

巴氏杀菌奶中金黄色葡萄球菌与单增李斯特菌风险评估的研究进展

魏钊异, 方婷*

(福建农林大学食品科学学院, 福州 350002)

摘要: 随着人们生活水平和经济水平的提高, 对可以保留更多营养的巴氏杀菌奶更加青睐, 因此巴氏杀菌奶的安全问题也需要引起重视。本文简要介绍了微生物风险评估的程序步骤, 并对国内外可能引发巴氏杀菌奶食用风险的金黄色葡萄球菌和单核细胞增生李斯特菌的微生物风险评估进行了综述, 展望了巴氏杀菌奶的微生物风险评估中的发展前景, 以为巴氏杀菌奶的安全生产提供理论参考。

关键词: 巴氏杀菌奶; 食源性致病菌; 金黄色葡萄球菌; 单增李斯特菌; 风险评估

Research progress on microbiological risk assessment of *Staphylococcus aureus* and *Listeria monocytogenes* in pasteurized milk

WEI Zhao-Yi, FANG Ting*

(School of Food Science, Fujian Agriculture and Forestry University, Fuzhou 350002, China)

ABSTRACT: With the improvement of people's living standards and economic level, it is more popular for pasteurized milk that can retain more nutrients. Therefore, the safety of pasteurized milk needs to be paid attention to. This paper briefly introduced the procedure of microbiological risk assessment, summarized the microbiological risk assessment of *Staphylococcus aureus* and *Listeria monocytogenes*, which may cause the risk of pasteurized milk at home and abroad, and prospected the development prospect of microbiological risk assessment of pasteurized milk, in order to provide a theoretical reference for the safe production of pasteurized milk.

KEY WORDS: pasteurized milk; foodborne pathogens; *Staphylococcus aureus*; *Listeria monocytogenes*; risk assessment

1 前言

牛奶是牛乳的俗称, 是最古老的天然饮料之一, 也是均衡膳食的重要组成部分。巴氏杀菌奶采用低温杀菌技

术, 最大限度保留住了原料奶中的营养成分, 也成为了全球乳品消费的主流, 在发达国家和地区市场上占有绝对优势^[1]。人们的健康意识不断提高, 使得巴氏杀菌奶也越来越受到消费者的青睐。巴氏杀菌奶的销量占到液态奶

基金项目: 国家自然科学基金项目(31401597、31601393)、福建省高等学校杰出青年科研人才培养计划(K8015062A)、福建农林大学国际合作项目(KXb16012A)

Fund: Supported by National Natural Science Foundation of China (31401597, 31601393), Outstanding Young Scientific Research Talents Training Program of Fujian Higher Education Institutions (K8015062A) and Fujian Agriculture and Forestry University International Cooperation Project (KXb16012A)

*通讯作者: 方婷, 博士, 教授, 主要研究方向为预测微生物学、食品非热加工技术。E-mail: fangting930@163.com

*Corresponding author: FANG Ting, Ph.D, Professor, School of Food Science, Fujian Agriculture and Forestry University, No.15, Shangxiadian Road, Cangshan District, Fuzhou 350001, China. E-mail: fangting930@163.com

销量的50%左右^[2]。因此其安全性一直是社会和科技关注的焦点。奶与奶制品中含有丰富的营养成分,使其成为众多微生物的天然培养基。因此每年与奶和奶制品有关的食物性疾病都有发生。据统计,美国每年由于致病性微生物引起的食物中毒事件大约有6561951例,造成7464人住院,121例死亡^[3]。巴氏杀菌奶是国际上公认的由生鲜奶低热加工杀菌的风味新鲜纯正、营养全面的奶制品,在欧美等发达国家和地区,90%以上的液体乳产品为巴氏杀菌奶,占有绝对优势。我国巴氏杀菌奶近年来发展迅速,年增长率保持25%以上,是今后乳业产品结构调整的重要产品类别,将成为城市乳业的主导产品,成为乳品工业发展新的经济增长点^[4-6]。因此需要对巴氏杀菌奶中病原菌进行科学的微生物风险评估,合理地评价巴氏杀菌奶的品质与安全,并运用微生物风险评估这一有效手段,来应对当前频繁发生的奶品安全问题,制定相关的食品质量标准,合理、科学、有效地预防和控制由于微生物污染而引发的食物中毒事件,使其能够保护消费者大众健康、减少食源性疾病发生给乳品工业带来的经济和社会上的负面影响。

