耐热菌对乳制品的影响及其控制策略研究

张 帅，郭 晶，齐国新，巴雅苏拉，陈晓民

蒙牛乳业（尚志）有限责任公司检测实验室，黑龙江哈尔滨 150600

摘 要：乳制品在高温灭菌过程中，尽管大部分微生物被灭活，但仍有部分耐热菌存活下来，对灭菌乳的品质和感官造成严重威胁。本文通过分析不同类型耐热菌的生理生化特性及生物被膜的形成机制，探究其对乳制品品质的影响；通过详细阐述耐热菌的灭活条件和方法，从牧场、乳制品加工厂的角度探讨了从源头到加工过程中对耐热菌的控制措施，为牧场及乳品企业制定有效的耐热菌灭活策略提供了有力的实验数据支持。

关键词：微生物；耐热菌；乳制品

文章编号：1671–4393（2025）05–0078–07 DOI:10.12377/1671–4393.25.05.13

中国乳业线上阅读

0 引言

耐热菌（Thermoduric Bacteria）通常指经常规杀菌工艺不能完全杀死，甚至经过巴氏杀菌和超高温（UHT）杀菌处理后仍能存活的一类微生物的总称[1]。乳制品生产设备管道内壁易形成生物被膜，会由此增强耐热菌对环境的抗性，影响设备清洗效果，进而对乳制品产生滋气味及感官影响[2]。

乳制品中的耐热菌主要分为两类[3]：专性耐热菌和兼性耐热菌。专性耐热菌的生长温度范围较窄，通常为40～68 ℃，代表性菌种包括好热黄无氧芽孢菌（*Anoxybacillus flavithermus*）和嗜热脂肪芽孢杆菌（*Bacillus stearothermophilus*）等；而兼性耐热菌则能在40～50 ℃条件下生长，这类菌主要属于芽孢杆菌属（*Bacillus*），其不同菌株具有不同的温度适应性，常见的有地衣芽孢杆菌（*Bacillus licheniformis*）、凝结芽孢杆菌（*Bacillus coagulans*）、短小芽孢杆菌（*Bacillus pumilus*）和枯草芽孢杆菌（*Bacillus subtilis*）。上述耐热菌的生理

作者简介：张 帅（1995–），男，黑龙江大庆人，硕士，研究方向为微生物学；
郭 晶（1986–），女，黑龙江齐齐哈尔人，本科，研究方向为食品科学与工程；
齐国新（1975–），女，黑龙江五常人，硕士，研究方向为食品科学与工程；
巴雅苏拉（1985–），男，内蒙古呼和浩特人，本科，研究方向为数据统计分析；
陈晓民（1980–），男，黑龙江大庆人，本科，研究方向为食品分析检验。

生化特征见表1。

1 乳制品中常见耐热菌

1.1 蜡样芽孢杆菌（*Bacillus cereus*）

蜡样芽孢杆菌是一种革兰氏阳性需氧菌[6]，菌体呈粗大杆状，两端平直，大小为（1.0～1.5）μm×（3.0～5.0）μm，通常排列成短链状。该菌无荚膜，部分菌株有鞭毛，能形成椭圆形芽孢，芽孢位于菌体中央或近中央位置，且宽度不超过菌体直径。蜡状芽孢杆菌对营养条件要求不高，在普通琼脂平板上即可良好生长，最适生长温度为28～35 ℃。

1.2 地衣芽孢杆菌（*Bacillus licheniformis*）

地衣芽孢杆菌是一种土壤中常见的革兰氏阳性耐热菌[7]，菌体呈杆状，通常以芽孢形式存在，使其能够在恶劣的条件下存活。地衣芽孢杆菌耐高温、耐酸、耐盐，表现出极强的抗逆性。

1.3 嗜热淀粉芽孢杆菌（*Bacillus thermoamylovorans*）

嗜热淀粉芽孢杆菌是一种革兰氏阴性兼性厌氧菌[8]，菌体通常呈乳白色、杆状，可单个或成对排列，菌落大小为3.5～5.0 mm，耐高温，繁殖能力较强，易存活，耐受低酸环境，对大多数抗生素不敏感，可在短时间内成为优势种群。

