

## 四川省甘孜县部分牦牛肉致病菌及寄生虫的检测分析

古丽香<sup>1</sup>, 金凡<sup>1</sup>, 苏春丽<sup>1</sup>, 杨天龙<sup>1</sup>, 蔡炯<sup>2</sup>, 杨红<sup>2</sup>, 韩琴<sup>1\*</sup>

(1. 成都医学院公共卫生学院, 四川成都 610500; 2. 成都市食品药品检验研究院, 四川成都 611130)

**摘要** [目的]了解四川省甘孜县部分冷冻鲜牦牛肉及风干牦牛肉制品中致病菌及寄生虫污染情况, 分析主要危险因素。[方法]按照随机采样原则, 采集四川省甘孜县的冷冻鲜牦牛肉和风干牦牛肉样品, 对沙门氏菌、金黄色葡萄球菌、单增李斯特氏菌及大肠埃希氏菌 O157:H7 进行检测, 并检查冷冻鲜牦牛肉中牛带绦虫(*Taenia solium*)、棘球蚴(*Echinococcus*)和旋毛虫(*Trichinella*)的污染情况。[结果]冷冻鲜牦牛肉及风干牦牛肉中金黄色葡萄球菌检验结果<10 CFU/g, 未检出沙门氏菌、单增李斯特氏菌及大肠埃希氏菌 O157:H7; 冷冻鲜牦牛肉中未检出牛带绦虫、棘球蚴和旋毛虫。[结论]四川省甘孜县的部分冷冻鲜牦牛肉及风干牦牛肉中未检出食源性致病菌和寄生虫的污染。

**关键词** 牦牛肉; 食源性疾病; 食源性致病菌; 寄生虫; 甘孜县

**中图分类号** TS 251.7 **文献标识码** A

**文章编号** 0517-6611(2022)23-0154-06

**doi**: 10.3969/j.issn.0517-6611.2022.23.040



开放科学(资源服务)标识码(OSID):

### Detection and Analysis of Pathogens and Parasites in Some Yak Meat in Ganzi County, Sichuan Province

GU Li-xiang, JIN Fan, SU Chun-li et al (School of Public Health, Chengdu Medical College, Chengdu, Sichuan 610500)

**Abstract** [Objective] To investigate the contamination of pathogenic bacteria and parasites in some frozen fresh yak meat and air-dried yak meat products in Ganzi County of Sichuan Province, and to analyze the main risk factors. [Method] According to the principle of random sampling, samples of frozen fresh yak and air-dried yak from Ganzi County, Sichuan Province were collected for the detection of *Salmonella*, *Staphylococcus aureus*, *Listeria monocytogenes* and *Escherichia coli* O157: H7. To check the contamination of *Taenia solium*, *Echinococcus* and *Trichinella* in frozen fresh yak meat. [Result] The detection results of *Staphylococcus aureus* in frozen fresh yak meat and air-dried yak meat were less than 10 CFU/g, and no *Salmonella*, *Listeria monocytogenes* and *Escherichia coli* O157: H7 were detected. *Taenia taeniana*, *Echinococcus* and *trichinella spiralis* were not detected in Frozen fresh meat samples of yak. [Conclusion] No foodborne pathogens and parasites were detected in some frozen fresh yak meat and air-dried yak meat products in Ganzi County, Sichuan Province.

**Key words** Yak meat; Foodborne disease; Foodborne pathogen bacteria; Parasites; Ganzi County

食源性疾病是全世界的重大公共卫生问题。世界卫生组织(WHO)表示,因食用受污染的食物每年会导致 200 余种疾病,约有 200 万人死亡。根据对我国 2010—2016 年发生的家庭食源性疾病统计结果显示,共发生 5 197 起,累计发病数 29 210 例,平均每年发病数约 4 173 例,死亡 780 例,病死率为 2.7%,且发病数呈逐年上升趋势<sup>[1]</sup>。食源性疾病主要是指人们通过进食而造成毒害物质或者生物性病原体等致病因子进入体内,进而引发的疾病。当前,细菌性微生物是导致食源性疾病暴发的重要原因<sup>[2-3]</sup>。而肉类在食品致病微生物污染中最为常见<sup>[4]</sup>,因其富含蛋白质以及多种营养物质,为致病微生物提供了良好的生存、繁殖环境,而且微生物能够在肉制品中保留更久,在食用前若未进行加热,则易引发多种疾病<sup>[5]</sup>。在这种情况下,肉类食品成为微生物的天然培养基,极易引起食源性疾病。