微生物风险评估(microbiological risk assessment, MRA)由国际食品法典委员会定义,是指对食品中微生物因素的暴露导致的人体健康不良影响的识别、确认、定性、定量,并最终做出风险特征描述的过程,用以证明风险评估中应用的估计和假设对结果真实性和可靠性的影响^[7]。微生物风险评估的程序,主要包含4个:危害识别、危害特征描述、暴露评估及风险描述^[8]。

本文从常见的可能引发巴氏杀菌奶食用风险的食源性致病菌——金黄色葡萄球菌和单核细胞增生李斯特菌出发,概述了微生物风险评估的内容,从微生物风险评估程序的4个步骤,即危害识别、危害特征描述、暴露评估及风险描述,分别对国内外金黄色葡萄球菌和单核细胞增生李斯特菌进行了综述,并就国内外微生物风险评估在巴氏杀菌奶及其相关乳制品中的研究进展进行了研究,展望了未来的发展前景,为巴氏杀菌奶微生物风险评估的发展提供相关参考。

2 引发巴氏杀菌奶食用风险的微生物

由于巴氏杀菌奶中含有丰富的营养物质,能成为微生物良好的天然培养基,容易引起微生物污染。报道常见的微生物如金黄色葡萄球菌和单核细胞增生李斯特菌^[9,10],此类微生物容易感染,值得广泛深入研究。危害识别的内容包括识别病原微生物的生物学特征、毒理和流行病学;危害特征描述的内容包括对病原微生物的中毒特征、限量标准、剂量反应关系,其中建立剂量-反应关系模型是这一部分的重点内容;暴露评估是对通过食品和其他有关途径导致危害因素暴露的定性或定量评价;风险描述是基于危害识别,在此基础上对危害特征描述和暴露评估过程中得

到的数据和信息进行汇总分析,最后得出微生物风险评估的结果^[7,8]。

2.1 金黄色葡萄球菌

2.1.1 危害识别

金黄色葡萄球菌(*Staphylococcus aureus*, *S. aureus*)是革兰氏阳性菌,在自然界中无处不在,人和动物是其首要污染源,也是原料乳中最常污染的食源性致病菌。引发食物中毒的主要原因是它产生的肠毒素,中毒者多表现出恶心、呕吐、腹痛、腹泻等症状。*S. aureus*的最适生长温度为35~40℃,产毒温度为10~48℃,最适产毒温度为40~45℃^[11]。2000年,日本就发了一起由于污染*S. aureus*而引发的大规模食物中毒事件,导致13420人中毒^[12]。2010年,我国辽宁省发生了消费牛奶后引起的26人中毒的*S. aureus*中毒事件^[13]。尽管通过巴氏杀菌能杀死*S. aureus*,却未必能有效清除其耐热的肠毒素,这对巴氏杀菌奶造成了食用风险。

2.1.2 危害特征描述

在我国GB19645-2010食品安全标准巴氏杀菌奶,规定金黄色葡萄球菌的限量标准为0 CFU/25 mL^[14]。能够产生致病性的仅限于产生肠毒素的金黄色葡萄球菌,它的血清型有5种(SEA、SEB、SEC、SED、SEE),其中毒特征多表现为:引起肠胃炎,症状包括恶心、呕吐、不同程度的腹痛和腹泻^[15],建立*S. aureus*及其肠毒素的剂量-反应关系是危害特征描述中的重要内容。遇晓杰等^[16]在对原料乳中的金黄色葡萄球菌进行风险评估时,因为缺乏*S. aureus*的剂量-反应关系,采用国际公认的0.1~1.0 μg/kg肠毒素的浓度作为阈值(菌数为10⁵/mL),即摄入这个范围的肠毒素就表示中毒,来判断是否会对人体健康造成危害,即当*S. aureus*的菌数超过10⁵ CFU/g就会产生足够量的肠毒素,引起中毒。

2.1.3 暴露评估

金黄色葡萄球菌的暴露评估,也是按照“从牧场到餐桌”(from farm to table)全过程来进行的,即从乳品初级生产到消费的阶段^[17,18]。闫军^[19]在整个暴露过程,即原料乳从挤出到送至乳品加工厂,采取概率评估的方法来估计原料奶中*S. aureus*的暴露程度,进而推断肠毒素产生的可能性。于艳艳^[20]根据食品法典委员会定义的暴露评估方式来评估在我国牛奶从农场到餐桌过程中,建立的暴露评估框架包含了从农场到消费过程中*S. aureus*在牛奶中的分布、变量数值和暴露评估模型的描述,最后指出在农场的储存温度和时间、牛奶的热处理温度,在乳品厂的处理时间和温度是影响最终风险的主要因素。