1.4 枯草芽孢杆菌（*Bacillus subtilis*）

枯草芽孢杆菌是一种革兰氏阳性细菌，广泛存在于土壤和有机腐败物中[9]，其名称源于在枯草浸汁中易于繁殖的特性。该菌体呈杆状，单个细胞大小为（0.7～0.8）μm×（2～3）μm，能形成抗逆性强的内生芽孢，芽孢呈椭圆形至柱状，大小为（0.6～0.9）μm ×（1.0～1.5）μm，通常位于菌体中央或略偏位置，且芽孢形成后菌体形态不会明显膨大。

枯草芽孢杆菌生长迅速，菌落外观粗糙、不透明，呈污白色或淡黄色。在液体培养基中常形成表面皱褶的菌膜。作为一种需氧菌，它能代谢蛋白质、多种糖类及淀粉，并分解色氨酸产生吲哚。该菌在遗传学研究领域应用广泛，尤其针对其嘌呤核苷酸的合成途径及相关调控机制已有较深入研究。

2 耐热菌对乳制品的危害

牧场的牛舍环境卫生状况不佳，其土壤、垫料、饲料等因素都是耐热菌污染的主要来源。牛舍周围产生的耐热菌既会污染牛体本身，也会污染挤奶及防护器具，进而在挤奶过程中污染原料乳。由于耐热菌具有耐高温、易残留、不易灭活的特性，在乳制品生产过程中，原料乳经巴氏杀菌、UHT杀

表 1 常见耐热菌的生理生化特征[4，5]

	好热黄无氧芽孢菌	嗜热脂肪芽孢杆菌	地衣芽孢杆菌	枯草芽孢杆菌	凝结芽孢杆菌	短小芽孢杆菌	耐热芽孢杆菌
最高生长温度（℃）	65 ~ 72	65 ~ 68	50 ~ 55	45 ~ 55	57 ~ 61	50 ~ 55	45 ~ 55
最低生长温度（℃）	30 ~ 38	37	15	5 ~ 20	15 ~ 25	5 ~ 15	20
生长方式	厌氧	需氧	厌氧	需氧	厌氧	需氧	需氧
pH 值范围	6.0 ~ 9.0	6.0 ~ 8.0	5.5 ~ 8.5	5.5 ~ 8.5	4.0 ~ 10.5	5.5 ~ 8.5	6.5 ~ 8.5
芽孢位置	末端	末端	中端	中端	亚末端	中端	末端
7%NaCl 生长情况	不可生长	不可生长	可生长	可生长	不可生长	可生长	不可生长
酪蛋白水解活性	阳性	可变	阳性	阳性	阴性	阳性	阳性
明胶水解活性	阴性	阳性	阳性	阳性	可变	阳性	阴性
淀粉水解活性	阳性	阳性	阳性	阳性	阳性	阴性	阴性

中国乳业线上阅读

菌后，仍能在成品中残留处于休眠状态的耐热菌，一旦在运输和销售环节遇到适宜的生长条件，可能使其重新恢复活性。在乳制品等天然培养基中，耐热菌会持续繁殖，从而极易引发严重的产品质量隐患，导致其出现结块、酸味、豆腐渣状沉淀等现象[10]。在乳制品加工过程中可能残留多种耐热菌，这些微生物会导致产品发生不同类型的变质。具体表现为：枯草芽孢杆菌可分解乳蛋白并改变其结构特性；蜡样芽孢杆菌在分解蛋白质的同时还可引发非酸性凝固现象；而短小芽孢杆菌、凝结芽孢杆菌和环状芽孢杆菌则可通过代谢产酸作用，最终导致乳制品酸败[11]。

