0.996±0.187
BP 培养基	B	11.4±2.2	0.951±0.305
	C	11.5±1.4	0.88±0.211
	D	11.5±1.4	0.98±0.151

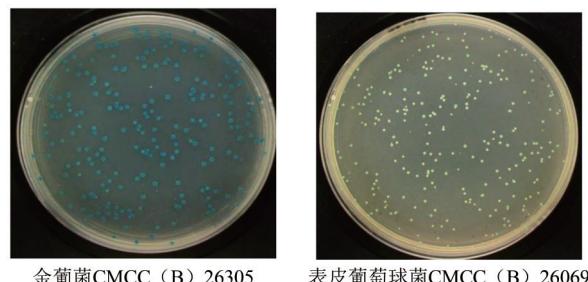


图2 金葡菌和表葡菌在金葡显色平板上的菌落特征

Figure 2 Colony characteristics of *Staphylococcus aureus* and *Staphylococcus epidermidis* on the *Staphylococcus aureus* color plate

3 讨论

本研究用不同来源的62株金葡菌系统分析了不同品牌BP培养基上菌落的表型特征差异,发现新鲜金葡菌在BP培养基上经20~24 h培养,所有菌株($n=62$)均未呈现GB 4789.10—2016^[3]中给出的菌落外围有一“清晰带”的典型菌落特征,部分菌株在培养44~48 h后,存在沉淀环、透明带弱化、缺失的非典型菌落表型,少数分离株在不同品牌BP培养基上的生长率低于0.7,不同品牌BP培养基上金葡菌的菌落显现时间和生长率差异有统计学意义($P<0.01$)。这些结果提示,培养基质量可直接影响计数结果的可靠性,如仅使用BP培养基进行计数,不能保障检验结果的准确性,方法体系中亟需引入第2个选择性培养基,如显色培养基作为补充,以有效弥补BP培养基在金葡菌检验方面的缺陷。本研究为金葡菌检验流程优化、提高结果可靠

性提供了科学依据。

根据菌落沉淀圈和透明环的差异,可将62株金葡菌在BP培养基上的形态分为4种表型。菌落周边沉淀圈和透明环的形成与金葡菌向培养基中分泌脂肪酶和卵磷脂酶的量密切相关^[10,12]。具体而言,沉淀圈的产生是由于菌株分泌了耐热脂肪酶,该酶能够水解卵黄中的甘油三酯,释放出的游离脂肪酸与培养基中的钙离子(Ca²⁺)结合,形成肉眼可见的白色钙皂沉淀圈,脂肪酶的产量与lip基因簇(如gehA)的表达水平呈显著正相关^[10,25]。与之相对,透明环的形成则归因于菌株分泌的卵磷脂酶(lecithinase)^[12],该酶作用于卵黄中的磷脂酰胆碱,将其水解为溶血磷脂酰胆碱和游离脂肪酸,从而在菌落周围形成清晰的透明圈,卵磷脂酶的产量与plc基因的表达水平高度相关^[13,26]。既往研究已证实,不同金葡菌菌株在脂肪酶和卵磷脂酶的表达水平上存在显著差异^[10,12,27],本研究中观察到的四种菌落表型,正是这些基因型差异在表型上的具体表现。

现行国标GB 4789.10—2016虽描述了BP培养基上典型与非典型菌落特征^[3],却未对典型菌落形态出现的时间进行系统描述。本研究发现,新鲜金葡菌在BP培养基上经20~24 h培养,所有菌株均未呈现GB 4789.10—2016中给出的菌落外围有一“清晰带”的典型菌落特征。本研究结果显示,培养时间与金葡菌在BP培养基上的表型密切相关。随着培养时间的延长,部分菌落形态会发生明显变化。现行GB 4789.10—2016标准推荐培养时间为24~48 h,相较于GB 4789.28—2024中BP培养基质控指标的推荐检验时间(44~48 h)过于宽泛^[24],这一宽泛的时间窗口不利于实验室具体工作的开展。为保障检验结果的可靠性,建议对现行国家标准GB 4789.10—2016中关于金葡菌在BP培养基上的菌落形态描述结合培养时间进行细化修订和补充,在GB 4789.10—2016第一法和第三法中明确,培养20~24 h和44~48 h后,分别观察菌落表型;第二法中为保障计数结果的准确性,金葡菌在BP培养基上的培养时间应明确为44~48 h。值得注意的是,如使用显色培养基,所测试金葡菌经18~24 h培养后均呈现出特征性的蓝绿色菌落,这归因于金葡菌表达的β-葡萄糖苷酶能够水解培养基中的显色底物X-Gluc^[16,21,23]。为切实保障金葡菌检验结果的准确性和可靠性,建议金葡菌检验流程中增加显色培养基,以弥补BP培养基的不足。