2.1.4 风险描述

对危害特征描述和暴露评估过程中得到的数据和信息进行汇总分析,得出微生物风险评估的结果,从而对其危害进行分析。Heidinger等^[21]收集了2005到2008年加利

福尼亚 2336 个农场中共计 51963 份原料奶样, 进行 *S. aureus* 污染浓度监测, 最后得出结论: 当原料奶中 *S. aureus* 浓度 99.9% 的可能性超过 10^5 CFU/mL 时, 可能会引起潜在的消费风险, 而当 SEA 暴露的可能性为 99.99% 时则意味着诱发中毒风险。

2.2 单核细胞增生李斯特菌

2.2.1 危害识别

单核细胞增生李斯特菌(*Listeria monocytogenes*, LM) 是一种常见的能引起人畜共患病的革兰氏阳性短杆菌。该菌广泛分布于自然界中、人和动物粪便及众多食物中, 是需氧及兼性厌氧的食源性致病菌^[22]。LM 的最适生长温度为 30~37 °C, 有嗜冷性, 在低温(0~4 °C)能缓慢生长繁殖; 在酸性(pH 4.4~9.4)、高盐(>10%)的环境下能生长^[23]; 具有较强的耐热性, 60 °C 加热 20 min 或 70 °C 加热 5 min 才能将其杀灭, 能够耐受牛奶巴氏消毒(71.7 °C, 5 s)^[24], 被 WHO 列为 20 世纪 90 年代的 4 大食源性致病菌之一。其中, 孕妇、婴幼儿、老年人、免疫低下者是易感人群, 可使人患脑膜炎、败血症、流产早产等疾病。由 LM 引起的食源性李斯特菌病相对少见, 但一旦发生, 十分严重, 死亡率高达 20%~30%^[25]。2007 年, 美国马萨诸塞州发生过一起, 由于当地牛奶厂的巴氏杀菌奶污染引起的 LM 感染的暴发, 造成了 5 人感染, 3 人死亡^[26]。据报道, LM 能够耐受巴氏消毒, 这对巴氏杀菌奶造成了食用风险^[27]。

2.2.2 危害特征描述

在国标 GB 19645-2010 巴氏杀菌乳中虽然对单核细胞增生李斯特菌的限量无明确标明, 但中国乳品对微生物限量标准中规定巴氏杀菌奶中“致病菌不得检出”^[28]。美国自 1980 年以来就对即食食品中 LM 实行不得检出“零容忍”政策^[29]。统计易感人群(孕妇、婴幼儿、老年人、免疫低下者)患李斯特菌病病例的流行病学数据, 可以建立巴氏杀菌奶中单核细胞增生李斯特菌的剂量反应关系。董庆利等^[30]在对即食食品中 LM 进行半定量风险评估中, 借鉴 FAO/WHO 完成的即食食品(消毒牛奶、冰淇淋、发酵肉类和冷藏熏鱼等 4 类)中建立的指数型剂量反应模型, 对 LM 的易感人群: $P=1-\exp(-5.85 \times 10^{-12}N)$, 对非易感人群: $P=1-\exp(-5.34 \times 10^{-14}N)$, 其中, N 表示食品安全监管部门根据监测数据中的 LM 的摄入量, P 表示估计可能引起单增李斯特菌的发病率情况。

2.2.3 暴露评估

暴露评估是需要建立一个包括消费环节在内的食物链暴露途径模型。Delhalle 等^[31]收集此次暴发的数据资料, 建立的暴露途径模型为从山羊挤奶到向市场投放奶酪的整个生产链, 同时结合了预测微生物学模型模拟了干酪在生产过程中 LM 的生长与温度、pH 和水分活度之间的关系, 该模型的结果显示: 在奶酪生产前一天, 牛奶在冷藏和储存过程中, LM 有显著增长(增加了 2.2 logCFU/mL),

新鲜未成熟的干酪的 LM 浓度估计为 3.8 logCFU/g, 该预测模型的结果与相关部门在此事件中报道的新鲜干酪中的 LM(3.6 log CFU/g)数量一致。

