

羊屠宰环节布鲁氏菌病检疫漏检的初步定量风险评估

王君玮¹, 赵格¹, 雷宇平², 熊仲良³, 盖文燕¹, 谢建华³, 王治维², 李岩⁴, 王玉东¹, 王娟¹

(1. 中国动物卫生与流行病学中心, 农业部畜禽产品质量安全风险评估实验室,

山东青岛 266032; 2. 山西省动物疫病预防控制中心, 山西太原 030027;

3. 重庆市动物疫病预防控制中心, 重庆 401120;

4. 新疆生产建设兵团畜牧兽医工作总站, 新疆乌鲁木齐 830063)

摘要: [目的] 评估屠宰环节布鲁氏菌病漏检对屠宰从业人员和消费环节羊肉消费者的潜在健康风险及其干预措施。[方法] 利用屠宰环节肉品风险评估专项监测中的定量监测数据, 以及文献检索数据、专家咨询和调研结果, 采用 @RISK 软件, 分析估计屠宰环节布鲁氏菌病检疫漏检情况下的感染人数和消费者因烹调不当发生布鲁氏菌感染的风险。[结果] 构建了屠宰环节布鲁氏菌病漏检感染风险模型。假设接触漏检羊感染布鲁氏菌病的概率为 20%, 那么 0.001%、0.08%、1.5% 三种漏检概率可能导致的感染人数分别为 0~4 人、0~114 人和 7~1 829 人 (90% 置信区间); 不同接触感染概率的感染人数有较大差异: 5% 概率时每年有 0~541 人可能感染布鲁氏菌病; 60% 概率时, 多数情况下有 155 人感染布鲁氏菌病, 最多可达到 6 473 人。应用该模型对某省居民消费漏检布鲁氏菌病羊肉后新增布鲁氏菌病感染人数的估算结果表明: 按照 0.1% 概率计算, 该省 2016 年度屠宰 313.25 万只羊可能新增布鲁氏菌病感染病例 111~148 例 (90% 置信区间)。如果因厨房生熟不分、烹调不当等因素而使感染概率提高至 1%, 则可能出现 1 234~1 352 个新增病例。[结论] 羊屠宰环节存在布鲁氏菌病检疫漏检现象, 从业人员受布鲁氏菌病感染风险较高; 消费环节存在因烹调不当而导致的布鲁氏菌病感染风险; 应加强养殖环节羊群布鲁氏菌病的控制和宰前检疫, 提升从业人员和消费者对布鲁氏菌病危害的认知水平。

关键词: 布鲁氏菌病; 风险评估; 检疫漏检; 感染; 屠宰环节

中图分类号: S851.34 文献标识码: C 文章编号: 1005-944X (2017) 09-0031-06

DOI: 10.3969/j.issn.1005-944X.2017.09.009

Preliminary Quantitative Risk Assessment on Failed Detection of Brucellosis in Sheep Slaughterhouse

Wang Junwei¹, Zhao Ge¹, Lei Yuping², Xiong Zhongliang³, Gai Wenyan¹, Xie Jianhua³,
Wang Zhiwei², Li Yan⁴, Wang Yudong¹, Wang Juan¹

(1. Laboratory of Quality and Safety Risk Assessment for Animal Products of Ministry of Agriculture, China Animal Health and Epidemiology Center, Qingdao, Shandong, 266032; 2. Animal Disease Prevention and Control Center of Shanxi Province, Taiyuan, Shanxi 030027; 3. Chongqing Animal Disease Prevention and Control Center, Chongqing 401120; 4. Animal Husbandry and Veterinary Work Station of Xinjiang Production and Construction Corps, Urumqi, Xinjiang 830063)

Abstract: [Objective] To assess the risk and potential interventions of failed Brucellosis detection to butchering staffs in sheep slaughtering sector and to those mutton consumers. [Methods] Using the quantitative monitoring data in special monitoring of meat risk assessment project, the data of bibliographic information retrieval, the expert consultations and investigation results, the risk of Brucellosis infection due to failed detection in slaughtering sector and improper cooking of consumers in China was assessed through @ RISK software analysis. [Results] The infection risk model of