此外，耐热菌的腐败能力需引起重视。研究发现，嗜热脂肪芽孢杆菌可导致大多数食品酸度变化[12]。Lindsay等[13]研究发现，枯草芽孢杆菌在原料乳、巴氏乳、UHT杀菌乳或灌装乳制品中能产生性物质。Buisman等[14]发现，凝胶芽孢杆菌可在UHT杀菌乳或灌装乳制品中产生乳酸，导致乳制品的质量下降。

2.1 耐热菌生物被膜

2.1.1 耐热菌生物被膜的特性

耐热菌生物被膜（Thermoduric bacteria Biofilm，TBF）状态的微生物与漂浮在环境中的微生物有显著差异，会显著提高微生物对高温、杀菌剂、消毒剂等不良外界环境的抵抗能力，使其耐受性更强。在耐热菌群落中，跨种属微生物可通过化学信号介导的通讯机制实现协同作用，这种基于群体感应的交互网络可促使微生物群体形成特殊生理功能与适应策略。Aparna等[15]研究表明，在胞外多聚物基质中，微生物通过构建亲水性孔道结构促进物质传输，同时该基质内富含功能性组分（如蛋白、eDNA），既能作为胞外代谢库维持营养供给，又能强化微生物在极端条件下的代谢活性与环境适应性。值得注意的是，乳制品加工设备表面定植的耐热菌生物膜结构，可通过分泌热稳定性残留污染因子改变产品理化性质，不仅会引发生产损耗与品质劣变，更会因抗性基因的水平转移增加潜在食源性疾病风险。

2.1.2 耐热菌生物被膜的形成

如图1所示，耐热菌生物被膜的形成可分为5 个阶段：浮游期、粘附期、形成期、成熟期和播散期[16]。

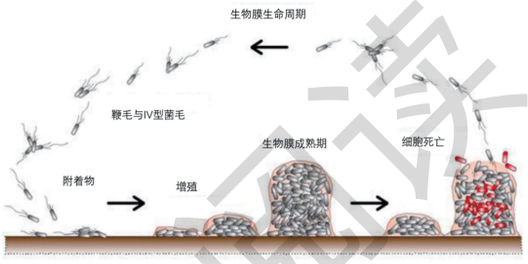


图 1 耐热菌生物被膜的形成过程 [16]

（1）浮游期：微生物以离散单细胞形态保持运动活性，细胞表面粘附蛋白尚未激活，表现为高代谢活性、低环境抗性的生理特征。

（2）粘附期：微生物通过表面拓扑结构适配与界面物理化学作用（包括范德华相互作用、静电双层效应及疏水缔合作用），完成初期可逆粘附[17]，随后经鞭毛介导的机械锚定及菌毛参与的界面分子识别，实现向不可逆粘附的转变[18]。

（3）形成期：定植微生物启动群体感应调控网络，通过luxS基因等调控元件激活胞外多糖合成酶系统，形成包裹微生物群落的凝胶状胞外聚合物基质，标志着生物膜发育的关键转折点。

（4）成熟期：胞外聚合物基质在空间应力作用下形成异质性三维架构，其特征性蘑菇样突起结构中包含亲水性微通道网络，通过渗透压驱动机制实现溶质梯度传输（水分、营养底物及信号分子）与代谢废物清除[19]。值得注意的是，Flint等[20]通过表面拓扑分析揭示，在乳制品加工系统高剪切区域（如巴氏杀菌管路），耐热菌倾向于形成单层生物膜拓扑构型，这与传统多层嵌入式生物膜存在显著差异。该现象与Singh等[21]在流体动力学研究中观察到的生物膜形态适应性变化相印证——高速流态下生物膜通过降低厚度（＜20 μm）和增强基质交联实现抗剪切稳定性，而在低流速区域（如蒸发器滞流区）则

中国乳业线上阅读

发育出多孔性多层结构以优化物质交换。

（5）播散期：成熟生物膜通过群体感应系统调控的基质裂解酶（如分散素B）释放具有迁移能力的子代细胞，这些复苏的浮游态微生物携带母体生物膜的环境记忆表型，为新一轮定殖循环提供适应性优势。