本研究发现,少数菌种新鲜培养物在不同品牌BP培养基上的生长率低于0.7,不同品牌BP培养基上金葡菌的菌落显现时间和生长率存在极显著

性差异($P<0.01$)。尤其GB 4789.10—2016第二法是直接对食品样品中污染的金葡菌在BP平板进行涂布计数,样品中污染的金葡菌时常受干燥、加热、紫外线等损伤,其生长率和表型特征势必不如新鲜培养物,而第二法恰恰是GB 29921和GB 31607推荐使用的计数方法,其结果势必威胁检验结果的可靠性。本研究结果显示,所有菌株在显色培养基上的生长率均>0.7,这进一步为在金葡菌检验方法中补充显色培养基提供了数据支撑。

尽管所有企业均宣称其BP培养基是基于GB 4789.10配方生产,但本研究发现所测试四个品牌BP培养基上金葡菌菌落出现时间、形态与生长率均存在显著差异,这与不同厂家生产所使用原料的质量和生产工艺密切相关^[18-20,22]。结果表明,BP培养基的外观物理致密性会影响菌落的形态,这可能与细菌代谢产物(如卵磷脂酶、脂肪酶等)在培养基中的扩散速率相关。BP培养基的外观致密性与琼脂和卵黄添加剂的质量密切相关,而琼脂的性能由其多糖组分及杂质含量决定,不同来源(如石花菜、江蓠属)的琼脂中戊糖多聚物(如阿拉伯糖-半乳糖复合物)含量存在显著差异^[17],从而影响代谢产物在孔径异质性凝胶网络(孔径10~150 nm)中的扩散效率,进而影响早期菌落形态观察;卵黄添加剂的质量对菌落形态的影响更为直接,未充分乳化的卵黄因脂质聚集而降低卵磷脂酶催化效率,使透明环形成缓慢^[10];同时,卵黄中低密度脂蛋白氧化程度抑制亚碲酸盐还原酶活性^[11],导致菌落黑色素合成延迟,从而影响菌落形态变化。为保障BP培养基的质量,建议培养基企业在生产过程中应引入凝胶强度及卵黄乳液粒度测定等质量控制指标,以确保BP培养基的质量。

综上所述,金葡菌在BP培养基上的生长特性与培养时间、培养基质量等密切相关,GB 4789.10—2016修订时应考虑使用单一选择性培养基对检验结果造成的不确定性。为有效弥补BP培养基在金葡菌检验方面的缺陷,方法体系中亟需引入第二个选择性培养基,以增强检验结果的可靠性和严谨性。

参考文献

- [1] 左祥,查艳景,王征.金黄色葡萄球菌的临床分布及耐药基因研究[J].中国病原生物学杂志,2017,12(6):566-569.
- ZUO X, CHA Y J, WANG Z. Clinical distribution and resistance genes of *Staphylococcus aureus* [J]. Chinese Journal of Pathogenic Biology, 2017, 12(6): 566-569.
- [2] 陈菲菲,狄红霞,蓝乐夫.金黄色葡萄球菌重要毒力因子的功能及其抑制剂研究进展[J].科学通报,2013,58(36):3743-3752.