基金项目: 国家农产品质量安全风险评估项目计划 (GJFP201600703, GJFP201700703)

failed Brucellosis detection to butchering workers in slaughterhouse was established. Assuming 20% people would infect the disease if contacting Brucellosis false negative animals, 0~4, 0~114 and 7~1 829 people would be respectively infected under the condition of three kinds of false dismissal probability including 0.001%, 0.08% and 1.5%. In the case of different contact infection probability, the number of infection cases varied significantly. When the infection probability was 5%, the infection cases were between 0 and 541 per year, when the probability reached 60%, most likely 155 person would be infected and maximum number could be 6 473. Using the model to estimate the new Brucellosis infection cases after eating mutton carrying brucella in one province in 2016, the results showed that, slaughtering 3.132 5 million sheep could lead to 111~148 Brucellosis infection cases (90% confidence interval) in case that the infection rate was 0.1%. If the infection probability increased to 1% due to inseparated treatment of raw and cooked meat in kitchen or cooking habits, the new infection cases might increase to 1 234~1 352. [Conclusion] The phenomenon of failed detection of Brucellosis in sheep slaughtering sector existed, and the risk of brucella infection to workers was rather high. In the link of consumption, risk of brucella infection also existed due to improper cooking. At last, the control of Brucellosis in breeding sector should be strengthened, as well as the quarantine before being slaughtered, and the awareness level of workers and consumers to the harm of Brucellosis should be raised.

Key words : Brucellosis ; risk assessment ; failed detection ; infection ; the link of slaughtering

布鲁氏菌病是由布鲁氏菌属 (*Brucella*) 细菌引起的牛、羊、猪、鹿、犬等哺乳动物和人类共患的一种传染病。我国将其列为二类动物疫病。该属细菌包括羊种布鲁氏菌 (*B.melitensis*)，又称马耳他布鲁氏菌。感染母畜常表现流产、屡配不孕等症候^[1]。人感染后易转为慢性及反复发作，在全身多处引起迁徙性病变^[2]。

目前，全球已有 170 多个国家和地区曾报告发生人畜布鲁氏菌病疫情。20 世纪 50 年代，我国布鲁氏菌病疫情广泛流行。20 世纪 80~90 年代，由于国家加大防控力度，疫情降至历史最低水平。近年来，随着我国家畜饲养量不断增加，动物及其产品流通频繁，部分地区布鲁氏菌病呈持续上升趋势。据统计，2015 年全国报告人间布鲁氏菌病病例 56 989 例，人间病例处于历史高位；对布鲁氏菌病重点地区 22 个县的 248 个定点场群的监测与流行病学调查结果显示，牛、羊的个体阳性率分别达到 3.1%、3.3%，群体阳性率分别达到 29%、34%^[3]。人畜间布鲁氏菌病疫情仍较严重。

饲养放牧是人感染布鲁氏菌病的重要因素。接触布鲁氏菌病羊及其流产物、布鲁氏菌污染的物品，从事屠宰、生鲜羊肉加工、销售等活动均可引起布鲁氏菌病^[4-5]。此外，摄入未经完全烹饪处理的受布鲁氏菌污染的羊肉及其制品也存在感染风险^[4, 6]。本研究对近年来屠宰环节羊血清中布鲁氏菌感染抗

体监测结果分析，初步评估因检疫漏检可能导致人感染布鲁氏菌病的风险，并提出风险管理建议。

1 材料与方法

1.1 数据来源

2015 年以来畜禽产品病原微生物风险评估项目的监测数据：共监测进入屠宰线羊只 2 927 只，验证血清样品 392 份，检疫漏检率为 0.27%。监测样品分别采自山东、重庆、山西、内蒙古和新疆等 5 个省份的 7 个羊屠宰场，共 11 批次（表 1）。

表 1 部分屠宰场屠宰环节羊血清样品布鲁氏菌病抗体状况 (单位：只/份)

屠宰场	当日屠宰量	取样验证数量	RBPT	cELISA	RIA
A	248	10	0	0	0
B	700	40	1	3	1
C	186	30	0	0	0
D	130 ^a	15	0	0	0
E	893 ^b	177	5	8	4
F	300 ^a	90	0	4	2
G	470	30	1	2	1
合计	2 927	392	7	17	8

注：(1) RBPT-虎红平板凝集试验，cELISA-竞争酶联免疫吸附试验，RIA-放射免疫扩散实验；(2) 上标a为2批次屠宰羊，上标b为3批次屠宰羊

通过文献检索获得的布鲁氏菌流行率分别为：在畜群，个体流行率为 3.3%^[3]；经换算获得的人间布鲁氏菌病流行率为 0.004%。2015—2016 年羊屠宰数量部分数据，由中国肉类协会提供。