3 常见耐热菌的灭活条件

3.1 温度与时间

耐热菌的灭活遵循一级动力学模型，杀灭90%微生物所需时间（D值）和等效灭菌时间（F值）是关键参数，一般采用高于100 ℃的温度，在短时间内灭活耐热菌。例如，灭活嗜酸耐热菌芽孢在85 ℃需56 min、90 ℃需15 min、95 ℃需2.14 min[22]。湿热灭菌中，标准F_0值（在121.1 ℃下的等效灭菌时间）常用于评估灭菌效力。干热灭菌中，通过干热空气进行灭菌，如在烘箱中加热至160～170℃，维持2 h以上，可使耐热菌的蛋白质变性、核酸降解，从而达到灭活效果。该方法适用于耐高温的物品，如玻璃器皿、金属器械等，但不适用于不耐高温的材料。

3.2 pH 值与化学消毒剂

酸性环境可诱导部分耐热菌的耐酸反应（ATR），如鼠伤寒沙门氏菌在pH值4.5条件下存活率高达71.72%，其赖氨酸脱羧酶基因和膜蛋白基因上调，可增强质子外排能力。相反，碱性环境或氧化剂（如臭氧、过氧化氢）可通过破坏细胞膜或DNA抑制其活性[23]。

（1）强氧化剂：如过氧化氢、过氧乙酸等。通过产生羟基自由基等活性物质，无差别攻击耐热菌的细胞壁、细胞膜和细胞内的蛋白质、核酸等重要成分，从而灭活耐热菌。过氧乙酸具有强氧化性和腐蚀性，能迅速穿透耐热菌菌细胞膜，氧化分解细胞内物质，达到灭活目的[24]。

（2）含氯消毒剂：如次氯酸钠等。在水中能释放次氯酸后通过强氧化作用破坏耐热菌的细胞膜和蛋白质，使细菌灭活，对多数细菌繁殖体、病毒和部分真菌有效。但含氯消毒剂可能造成一定的环境污染，使用后需进行充分清洗[25]。

（3）季铵盐类消毒剂：该类消毒剂通过阳离子表面活性剂特性破坏耐热菌细胞膜通透性，使细胞内物质泄漏，起到灭活作用。但某些耐热菌可能对季铵盐类消毒剂有一定抗性，需根据具体情况选择合适的浓度和使用方法[26]。

3.3 紫外线照射

紫外线可破坏耐热菌的遗传物质（如DNA和RNA），使其无法正常复制和转录；破坏蛋白质的氨基酸结构，并降低氧化酶活性，进一步削弱其代谢功能。紫外线作用于空气中的氧气时，可电离生成臭氧，臭氧作为一种强氧化剂，可协同增强杀菌效果，从而阻止细菌的生长和繁殖。但紫外线的穿透能力较弱，只能灭活物体表面的耐热菌，对隐藏在物体内部或阴影中的耐热菌效果有限[27]。

4 控制措施及策略

4.1 牧场环境

牛舍的卫生管理水平直接决定原料乳的微生物品质。牛舍环境清洁度不足时，奶牛体表容易积聚粪便、垫料、泥土等污染物，并由此携带大量耐热菌。同时，牛舍空气中悬浮的粉尘也是微生物的重要载体，其中的耐热菌不仅会污染奶牛体表，还可能通过不规范的挤奶操作污染挤奶设备，为耐热芽孢菌繁殖创造条件。挤奶环节中，若挤奶机、储奶桶、运输罐及管道系统等设备未能严格执行清洗消毒程序，会成为原料乳中耐热芽孢菌的主要污染途径。此外，清洁状况不佳的操作人手部和工作服同样可能成为耐热菌的传播媒介[28]。

因此，在牧场层面控制耐热菌污染是确保原料乳质量的关键。首先，优化奶牛饲养环境至关重要。保持牛舍清洁干燥，定期消毒，可有效减少环境中耐热菌数量。其次，加强挤奶卫生管理。使用