2.2.4 风险描述

同样的对数据进行整合后, 再进行危害分析。Koutsoumanis 等^[32]调查了希腊巴氏杀菌奶在配送、零售和家庭储存过程中 LM 生长, 结合预测模型, 采用蒙特卡罗模拟, 应该概率模型对巴氏杀菌奶在冷链中 LM 的生长进行了评价。结果得到: 在市场上投放的牛奶中, 有 44.8% 的病原微生物会一直生长到食用为止, 造成食用风险。而这些产品在运输、零售储存和家庭储存期间 LM 的平均生长量为 0.93 logCFU。提供的模型预测将上述干预措施和家用冰箱的平均温度降低 2 °C 的组合, 可能允许巴氏杀菌奶保质期从 5 d 延长至 7 d, 不会影响消费者对 LM 的暴露。

3 微生物风险评估在巴氏杀菌奶及相关乳制品中的应用

国外, 英国、法国和加拿大联合发表《鲜奶软质干酪感染人类李斯特菌病的定量风险评估》^[33], 报告采用 Weibull-Gamma 方程作为剂量-反应关系模型估计患病概率, 通过概率分布估计每份食品中 LM 的潜在暴露量; FAO/WHO 是最先对乳品中的微生物进行风险评估的权威性机构。在 2004 年发布的《即食食品中单核细胞增生李斯特菌的风险评估: 解释性摘要》依据定量危害性评估的资料对以巴氏灭菌乳、冰淇淋等为例的即食食品中的单核细胞增生李斯特菌进行了定量评估^[34], 采用指数剂量-效应模型分析感染概率, 并应用预测微生物模型模拟了人类接触病原菌的情况; Lindqvist 等^[35]将预测微生物学和调查数据相结合, 模拟鲜乳制成的新鲜干酪在消费时金黄色葡萄球菌浓度, 采用细菌终浓度作为潜在肠毒素浓度替代进行风险评估, 预测引起疾病的概率; Tiwari 等^[36]利用贝叶斯推断方法结合定量风险评估, 对原始奶酪和巴氏杀菌奶酪中单核细胞增生李斯特菌的水平进行建模和量化, 预测了农场环境以及通过储存和随后人体接触奶酪加工设施内交叉污染造成的污染。Barker 等^[37]将生物追踪的方法与定量风险评估相结合, 仅将巴氏杀菌奶加工过程中危害领域的有限部分表示为一个概率模型, 用以量化巴氏杀菌奶中金黄色葡萄球菌引起的危害; Serraino 等^[38]通过荧光定量基因扩增(quantitative PCR, qPCR)方法检测在线过滤器样品中结核分枝杆菌(*Mycobacterium tuberculosis*)浓度并收集数据, 调查了意大利 3 个乳品厂及其原料乳源牧场, 模拟并预测巴氏杀菌乳中的污染情况, 定量评估其对饮用者的风险。

国内对于乳制品的微生物风险评估工作开始于 2005 年以后。对巴氏杀菌奶中蜡样芽孢杆菌的风险评估^[39], 建立了巴氏灭菌乳中蜡样芽孢杆菌在乳品流通过程中的暴露

评估模型;王海艳等^[40]参照国外风险评估经验,从危害识别、危害特征描述、暴露评估等方面对乳粉中单增李斯特氏菌进行了定量风险评估;刘弘等^[41]用半定量风险评估软件(risk ranger)结合流行病学的方法,对上海市生乳中金黄色葡萄球菌的污染风险进行了半定量的风险评估;许振伟等^[42]对上海地区500份生鲜乳进行菌落总数和硫氰酸盐含量的分析比较,并对其进行评估研究;Ding等^[43]收集我国液态奶中金黄色葡萄球菌的流行率和浓度的相关数据,用蒙特卡罗仿真模型对加工厂和家庭两条消费途径进行模拟,来确定金黄色葡萄球菌及其肠毒素的中毒风险。

4 总结

由于巴氏杀菌只能让大部分的致病菌和腐败菌被杀死,达到商业无菌,一些嗜热的芽孢菌和嗜冷细菌不能被杀死,而巴氏杀菌奶的储存温度又必须是低温保存,这就给其生长提供了可能。近年来,虽然我国在微生物风险评估方面已开展了一定的工作,但相比国外欧美等发达国家,我国微生物风险评估工作仍处在起步阶段。

目前,我国在乳制品上的风险评估的研究大多集中在原料乳上,对于巴氏杀菌奶这方面的风险评估工作较少。在原料乳的风险评估研究方面,主要食源性致病菌多集中在金黄色葡萄球菌及其肠毒素的研究。因此,要在现有研究的基础上,对其他的存在潜在性危害的食源性致病菌进行微生物风险评估,是保障我国巴氏杀菌奶饮用安全的重要手段,也是实现“从源头到消费”全过程乳品品质控制的重要基础。