1.2 方法

1.2.1 检测方法。样品检测按照《国家布鲁氏

菌病防治计划（2016—2020）》^[3]要求和谢建华等^[7]的确认方法进行。程序：采用RBPT（GB/T 18646）初筛，布鲁氏菌cELISA试剂盒（INGEZIM BRUCELLA COMPAC 2.0, INGENASA）检测确诊。对RBPT或cELISA检测阳性的样品进一步用RIA试剂盒（INGEZIM IDR, INGENASA）进行免疫和自然感染鉴别检测，以确定是否为布鲁氏菌自然感染。

1.2.2 羊肉-布鲁氏菌组合的模型假设。本研究构建的模型分为屠宰、消费两个过程。假定在屠宰环节、羊肉消费前存储环节的布鲁氏菌在羊肉中的浓度没有增长变化，从业人员屠宰过程中通过接触羊肉，居民通过食用未熟透羊肉或厨房内交叉污染即食的凉菜而导致布鲁氏菌感染的发生。考虑到数据来源，本研究的评估模型分别采用进入屠宰线的羊只在屠宰过程中与屠宰从业人员接触感染模型、羊肉消费过程中未完全烹调熟透消费模型，暂未采用厨房内交叉污染即食凉菜而被居民摄入感染的模型。模型所采用的主要变量、分布假设以及数据来源等见表2。此外，假定从不同感染羊只获得的布鲁氏菌对人均有相同的致病力，且食用漏检羊肉，即有10%的感染概率。

环节	变量名	变量符号	分布/假设	单位	来源
羊只屠宰时与从业人员接触	羊群布鲁氏菌病感染阳性率	prev	RiskUniform (0, 3.3)	%	参考文献 ^[3]
	羊只日屠宰量 ^a	amo	RiskTriang (10, 150, 3000)	只	专项调查
	屠宰检疫漏检率	fauld	RiskPert (0, 0.08, 2.7)	%	专项监测
	屠宰人员接触感染阳性率	pc	RiskExtvalue (0, 0.6)	%	问卷调查后拟合数据
消费过程中未完全烹调熟透	未完全烹调布鲁氏菌污染羊肉导致消费者感染率	p-L	0.1 ^b	%	问卷调查

注：a 羊只年屠宰量按照在日屠宰量基础上每年屠宰200天计算；b 通过问卷调查进行感染概率估计，分别采用0.1%和1%两个概率估计

1.2.3 模型拟合与分析。对所有数据通过EXCEL进行统计分析。羊肉-布鲁氏菌组合模拟测算布鲁氏菌病检疫漏检概率、检疫漏检后屠宰环节与屠宰从业人员接触感染概率以及漏检屠宰后携带布鲁氏菌的羊肉进入消费链概率的定量风险评估模型运

算，均采用@RISK软件（Palisade Corporation, 7.0.0专业版，2015）进行。模拟迭代10 000次，用情景分析方法评估干预措施对于降低屠宰环节布鲁氏菌病感染风险的作用。

1.2.4 模型应用。应用构建的布鲁氏菌检疫漏检感染模型，评估测算某省人间布鲁氏菌病新增病例数。某省2015—2016年度羊群布鲁氏菌病流行率为3.3%，经专项监测发现屠宰环节布鲁氏菌病感染漏检率为0.08%。2016年，全省共屠宰羊313.25万只。假设布鲁氏菌病羊检疫漏检后每只羊的羊肉可供50人食用，进入人间消费链后引起人发生布鲁氏菌病的概率为0.1%和1%，应用构建模型估算并比较两种概率情况下，该省2016年度可能新增的人间布鲁氏菌病感染病例数。

2 结果

2.1 羊群布鲁氏菌检疫漏检屠宰羊只的流向情景树

经调研分析，羊只经官方兽医检疫后进入屠宰环节。羊只经屠宰后，分割羊肉或带骨羊肉直接进入市场销售，进入居民消费环节。部分中大型屠宰场羊只屠宰后进一步分割加工处理，或冷冻暂时存放待售，或直接销售（图1）。