中国乳业线上阅读

经过严格消毒的挤奶设备，规范挤奶操作流程，避免交叉污染。此外，定期对奶牛进行健康检查，及时治疗乳腺炎等疾病，也有助于降低原料乳中的耐热菌含量[29]。

原料乳的储存和运输环节也需严格控制。快速冷却原料乳至4 ℃以下，并保持冷链运输，可抑制耐热菌繁殖。定期清洗和消毒储奶罐及运输设备，可防止二次污染。通过以上措施，可从源头有效控制耐热菌污染，为后续乳制品加工提供高质量的原料乳[30]。

4.2 加工厂环境

在加工厂层面，优化加工工艺是控制耐热菌的关键。虽然传统巴氏杀菌无法完全灭活耐热菌，但可通过调整温度和时间参数提高杀菌效果。如采用高温短时（HTST）或UHT处理，可显著降低耐热菌数量。此外，结合膜过滤、高压处理等非热杀菌技术，可进一步提高杀菌效果，同时保留产品的营养成分[31]。

在UHT灭菌乳的生产过程中，原料乳中芽孢菌的检测必须作为日常关键控制点严格执行。原料乳中耐热芽孢菌的初始含量与成品中芽孢残留量呈正相关，会直接影响产品的保质期稳定性。当检测发现原料乳中芽孢菌数超过工艺控制标准时，必须严格禁止将该批次原料乳用于UHT灭菌乳的生产，以避免因耐热芽孢菌残留导致的产品质量风险。生产实践表明，只有严格控制原料乳的微生物指标，才能确保最终产品的商业无菌要求。当原料乳中芽孢杆菌数≥10^3 CFU/mL时，应考虑拒收该批次原料乳。这是因为在高菌浓度下，细胞会自行产生具有热保护作用的物质，导致耐热性增强，从而影响产品的质量安全[31，32]。

生产环境的卫生管理同样重要。加工厂应建立严格的卫生管理制度，定期对生产设备、管道和车间环境进行清洗消毒。采用封闭式生产系统，减少人为污染的风险。同时，加强员工卫生培训，提高操作人员的卫生意识，确保生产过程中的卫生控制。

质量监控体系的建立和完善是保障产品质量的最后一道防线。加工厂应建立从原料到成品的全程质量监控体系，包括原料乳验收、生产过程监控和成品检验等环节。采用快速检测技术（如PCR、ELISA等），可及时准确检测耐热菌污染情况。建立完善的产品追溯系统，一旦发现问题，能快速定位并采取相应措施，最大限度减少损失[32，33]。

5 总结与展望

本文从耐热菌的种类、对乳制品的危害、灭活条件以及控制措施和策略4 个方面进行阐述，说明控制乳制品中的耐热菌污染是保障产品质量安全的关键。这需要从牧场和加工厂两个层面采取综合措施。在牧场层面，优化饲养环境、加强挤奶卫生管理和严格把控原料乳储存运输环节，可有效降低原料乳中耐热菌数。在加工厂层面，优化加工工艺、加强生产环境卫生管理和完善质量监控体系，能进一步控制耐热菌污染，确保产品质量和安全。

乳制品中耐热菌控制的研究应着重于新型杀菌技术的开发、耐热菌检测方法的改进及综合控制策略的优化。在新型杀菌技术方面，脉冲电场、超声波、冷等离子体等非热杀菌技术显示出巨大潜力。这些技术能有效杀灭微生物，同时最大限度保留产品的营养成分和感官特性。然而，这些技术的工业化应用仍需解决设备成本、处理效率等问题。耐热菌检测方法的改进对及时监测和控制污染至关重要。传统的培养方法耗时长，难以满足现代乳制品工业快速检测的需求。因此，开发快速、灵敏的分子生物学检测方法（如PCR、qPCR、基因芯片等）成为研究热点。这些方法能实现耐热菌的快速鉴定和定量，为及时采取控制措施提供依据。综合控制策略的优化是未来研究的另一重要方向。单一的控制方法往往难以完全消除耐热菌污染，因此需结合多种方法，建立从原料到成品的全程控制体系。这包括优化牧场管理、改进加工工艺、加强环境卫生