微生物风险评估工作复杂,需要大量有效且权威的信息资料,才能使得评估结果有意义有可信度。需要完善各方面的监测数据,获得准确性高的监测数据,大规模的流行病学调查分析以及统计学资料,提高采样和检测的方法,加强对风险评估框架的理论认识和实践。有效借助预测微生物学的知识和手段,在实际的评估中,需要对环境因素进行充分的分析,最大限度地考虑预测模型的可靠性,传统的微生物预测模型为确定性模型,而微生物的生长衰亡的动态变化呈现差异性,确定性模型提供的点估计信息不足以满足风险分析的需要^[44-46],所以加大对随机模型的研究力度^[47]是微生物风险评估当前的研究热点,有广阔的研究前景。此外预测软件是开展风险评估的重要工具和手段,在开展微生物风险评估工作时,需要根据研究的目的、拟解决的科学问题、可获取的数据类型等方面,选择合适的应用软件。而用一些快速检测技术代替微生物传统培养方法,如聚合酶链反应技术^[48]、酶联免疫吸附法^[49]、光谱学检测方法、代谢组学检测方法和生物传感器检测方法等^[50,51],应用到巴氏杀菌奶中 *S. aureus* 和 LM 的检测中,实现提高检测效率和精确度。因此多采用与国际接轨的风险评估技术和危害防控技术,系统的建立巴氏杀菌奶监管

体系,制定适合于我国国情的安全评价标准体系等,都是我国巴氏杀菌奶微生物风险评估应该努力研究的方向。

参考文献

- [1] 邹毅峰,林朝朋,傅伟. 巴氏杀菌乳冷藏配送期间的温度及品质变化[J]. 食品工业科技, 2009, (2): 97-98.
Zou YF, Lin ZP, Fu W. Temperature and quality changes during cold distribution of pasteurized milk [J]. Food Ind Technol, 2009, (2): 97-98.
- [2] 王慧,杨永龙,张杰,等. 浅析巴氏杀菌奶在中国的发展前景[J]. 饮料工业, 2010, (11): 4-7.
Wang H, Yang YL, Zhang J, et al. Analysis on prospects of pasteurized milk in China [J]. Bever Ind, 2010, (11): 4-7.
- [3] Asao T, Kumeda Y, Kawai T, et al. An extensive outbreak of staphylococcal food poisoning due to low-fat milk in Japan: estimation of enterotoxin A in the incriminated milk and powdered skim milk [J]. Epidemiol Infect, 2003, 130(1): 33.
- [4] 吕加平,张书文,刘鹭,等. 巴氏杀菌奶加工技术及质量控制现状[J]. 食品科学技术学报, 2016, 34(1): 9-15.
Lv JP, Zhang SW, Liu L, et al. Processing technology and quality control of pasteurized milk [J]. Food Sci Technol, 2016, 34(1): 9-15.
- [5] 思雨. 液态奶行业消费者满意度较去年微升[J]. 中国食品, 2015, (18): 60-61.
Si Y. Consumer satisfaction in the liquid milk industry edged up from last year [J]. China Food, 2015, (18): 60-61.
- [6] 2018年第二季度乳品行业市场分析[Z].
Market analysis of the dairy industry in the second quarter of 2018 [Z].
- [7] New CY, Kantilal HK, Tan MTH, et al. Consumption of raw oysters: a risk factor for *Vibrio parahaemolyticus* infection [J]. Int Food Res J, 2014, 21(6): 2459.
- [8] Organization WH. Principles and guidelines for the conduct of microbiological risk assessment [J]. Food Saf, 2009, 3: 15-19.
- [9] 姜怡彤,接伟光,于海洋,等. 乳制品中常见食源性致病菌及抑菌物质的研究现状[J]. 食品研究与开发, 2018, 39(16): 195-199.
Jiang YT, Jie WG, Yu HY, et al. Research status of common foodborne pathogenic bacteria and antimicrobial substances in dairy products [J]. Food Res Dev, 2018, 39(16): 195-199.
- [10] Ning P, Guo K, Cheng L, et al. Pilot survey of raw whole milk in China for *Listeria monocytogenes* using PCR [J]. Food Control, 2013, 31(1): 176-179.
- [11] Food Standards Australia New Zealand. A risk profile of dairy products in australia [S].
- [12] 戴昌芳,闻剑,许璐,等. 一起金黄色葡萄球菌污染奶制品导致食物中毒的调查分析[J]. 中国食品卫生杂志, 2009, 21(3): 262-264.
Dai CF, Wen J, Xu L, et al. An investigation into food poisoning caused by staphylococcus aureus contamination of dairy products [J]. Chin J Food Hyg, 2009, 21(3): 262-264.
- [13] Orsi RH, Den-Bakker HC, Wiedmann M. *Listeria monocytogenes* lineages: Genomics, evolution, ecology, and phenotypic characteristics [J]. Int J Med Microbiol, 2011, 301(2): 79-96.
- [14] GB 19645-2010. 食品安全国家标准 巴氏杀菌乳[S].
GB 19645-2010 National food safety standard-Pasteurized milk [S].
- [15] 徐振波,刘晓晨,李琳,等. 金黄色葡萄球菌肠毒素在食源性微生物中的研究进展[J]. 现代食品科技, 2013, 29(9): 2317-2324.