- CHEN F F, DI H X, LAN L F. Research progress on the functions and inhibitors of important virulence factors of *Staphylococcus aureus* [J]. *Scientific Bulletin*, 2013, 58(36): 3743-3752.
- [3] 中华人民共和国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 金黄色葡萄球菌检验: GB 4789.10—2016[S]. 北京: 中国标准出版社, 2016.
- National Health and Family Planning Commission of the People's Republic of China, State Food and Drug Administration. National Food Safety Standard Microbiological Examination of Food - Detection of *Staphylococcus aureus*: GB 4789.10—2016[S]. Beijing: China Standard Press, 2016.
- [4] ISO. 2021 Microbiology of the food chain—Horizontal method for the enumeration of coagulase-positive staphylococci (*Staphylococcus aureus* and other species)—Part 1: Method using Baird-Parker agar medium: ISO 6888-1[S]. Geneva: ISO, 2021.
- [5] Food and Drug Administration. Bacteriological Analytical Manual (BAM) [M]. U.S., 2024.
- [6] 于海璐, 骆海朋, 任秀, 等. Baird-Parker琼脂上被抑制的金黄色葡萄球菌的筛选与特征研究[J]. 中国食品卫生杂志, 2017, 29(1): 51-55.
- YU H Y, LUO H P, REN X, et al. Screening and characterization of inhibited *Staphylococcus aureus* on Baird Parker agar [J]. *Chinese Journal of Food Safety*, 2017, 29(1): 51-55.
- [7] YANG C, CHEN X W, LI W, et al. Genomic epidemiology and phenotypic characterization of *Staphylococcus aureus* isolated from atopic dermatitis patients in South China [J]. *Scientific Reports*, 2025, 15(1): 1-10.
- [8] 施君, 王红梅, 邓继岗. 金黄色葡萄球菌血流感染住院患儿临床特征及危险因素[J]. 中国感染控制杂志, 2023, 22(2): 208-216.
- SHI J, WANG H M, DENG J K. Clinical characteristics and risk factors of hospitalized children with *Staphylococcus aureus* bloodstream infection [J]. *Chinese Journal of Infection Control*, 2023, 22(2): 208-216.
- [9] 黄嘉慧, 吴诗, 李瑾, 等. 金黄色葡萄球菌耐药机制及其耐药性检测方法研究进展[J]. 现代食品科技, 2025, 41(1): 343-358.
- HUANG J H, WU S, LI Y, et al. Research progress on drug resistance mechanism and detection methods of *Staphylococcus aureus* [J]. *Modern Food Technology*, 2025, 41(1): 343-358.
- [10] ROLLOF J, NORMARK S. Characterization of *Staphylococcus aureus* lipase and its role in halo formation. *APMIS*, 1988, 96: 365-370.
- [11] ZHANG Y, CHEN J, LI H. Phenotypic divergence in *Staphylococcus aureus* linked to lipid metabolism gene clusters. *Front Microbiol*, 2020, 11: 589.
- [12] HUSEBY MJ, KRUSE AC, DIGRE J, et al. Molecular mechanism of phosphatidylcholine hydrolysis by *Staphylococcus aureus* phospholipase C. *J Bacteriol*, 2007, 189(22): 8257-8269.
- [13] CHEN P R, LI B, WANG L. Genome-wide association study reveals SNPs in plc promoter correlate with clear zone phenotype [J]. *mSphere*, 2021, 6(3): e01245-21.
- [14] HUSSAIN M, VON EIFF C, SINHA B, et al. eap Gene as Novel Target for Specific Identification of *Staphylococcus aureus* [J]. *Journal of Clinical Microbiology*, 2007, 46(2): 470-476.
- [15] 张琴, 蔡双福, 朱飞艾. 典型菌落计数对金黄色葡萄球菌检测结果的影响[J]. 食品与发酵科技, 2018, 54(2): 120-123.
- ZHANG Q, CAI S F, ZHU F A. The influence of typical colony count on the detection results of *Staphylococcus aureus* [J]. *Food and Fermentation Technology*, 2018, 54(2): 120-123.
- [16] 周霞霞, 杨广, 邢家溧, 等. 金黄色葡萄球菌定性定量检测中显色培养基的效果评价[J]. 食品安全质量检测学报, 2020, 11(24): 9329-9335.
- ZHOU X X, YANG G, XING J L, et al. Evaluation of the effectiveness of chromogenic culture medium in qualitative and quantitative detection of *Staphylococcus aureus* [J]. *Journal of Food Safety and Quality*, 2020, 11(24): 9329-9335.
- [17] PORSE H, RUDOLPH B, LARSEN B. Rheological properties of agars extracted from different Gracilaria species [J]. *Applied Phycology*, 2018, 30(1): 304-312.
- [18] 黄斌, 赵萍, 袁俏梅. Baird-Parker培养基的配制方法改进[J]. 中国卫生检验杂志, 2001(4): 479.
- HUANG B, ZHAO P, YUAN Q M. Improvement of preparation method for Baird Parker culture medium [J]. *Chinese Journal of Health Inspection*, 2001(4): 479.
- [19] 马嘉琦, 李艳艳, 刘小燕, 等. 甘露醇氯化钠琼脂培养基成分对鉴定金黄色葡萄球菌的影响[J]. 中国食品卫生杂志, 2024, 36(4): 369-376.
- MA J Q, LI Y Y, LIU X Y, et al. The effect of mannitol and sodium chloride agar medium components on the identification of *Staphylococcus aureus* [J]. *Chinese Journal of Food Hygiene*, 2024, 36(4): 369-376.
- [20] 张旭东, 刘鑫, 牛文博, 等. 吡啶黄素改良 Baird-Parker琼脂在金黄色葡萄球菌检测中的应用研究[J]. 中国口岸科学技术, 2022, 4(1): 60-64.
- ZHANG X D, LIU X, NIU W B, et al. Application of acridine yellow modified Baird Parker Agar in the detection of *Staphylococcus aureus* [J]. *China Journal of Port Science and Technology*, 2022, 4(1): 60-64.
- [21] 唐璎, 赵雪. 金黄色葡萄球菌显色培养基中显色底物浓度对显色效果的影响[J]. 中国包装, 2019, 39(5): 57-60.
- TANG Y, ZHAO X. The effect of substrate concentration on the color development of *Staphylococcus aureus* in chromogenic culture medium [J]. *China Packaging*, 2019, 39(5): 57-60.
- [22] 崔迎, 李宏铎, 夏天, 等. 3个厂家即用型 Baird-Parker琼脂平板性能评测[J]. 食品安全质量检测学报, 2018, 9(6): 1460-1464.
- CUI Y, LI H D, XIA T, et al. Performance evaluation of ready to use Baird Parker agar plates from three manufacturers [J]. *Journal of Food Safety and Quality Inspection*, 2018, 9(6): 1460-1464.
- [23] 范鹏飞, 顾春华, 杨陶丽薇, 等. 显色平板与 Baird-Parker 平板在金黄色葡萄球菌能力验证中的比较分析[J]. 甘肃科技纵横, 2021, 50(11): 28-31, 46.
- FAN P F, GU C H, YANG T L W, et al. Comparative analysis of colorimetric plate and Baird Parker plate in the ability verification of *Staphylococcus aureus* [J]. *Gansu Science and*