中国乳业线上阅读

控制等多方面措施。同时，利用预测微生物学和风险评估方法，可更科学地制定控制策略，提高控制效果。

未来，随着新技术的不断发展，如基因编辑、纳米技术等在食品领域的应用，或为耐热菌控制提供新的解决方案。同时，加强行业监管和标准制定，提高从业人员的专业素质，也是控制耐热菌污染的重要措施。只有通过多方协作、持续改进，才能有效控制乳制品中的耐热菌污染，保障消费者健康，促进乳制品行业可持续发展。

参考文献

[1] Yuan D D，Liu G C，Ren D Y，et al.A survey on occurrence of thermophilic bacilli in commercial milk powders in China[J].Food Control，2012，25（2）：752–757.

[2] Flint S H，Bremer P J，Brooks J D.Biofilms in dairy manufacturing plant–description，current concerns and methods of control[J].Biofouling（Chur，Switzerland），1997，11（1）：81–97.

[3] Flint S H，Ward L J H，Walker K M R.Functional grouping of thermophilic Bacillus strains using amplification profiles of the 16S–23S internal spacer region[J].Systematic and Applied Microbiology，2001，24（4）：539–548.

[4] De Clerck E，Rodriguez–Diaz M，Vanhoutte T，et al.Anoxybacillus contaminans sp. nov. and Bacillus gelatini sp. nov.，isolated from contaminated gelatin batches[J].International Journal of Systematic and Evolutionary Microbiology，2004，54（Pt. 3）：941–946.

[5] Deflaun M F，Fredrickson J K，Dong H，et al.Isolation and characterization of a Geobacillus thermoleovorans strain from an ultra–deep South African gold mine[J].Systematic and Applied Microbiology，2007，30（2）：152–164.

[6] 张伟伟，鲁绯，张金兰，等.食品中蜡样芽孢杆菌的研究进展[J].中国酿造，2010，29（5）：1–4.

[7] 唐娟，张毅，李雷雷，等.地衣芽孢杆菌应用研究进展[J].湖北农业科学，2008，47（3）：351–354.

[8] Cai L，Zheng S W，Shen Y J，et al.Complete genome sequence provides insights into the biodrying–related microbial function of Bacillus thermoamylovorans isolated from sewage sludge biodrying material[J].Bioresource Technology，2018，260：141–149.

[9] Spears J L，Kramer R，Nikiforov A I，et al.Safety assessment of Bacillus subtilis MB40 for use in foods and dietary supplements[J].Nutrients，2021，13（3）：733.

[10] 李忠民，魏艳敏，庞伟华.牛乳中耐热芽孢杆菌致死条件的研究进展[J].中国乳业，2013（2）：46–47.

[11] 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.

[12] Kalogridou–Vassiliadou D.Biochemical activities of Bacillus species isolated from flat sour evaporated milk[J].Journal of Dairy Science，1992，75（10）：2681–2686.

[13] Lindsay D，Brözel V S，Mostert J F，et al.Differential efficacy of a chlorine dioxide–containing sanitizer against single species and binary biofilms of a dairy–associated Bacillus cereus and a Pseudomonas fluorescens isolate[J].Journal of Applied Microbiology，2002，92（2）：352–361.

[14] Buisman W K，Mouwen J M V M，Wensing T，et al.Intraruminal administration of milk in the calf as a model for ruminal drinking：morphological and enzymatical changes in the jejunal mucosa[J].Veterinary Research Communications，1990，14（2）：129–140.

[15] Aparna M S，Yadav S.Biofilms：Microbes and disease[J].The Brazilian Journal of Infectious Diseases，2008，12（6）：526–530.

[16] 林学海.乳粉湿法生产中耐热菌生物被膜形成及其影响研究[D].杭州：浙江科技学院，2017.