- Xu ZB, Liu XC, Li L, *et al.* Development of *Staphylococcus aureus* enterotoxin in food-borne bacteria [J]. *Mod Food Sci Technol*, 2013, 29(9): 2317–2324.
- [16] 遇晓杰, 闫军, 苏华, 等. 原料乳中金黄色葡萄球菌的风险评估及防控策略的建立[J]. *中国乳品工业*, 2010, 38(9): 53–58.
- Yu XJ, Yan J, Su H, *et al.* Risk assessment of *Staphylococcus aureus* in raw milk and establishment of prevention and control measures [J]. *China Dairy Ind*, 2010, 38(9): 53–58.
- [17] Forsythe SJ. *The microbiology of safe food* [M]. New Jersey: John Wiley & Sons, 2011.
- [18] 刘景, 游春苹, 刘振民, 等. 乳品安全中的微生物风险评估[J]. *乳业科学与技术*, 2015, 38(4): 29–33.
- Liu J, You CP, Liu ZM, *et al.* Microbial risk assessment for safety of dairy products [J]. *J Dairy Sci Technol*, 2015, 38(4): 29–33.
- [19] 闫军. 原料乳中金黄色葡萄球菌的风险评估[D]. 哈尔滨: 东北农业大学, 2008.
- Yan J. Risk assessment of staphylococcus aureus in raw milk [D]. Harbin: Northeast Agricultural University, 2008.
- [20] 于艳艳. 原料乳中金黄色葡萄球菌生长模型的建立及风险评估[D]. 杭州: 浙江大学, 2015.
- Yu YY. Growth models and risk assessment of *Staphylococcus aureus* in raw milk [D]. Hangzhou: Zhejiang University, 2015.
- [21] Heidinger JC, Winter CK, Cullor JS. Quantitative microbial risk assessment for *Staphylococcus aureus* and *Staphylococcus enterotoxin A* in raw milk [J]. *J Food Protect*, 2009, 72(8): 1641–1653.
- [22] Allen KJ, Zacharska EW, Chen JC, *et al.* *Listeria monocytogenes*—An examination of food chain factors potentially contributing to antimicrobial resistance [J]. *Food Microbiol*, 2016, 54(4): 178–189.
- [23] Food and Drug Administration. Fish and fishery products hazards and controls guidance [R]. US Department of Health and Human Services Food and Drug Administration Center for Food Safety and Applied Nutrition, 2011.
- [24] 李郁, 魏建忠, 王桂军. 产单核李斯特菌的研究进展[J]. *中国卫生检验杂志*, 2005, 15(8): 1018–1020.
- Li Y, Wei JZ, Wang GJ. Research progress of *Listeria monocytogenes* [J]. *Chin J Health Lab Technol*, 2015, 15(8): 1018–1020.
- [25] World Health Organization. Risk assessment of *Listeria monocytogenes* in ready-to-eat foods: Interpretative summary [Z].
- [26] Centers for Disease Control and Prevention. Outbreak of *Listeria monocytogenes* infections associated with pasteurized milk from a local dairy—Massachusetts, 2007 [J]. *Morb Mortal Week Report*, 2008, 57(40): 1097.
- [27] 兰欣怡, 李发弟, 王加启, 等. 生鲜乳中单核细胞增生李斯特菌的研究进展[J]. *食品科学*, 2014, (19): 318–323.
- Lan XY, Li FD, Wang JQ, *et al.* Research progress of *Listeria monocytogenes* in fresh milk [J]. *Food Sci*, 2014, (19): 318–323.
- [28] 平凡, 张守勇, 武盛. 国内外乳品微生物限量标准的比较[J]. *中国乳业*, 2006, (8): 58–60.
- Ping F, Zhang SY, Wu S. Comparison of microbial limit standards for domestic and foreign dairy products [J]. *China Dairy*, 2006, (8): 58–60.
- [29] Centers for Disease Control and Prevention. Quantitative assessment of the relative risk to public health from foodborne *Listeria monocytogenes* among selected categories of ready-to-eat foods [Z]. 2010.
- [30] 董庆利, 郑丽敏, 党维鑫, 等. 即食食品中单增李斯特菌的半定量风险评估[J]. *食品工业科技*, 2012, 33(11): 321–323.
- Dong QL, Zheng LM, Dang WX, *et al.* Semi-quantitative risk assessment of *Listeria monocytogenes* in ready-to-eat foods [J]. *Food Ind Technol*, 2013, 33(11): 321–323.
- [31] Delhalle L, Ellouze M, Yde M, *et al.* Retrospective analysis of a *Listeria monocytogenes* contamination episode in raw milk goat cheese using quantitative microbial risk assessment tools [J]. *J Food Prot*, 2012, 75(12): 2122–2135.
- [32] Koutsoumanis K, Pavlis A, Nychas GJE, *et al.* Probabilistic model for *Listeria monocytogenes* growth during distribution, retail storage, and domestic storage of pasteurized milk [J]. *Appl Environ Microbiol*, 2010, 76(7): 2181–2191.
- [33] Bemrah N, Sanaa M, Cassin MH, *et al.* Quantitative risk assessment of human *Listeriosis* from consumption of soft cheese made from raw milk [J]. *Prev Vet Med*, 1998, 37(1–4): 129–145.
- [34] FAO/WHO. Risk assessment of *Listeria monocytogenes* in ready-to-eat foods [R]. Rome: FAO/WHO, 2004.
- [35] Lindqvist R, Sylvén S, Vågsholm I. Quantitative microbial risk assessment exemplified by *Staphylococcus aureus* in unripened cheese made from raw milk [J]. *Int J Food Microbiol*, 2002, 78(1–2): 155–170.
- [36] Tiwari U, Cummins E, Valero A, *et al.* Farm to fork quantitative risk assessment of *Listeria monocytogenes* contamination in raw and pasteurized milk cheese in Ireland [J]. *Risk Anal*, 2015, 35(6): 1140–1153.
- [37] Barker GC, Gómez-Tomé N. A risk assessment model for enterotoxigenic *Staphylococcus aureus* in pasteurized milk: A potential route to source-level inference [J]. *Risk Anal Int J*, 2013, 33(2): 249–269.
- [38] Serraino A, Bonilauri P, Arrigoni N, *et al.* Quantitative risk assessment of *Mycobacterium avium* subsp. paratuberculosis survival in pasteurized milk in three dairy plants in Italy [J]. *Food Control*, 2014, 45(11): 120–126.
- [39] 褚小菊, 冯力更, 张筠, 等. 巴氏牛奶中蜡样芽孢杆菌的风险评估[J]. *中国乳品工业*, 2006, 34(6): 23–26.
- Zhu XJ, Feng LG, Zhang J, *et al.* Risk assessment of *Bacillus cereus* in pasteurized milk [J]. *China Dairy Ind*, 2006, 34(6): 155–170.
- [40] 王海艳, 刘中学, 赵林立, 等. 乳粉中单增李斯特氏菌的风险评估[R]. *中国畜牧兽医学学会 2009 学术年会论文集(下册)*, 2009.
- Wang HY, Liu ZX, Zhao LL, *et al.* Risk assessment of listeria monocytogenes in milk powde [R]. *Proceedings of the 2009 Annual Meeting of the Chinese Society of Animal Husbandry and Veterinary Medicine (Volume II)*, 2009.
- [41] 刘弘, 顾其芳, 吴春峰, 等. 生乳中金黄色葡萄球菌污染半定量风险评估研究[J]. *中国食品卫生杂志*, 2011, 23(4): 293–296.
- Liu H, Gu QF, Wu CF, *et al.* Study on semi-quantitative risk assessment of staphylococcus aureus contamination in raw milk [J]. *Chin J Food Hyg*, 2011, 23(4): 293–296.
- [42] 许振伟, 韩奕奕, 郑小平, 等. 生鲜乳中硫氰酸钠和菌落总数的风险评估研究[J]. *中国畜牧兽医*, 2013, (S1): 18–22.
- Xu ZW, Han YY, Zheng XP, *et al.* Risk assessment of sodium thiocyanate and total bacterial colony in fresh milk [J]. *Chin Anim Husb Vet Med*, 2013, (S1): 18–22.
- [43] Ding T, Yu YY, Schaffner DW, *et al.* Farm to consumption risk assessment for *Staphylococcus aureus* and staphylococcal enterotoxins in fluid milk in China [J]. *Food Control*, 2016, 59(1): 636–643.