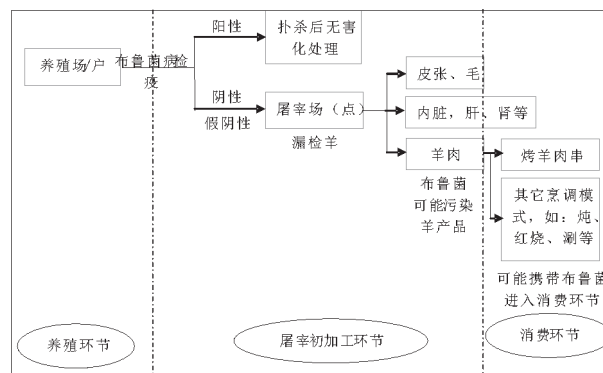


图1 布鲁氏菌病漏检羊只进入屠宰、消费环节情景树

2.2 部分省区每年羊屠宰环节布鲁氏菌病检疫漏检数量的概率估计结果

按照每个屠宰场日屠宰量最少约10只，多数约150只，最多3 000只计算，全年屠宰200 d（200 d/360 d），每年屠宰羊只数量呈三角分布（RiskTriang（10, 150, 3 000））。根据近年来专项监测结果

分析, 检疫漏检率最大值为 2.7%, 一般为 0.08% (最可能值), 经拟合后检疫漏检概率呈 pert 分布 (RiskPert (0, 0.08, 2.7))。经模拟迭代 10 000 次后, 该年屠宰规模下检疫漏检数量分布如图 2 所示。从图中可看出, 最小漏检数量为 0, 最大漏检数量可达到 9 542 只, 多数情况下可能漏检布鲁氏菌病羊 88 只。漏检数量在 42~3 600 只之间的比例占到 90%。因此, 漏检率 (多数为 0.08%) 虽然不高, 但由于屠宰基数大, 总的漏检数量仍不可忽视。

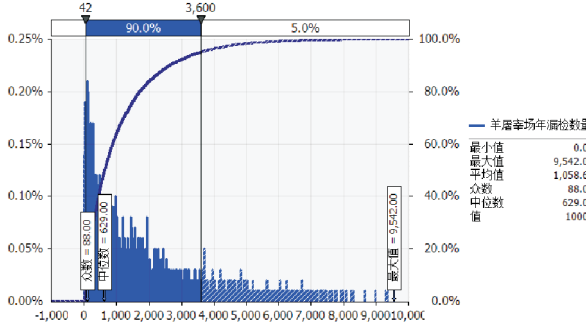


图 2 羊屠宰场全年布鲁氏菌病漏检离散概率模拟估计

2.3 屠宰环节从业人员感染布鲁氏菌风险的估计

2.3.1 不同漏检概率情况下屠宰线人员感染布鲁氏菌病的人数估计比较。布鲁氏菌病检疫漏检概率分布呈 pert 分布 (RiskPert (0, 0.08, 2.7))。假设屠宰人员接触检疫漏检羊只感染布鲁氏菌病的风险概率为 2%, 且每只漏检羊在屠宰线上与 10 人接触, 那么在多数情况下可能感染布鲁氏菌病人数有 15 人, 最多可达 2 137 人。按照 2016 年度风险监测时漏检率 0.08% 估算, 感染布鲁氏菌病人数可能在 0~114 人之间, 其中 9 人感染的几率最大。当漏检率从 0.001% 提高到 1.5% 时 (漏检率提高 1 500 倍), 人感染布鲁氏菌病病例数将从 0.001% 漏检率时可能没有人感染, 增加到 1.5% 漏检率时至少有 7 人感染, 最大程度的感染人数将增加 457.3 倍 (1 829/4)。三种漏检率情况下可能导致的感染人数 90% 可能分布在 0~4 人 (num—0.2—001)、0~114 人 (num—0.2—08) 和 7~1 829 人 (num—0.2—15) (95% 置信区间) (图 3)。