[17] Palmer J S，Flint S H，Schmid J，et al.The role of surface charge and hydrophobicity in the attachment of Anoxybacillus flavithermus isolated from milk powder[J].Journal of Industrial Microbiology & Biotechnology，2010，37（11）：1111–1119.

[18] Dunne，W M. Bacterial adhesion：seen any good biofilms lately? [J].Clinical Microbiology Reviews，2002，15（2）：155–166.

[19] 冯星火，赵广福，崔连东，等.铜绿假单胞菌生物被膜对抗菌药物作用影响的实验研究[J].微生物学报，2000，40（2）：210–213.

[20] Flint S H，Brooks J D，Bremer P J.Use of the Malthus conductance growth analyser to determine numbers of Thermophilic Streptococci on stainless steel[J].Journal of Applied Microbiology，1997，83（3）：335–339.

[21] Singh R，Paul D，Jain R K.Biofilms：Implications in bioremediation[J].Trends in Microbiology，2006，14（9）：389–397.

[22] 许占位，余清谋，刘永建.浓缩果汁生产中嗜酸耐热菌的控制[J].饮料工业，2003，6（5）：32–34.

[23] 陈思.控制医院污水中抗生素耐药细菌传播的消毒技术研究进展[J].工业微生物，2024，54（1）：71–75.

[24] 薄玉霞，王长德，李书建，等.过氧化氢银离子复方消毒剂杀菌效果试验观察[J]中国消毒学杂志，2009（3）：274–276.

中国乳业线上阅读

[25] 卫甲鑫，侯玉琴，叶月美，等.次氯酸钠与次氯酸消毒剂的人体和环境生态毒理学比较分析[J].中国消毒学杂志，2021，38（4）：296–299.
[26] 邹立扣，吴国艳，程琳，等.季铵盐类消毒剂及大肠杆菌对其耐药性研究进展[J].食品科学，2014，35（17）：338–345.
[27] 王睿，郭周义，曾常春.紫外辐射引起DNA损伤的修复[J].中国组织工程研究与临床康复，2008，12（2）：348–352.
[28] 张辉，胡志，尹荻，等.原料奶中嗜热菌的来源与控制措施[J].中国奶牛，2004,（1）：52–53.
[29] 李茂照.牛乳污染的原因及防治[J].黑龙江畜牧兽医，2007（8）：15.
[30] 许红岩.牧场管理对生鲜乳中微生物控制浅析[A].中国乳制品工业协会第十八次年会论文集[C]. 杭州：2012
[31] 刘方圆.牛初乳质量控制技术研究[D].泰安：山东农业大学，2014.
[32] 王蕾，郭凯军.从农场到餐桌的科学：以实现未来弹性生产的乳业数据挖掘[J].中国乳业，2024（11）：50–56.
[33] 鄢雷娜，罗跃华，刘绪平，等.乳制品中常见食源性致病菌检测技术的研究进展[J].食品安全质量检测学报，2017，8（1）：137–141.

Research on the Influence and Control Strategies of Thermoduric Bacteria on Dairy Products

ZHANG Shuai，GUO Jing，QI Guoxin，BAYA Sula，CHEN Xiaomin
Testing Laboratory，Mengniu Dairy（Shangzhi）Co.，Ltd.，Harbin Heilongjiang 150600

Abstract：During the high-temperature sterilization process of dairy products，although most microorganisms are inactivated，some thermoduric bacteria still survive，posing a serious threat to the quality and sensory quality of sterilized milk. This paper investigate the impact of thermoduric bacteria on dairy product quality by analyzing the physiological and biochemical characteristics of different types of thermoduric bacteria and the formation mechanisms of their biofilms.The inactivation conditions and sterilization methods of thermoduric bacteria were elaborated in detail. The control measures of thermoduric bacteria in dairy products from the source to the processing process were discussed from the perspective of pastures and dairy processing factories，which provided data support for pastures and dairy enterprises to formulate effective thermoduric bacteria inactivation strategies.

Keywords：microorganism；thermoduric bacteria；dairy product

中国乳业线上阅读