- [44] Guevara L, Martínez A, Fernández PS, *et al.* Comparison of probabilistic and deterministic predictions of time to growth of *Listeria monocytogenes* as affected by pH and temperature in food [J]. *Foodborne Pathog Dis*, 2011, 8(1): 141–148.
- [45] Lianou A, Koutsoumanis KP. A stochastic approach for integrating strain variability in modeling *Salmonella enterica* growth as a function of pH and water activity [J]. *Int J Food Microbiol*, 2011, 149(3): 254–261.
- [46] Augustin JC, Ferrier R, Hezard B, *et al.* Comparison of individual-based modeling and population approaches for prediction of foodborne pathogens growth [J]. *Food Microbiol*, 2015, 45: 205–215.
- [47] Van-Impe JF, Vercammen D, Van Derlinden E. Toward a next generation of predictive models: A systems biology primer [J]. *Food Control*, 2013, 29(2): 336–342.
- [48] 邵美丽, 董鑫, 赵燕丽, 等. 单增李斯特菌和金黄色葡萄球菌双重荧光定量 PCR 检测方法建立[J]. *食品科学*, 2013, 34(16): 169–172.
Shao ML, Dong X, Zhao YL, *et al.* A duplex fluorescence quantitative PCR Assay for detecting *Listeria monocytogenes* and *Staphylococcus aureus* [J]. *Food Sci*, 2013, 34(16): 169–172.
- [49] 张占军, 王富花. 酶联免疫吸附技术及其在食品安全检测中的应用[J]. *食品研究与开发*, 2011, 32(1): 157–160.
Zhang ZJ, Wang FH. The enzyme-linked immunosorbent assay technology and its application in food safety determination [J]. *Food Res Dev*, 2011, 32(1): 157–160.
- [50] Chen Q, Lin J, Gan C, *et al.* A sensitive impedance biosensor based on immunomagnetic separation and urease catalysis for rapid detection of *Listeria monocytogenes* using an immobilization-free interdigitated array microelectrode [J]. *Bios Bioelectron*, 2015, 74(12): 504–511.
- [51] Spadafora ND, Paramithiotis S, Drosinos EH, *et al.* Detection of *Listeria monocytogenes* in cut melon fruit using analysis of volatile organic compounds [J]. *Food Microbiol*, 2016, 54(4): 52–59.