2.3.2 不同感染率情况下屠宰人员感染人数估计。调查 15 名专家意见, 就屠宰人员接触检疫漏检布

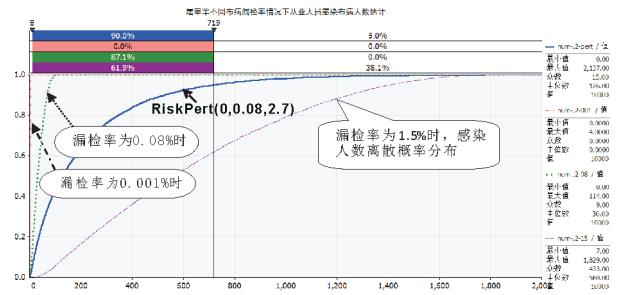


图 3 羊屠宰环节布鲁氏菌病不同漏检率情况下引起从业人员感染的人数估计

氏菌病感染羊只感染发病的可能性进行估计, 对提供的发病概率数据拟合呈极值分布 (RiskExtvalue (0, 0.6))。每年可能感染布鲁氏菌病的人数为 0~7 259 人, 90% 的可能会出现 7~1 862 人感染布鲁氏菌病。假设不同防护水平的屠宰环境可分别导致 5% 和 60% 的感染概率, 则两种不同感染概率情况下, 屠宰人员感染人数有显著差异 (图 4)。人员接触感染概率为 5% 时, 每年有 0~541 人可能染病, 多数情况下有 1 例布鲁氏菌病感染病例。而因防护不当接触感染概率提高至 60% 时, 多数情况下可能约有 155 人发病, 最多时可导致 6 473 人感染布鲁氏菌病 (95% 置信区间)。

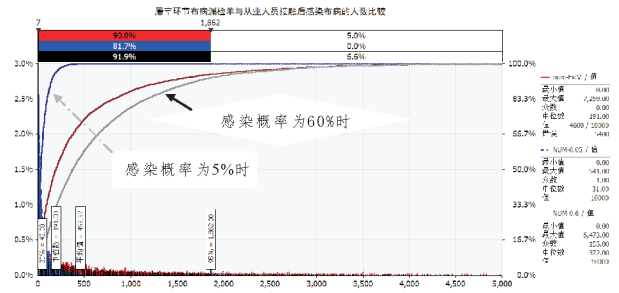


图 4 屠宰环节布鲁氏菌病漏检羊只与屠宰人员接触后感染布鲁氏菌病的不同人数比较

2.4 居民消费布鲁氏菌污染羊肉感染布鲁氏菌病风险的模拟估计

根据专家意见分析, 检疫漏检 1 只布鲁氏菌病感染羊后, 污染羊肉通过烹调 (肉串、涮羊肉) 处理导致消费者感染布鲁氏菌病的概率约为 0.1% (按每只羊可供 50 人食用)。根据模型计算, 如果消费前烹饪得当, 则漏检羊只导致感染的几率几乎为 0, 但是如果未经熟透处理, 则食用后最多感

染布鲁氏菌病人数将达到 518 人。多数情况下每年可能有 1 人感染布鲁氏菌病，有 90% 可能感染的人数集中在 2~181 人之间（95% 置信区间）（图 5）。

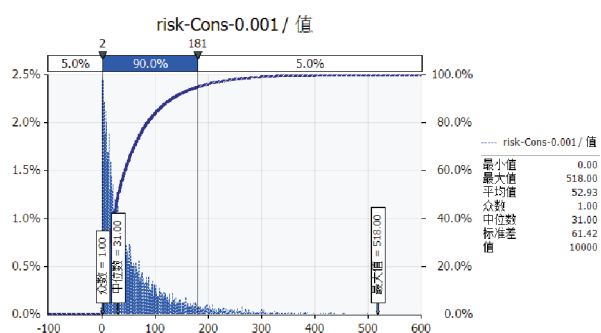


图 5 居民消费被布鲁氏菌污染羊肉感染布鲁氏菌病风险的概率估计

2.5 应用模型估算某省居民消费检疫漏检羊肉感染布鲁氏菌病的新增人数

2016 年度某省共屠宰羊 313.25 万只 (Sm)。按照文献^[3]调查结果羊布鲁氏菌病个体阳性率 3.3% 计算，则全省每年在进入屠宰场前销毁布鲁氏菌病阳性羊只约为 10.3 万只。按照布鲁氏菌病漏检率 (Fd) 为 0.08% 计算，则漏检羊只为：

$$\begin{aligned} Fm (\text{漏检羊只数}) &= Sm \times Fd \\ &= 3\,132\,500 \times 0.000\,8 \\ &= 2\,586 \end{aligned}$$