- Technology Zongheng, 2021, 50(11): 28-31, 46.
- [24] 中华人民共和国国家卫生健康委员会, 国家市场监督管理总局. 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: GB 4789.28—2024[S]. 北京: 中国标准出版社, 2024.
- National Health Commission of the People's Republic of China, State Administration for Market Regulation. National Food Safety Standard Microbiological Examination of Food - Quality requirements for culture media and reagents: GB 4789.28—2024 [S]. Beijing: China Standard Press, 2024.
- [25] CHEN P R, LI B, WANG L. Metabolic Profiling of *Staphylococcus aureus* Phenotypes[J]. Analytical Chemistry, 2024, 96: 5432.
- [26] HUSSAIN M, VON EIFF C, SINHA B, et al. Polymorphism of the coagulase gene in *Staphylococcus aureus* strains with distinct virulence profiles[J]. Journal of Bacteriology, 2008, 190(7): 2256-2265.
- [27] KURODA M, SEKIZUKA T, MATSUI H, et al. Transcriptomic analysis of *Staphylococcus aureus* coagulase expression dynamics under host-mimicking conditions[J]. The Lancet Infectious Diseases, 2019, 19(3): e76-e85.
- [28] CHAMBERS HF, DELEO FR. Waves of resistance: *Staphylococcus aureus* in the antibiotic era[J]. New England Journal of Medicine, 2009, 361(15): 1481-1483.

(上接第604页)

刘烈刚(华中科技大学公共卫生学院)

刘爱东(国家食品安全风险评估中心)

孙长颢(哈尔滨医科大学)

李 宁(国家食品安全风险评估中心)

李 黎(中华预防医学会)

李凤琴(国家食品安全风险评估中心)

李业鹏(国家食品安全风险评估中心)

李国梁(陕西科技大学食品与生物工程学院)

李静娜(武汉市疾病预防控制中心)

杨 方(福州海关技术中心)

杨 钧(青海省卫生健康委员会卫生监督所)

杨大进(国家食品安全风险评估中心)

杨小蓉(四川省疾病预防控制中心)

杨杏芬(南方医科大学公共卫生学院)

肖 荣(首都医科大学公共卫生学院)

吴永宁(国家食品安全风险评估中心)

何更生(复旦大学公共卫生学院)

何来英(国家食品安全风险评估中心)

何洁仪(广州市疾病预防控制中心)

高志贤(军事科学院军事医学研究院)

郭云昌(国家食品安全风险评估中心)

郭丽霞(国家食品安全风险评估中心)

唐振柱(广西壮族自治区疾病预防控制中心)

黄 薇(深圳市疾病预防控制中心)

黄锁义(右江民族医学院药学院)

常凤启(河北省疾病预防控制中心)

崔生辉(中国食品药品检定研究院)

章 宇(浙江工商大学生物工程与食品学院)

章荣华(浙江省疾病预防控制中心)

梁进军(湖南省疾病预防控制中心)

程树军(广州海关技术中心)

傅武胜(福建省疾病预防控制中心)

谢剑炜(军事科学院军事医学研究院)

赖卫华(南昌大学食品学院)

裴晓方(四川大学华西公共卫生学院)

廖兴广(河南省疾病预防控制中心)

熊丽蓓(上海市疾病预防控制中心)

樊永祥(国家食品安全风险评估中心)