(责任编辑: 韩晓红)

作者简介



魏钊异, 硕士研究生, 主要研究方向为预测微生物学。
E-mail: 619436744@qq.com

方婷, 博士, 教授, 主要研究方向为预测微生物学、食品非热加工技术。
E-mail: fangting930@163.com

“农副产品综合利用”专题征稿函

在农业生产过程中,除了可被食用的部分,还产生了大量的不可食用的产物,这些产物如果不能被合理利用,将会产生大量的废弃物,造成资源的浪费,同时增加垃圾处理的负担。如果能够将农副产品进行有效利用,将会带来巨大的经济效益和环境效益。

鉴于此,本刊特别策划了“农副产品综合利用”专题。专题将围绕果蔬副产物(皮、渣、籽、壳、叶、茎、根、花等)、粮油副产物(麸皮、胚芽、米糠、饼粕、玉米芯、皮壳、皂脚等)、畜、禽、水产副产物(毛、皮、骨、内脏、腺体、血液等)以及有一定商业价值的小宗农产品(芳香植物、南瓜等)等各类农副产品资源的综合利用技术展开。或您认为本领域有意义的问题综述及研究论文均可,专题计划在2019年5月出版。

本刊主编国家风险评估中心吴永宁研究员和本专题主编四川大学何强教授特邀请有关食品领域研究人员为本专题撰写稿件,综述、研究论文和研究简报均可。请在2019年3月30日前通过网站或E-mail投稿。我们将快速处理并经审稿合格后优先发表。

投稿方式(注明专题): **农副产品综合利用**

网站: www.chinafoodj.com

E-mail: jfoodsq@126.com

《食品安全质量检测学报》编辑部

编辑: 韩晓红

13516230537 010-57175223