按照构建的羊肉-布鲁氏菌消费模型假设，对漏检羊只数 Fm 进行取整数计算 $\text{ROUNDUP}(Fm, 0) = 2\,586$ ；模型假设布鲁氏菌病羊检疫漏检后每只羊的羊肉可供 50 人食用，进入人间消费链引发布鲁氏菌病的概率为 0.1%，则食用羊肉人数 (mou) 为： $(\text{ROUNDUP}(Fm, 0)) \times 50$ 。经模拟迭代 10 000 次后，该省 2016 年度可能因食用检疫漏检羊肉新增布鲁氏菌病感染病例 111~148 例（90% 置信区间），最多可达 175 例。如果因为厨房生熟不分、烹调习惯等而使感染概率提高至 1% 时，则可能出现 1 234~1 352 个新增病例（90% 置信区间），最少有 1 157 例新增病例，最多可有 1 428 例新增病例（图 6）。随着感染概率递增，感染人数也会有一定程度的增加。

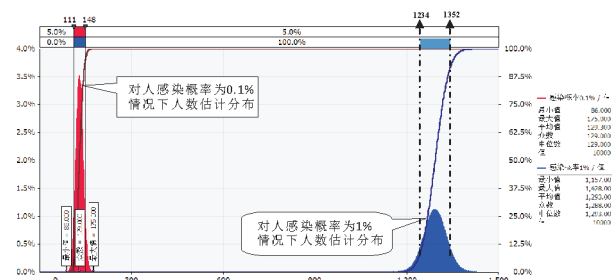


图 6 某省漏检羊只导致新增感染人数估计比较（人感染概率为 0.1% 和 1%）

3 讨论

3.1 屠宰环节检疫漏检是布鲁氏菌病由畜间向人间传播的风险途径之一

从模拟结果可知，不同漏检率导致的屠宰线人员感染人数有很大差异，漏检羊只肉品不完全烹调处理后食用也会给消费者带来布鲁氏菌病的染病风险。由于产地检疫、宰前检疫手段不足等诸多问题，我国布鲁氏菌病检疫漏检现象时有发生^[6-7]。从近年来开展的屠宰环节肉品质量安全风险评估专项监测结果来看，布鲁氏菌病血清学检测发现存在一定的自然感染漏检风险，漏检率一般为 0.08% 左右，有的地区高达 2.7%^[7]。个别地区屠宰环节羊肉中布鲁氏菌带菌率达到 0.78%~6.71%，甚至有的区域出现大中型羊屠宰场布鲁氏菌污染风险（6.23%）高于小型屠宰场（0.48%）的现象^[7]。此外，本研究在情景树构建中仅考虑接受检疫监管部门检疫的羊群，而没有列入市场或餐馆随机屠宰和非受控屠宰的羊只。因此，羊只因检疫漏检而导致布鲁氏菌病散播的风险概率可能会因区域不同而有较大差异。

3.2 布鲁氏菌病由畜间向人间传播的风险评估研究有待进一步加强

理论上讲，布鲁氏菌可通过饮用生鲜乳、接触流产胎儿及分泌物、免疫接种、羊群采样、剪毛、放牧、屠宰等多种途径感染。但哪种途径风险程度更大，这些途径对布鲁氏菌感染的贡献大小排序如何，均没有相应的数据支撑。欧洲食品安全局（EFSA）针对绵羊、山羊奶中的布鲁氏菌危害开展了定量风险评估，认为饮用生鲜奶和人感染布鲁氏菌病有着密切的关系^[8]，但尚未有针对羊肉中存在布鲁氏菌污染的风险评估报道。本研究仅对屠宰

从业人员的风险进行了初步评估,但由于基础数据缺乏,部分采用了专家意见的半定量评估方法,因此限制了评估结果输出的精准性和科学性。此外,运输储存中布鲁氏菌的消长变化,感染羊只屠宰后羊肉中的菌量大小,饮食用生鲜羊乳与肉品哪种对人感染布鲁氏菌病贡献值更大,布鲁氏菌与受染人群的剂量-反应关系,等等,均有待于进一步研究和构建评估模型。

3.3 迫切需要加强对布鲁氏菌病免疫与自然感染鉴别检测技术的研究

《国家布鲁氏菌病防治计划(2016—2020年)》要求^[1]:一类地区对羊群采取全面免疫措施;二类地区羊的个体检测阳性率 $\geq 0.5\%$ 时,可以有条件地实施免疫。但免疫后如何鉴别疫苗免疫和自然感染又成为兽医检疫和动物卫生监督执法人员的棘手问题,这一定程度上增加了自然感染羊只进入屠宰环节的风险。本研究对RBPT或cELISA检测阳性的样品,进一步采用基于poly-B抗体检测的布鲁氏菌放射免疫扩散实验(RIA)试剂盒(INGEZIM IDR, INGENASA),进行免疫和自然感染鉴别检测,取得了较好的效果。该方法用于区分牛布鲁氏菌病野毒感染和疫苗免疫的特异性达92%以上^[9]。其在西班牙布鲁氏菌病净化中发挥了重要作用。

3.4 屠宰从业人员防护意识需要加强

从问卷调查和调研情况看,屠宰环节的从业人员多数对布鲁氏菌病感染风险和环节不了解,个人防护意识淡薄,屠宰过程中几乎不采取个人防护措施。但养殖和屠宰环节从业人员感染布鲁氏菌病现象时有报道^[10-11]。宁华杰等^[4]通过对2010—2016年湖南省长沙市家畜布鲁氏菌病与人间布鲁氏菌病感染情况比较发现,调查区域的屠宰销售人员感染布鲁氏菌病人数占总体感染人数的比例高达18%。因此,建议加强对从业人员布鲁氏菌病危害与预防措施的宣传,提高从业人员的防护意识。

3.5 完全熟制可避免布鲁氏菌病漏检羊肉感染消费者

从评估结果看,如果漏检羊肉购回后消费前烹调不彻底,则存在很高的感染风险。厨房生熟菜板

或刀具不分,携带有布鲁氏菌的肉品污染了凉拌菜等都可能导致布鲁氏菌在人间的感染散播。建议加大对我国居民正确烹调习惯的宣传,消除或降低因烹调不熟,导致布鲁氏菌病漏检羊肉制品传播布鲁氏菌病的风险。

致谢: 中国肉类协会刘蕾女士提供了部分肉类屠宰加工数据。

参考文献:

- [1] 田克恭. 人与动物共患病 [M]. 北京: 中国农业出版社, 2013: 646-654.
- [2] 倪语星, 尚红. 临床微生物学检验 [M]. 5版. 北京: 人民卫生出版社, 2013: 162-164.
- [3] 农业部、国家卫生计生委. 国家布鲁氏菌病防治计划(2016-2020年) [A]. 北京: 农业部、国家卫生计生委, 2016-09-07.
- [4] 宁华杰, 谭丹, 刘增再, 等. 2010—2016年湖南省长沙市布鲁氏菌病流行形势 [J]. 中国动物检疫, 2017, 34(7): 16-19.
- [5] 苏良, 欧新华, 杨柳青, 等. 长沙市2012—2015年人间布鲁氏菌病血清学检测结果分析 [J]. 中国热带医学, 2016, 16(9): 937-939.
- [6] 赵贵民, 王洪梅, 何洪彬. 我国家畜布鲁氏菌病流行现状与诊断技术研究进展 [J]. 中国畜牧杂志, 2016, 52(16): 33-39.
- [7] 谢建华, 周莉, 汪子淳, 等. 羊肉产品中的布鲁氏菌污染及其风险传递调查 [J]. 中国动物检疫, 2017, 34(5): 31-34.
- [8] EFSA. Scientific Opinion on the public health risks related to the consumption of raw drinking milk [J]. EFSA Journal, 2015, 13(1): 3940.
- [9] MUÑOZ P M, MARÍN C M, MONREAL D, et al. Efficacy of several serological tests and antigens for diagnosis of bovine brucellosis in the presence of false-positive serological results due to *Yersinia enterocolitica* O: 9 [J]. Clin. Diagn. Lab. Immunol., 2005, 12: 141-151. doi: 10.1128/CCLI.12.1.141-151.2005.
- [10] 周莉, 侯权书, 黄诚, 等. 布鲁氏菌病的危害与个人防护 [J]. 中国动物检疫, 2016, 33(6): 52-54.
- [11] 陈虎英, 葛兴农. 延安市畜间布鲁氏菌病流行概况、防治现状与对策 [J]. 畜牧兽医杂志, 2014, 5(33): 93-94.

(责任编辑: 孙荣钊)