在肉类中常见的致病菌有沙门氏菌、金黄色葡萄球菌、单增李斯特氏菌、大肠杆菌 O157:H7 等。沙门氏菌在外环境中的生存能力较强,在肉类食品中能生存数月,是感染人类和动物的常见肠道细菌病原体。据报道,在我国发生的 128 起沙门氏菌食物中毒事件中,由肉类食品引发的有 108 件,占总起数的 84.3%,其中牛肉占 32%<sup>[6]</sup>。而单增李斯特氏菌

可在 4℃ 冰箱中生长繁殖,并且冷藏时间越长,危险性越高,在各种食品中均可造成污染,尤其是在肉类食品中,污染率高达 10%~30%,其主要感染对象为免疫力低下人群,致死率较高<sup>[7-8]</sup>。金黄色葡萄球菌广泛分布于自然界,由于其肠毒素致病力较强,由其引起的病人往往出现较为严重的食物中毒症状。美国疾控中心研究报告中指出,由金黄色葡萄球菌引起的食源性疾病占第 2 位,仅次于大肠杆菌。此外,寄生虫也是引起食源性疾病的重要因素之一。它是一类寄生在人体或者其他动物体内的微生物,经食物、水或土壤等传播可导致寄生虫病,严重威胁人的生命健康。寄生虫的种类较多,主要是肉源性的带绦虫、旋毛虫等危害较为严重<sup>[9]</sup>。除此之外,一些寄生虫病为人畜共患病,包括猪、牛肉的囊尾蚴、旋毛虫、棘球蚴、弓形虫等,是影响人们健康公共卫生问题之一。

甘孜县拥有天然草场约 37.8 万 hm<sup>2</sup>,是四川省重要的畜牧业生产基地,凭借天然资源的优势,造就了牦牛这一优良畜种。牦牛肉具有高蛋白、低脂肪的特点,富含维生素、矿物质及人体必需氨基酸,其营养价值远远高于其他牛肉<sup>[10]</sup>。近年来,随着人们生活水平的提高及饮食习惯的改变,营养保健、绿色无污染的食品受到消费者的青睐。因此,牦牛肉逐渐成为市场开发的热点,而牦牛养殖业已成为甘孜县广大农民脱贫致富的一项支柱产业。随着牦牛肉及肉制品在居民膳食结构中的比重越来越大,其卫生安全状况也备受消费者关注。因此,为了解常见食源性致病菌如沙门菌、单增李斯特氏菌、金黄色葡萄球菌和大肠埃希氏菌 O157:H7 及寄

**基金项目** 四川省科技厅科技扶贫专项(产业类)项目(2020ZHFP0061)。  
**作者简介** 古丽香(1995—),女,江西赣州人,硕士研究生,研究方向:公共卫生。\*通信作者,高级实验师,硕士,从事环境卫生与食品安全研究。

**收稿日期** 2022-01-17

生虫对四川省甘孜县夺多乡牦牛肉的污染情况,笔者进行了检测分析。

## 1 材料与方法

**1.1 样品采集** 2020年9月至2021年11月自四川省甘孜县雪域蓝天养殖加工合作社采集样品,该养殖合作社包括甘孜县夺多乡等乡镇,采集新鲜牦牛肉和风干牦牛肉共5批,共计138份,其中鲜牦牛肉78份,风干牦牛肉60份,采样时间为每年9—12月,按照无菌操作采集样品,每份最小采样量为500g,置于无菌封口袋中,在冷藏条件下送至四川省成都市食品药品检验研究院检测。

**1.2 试剂和仪器** 无菌生理盐水、BPW 增菌液、TTB 增菌液、SC 增菌液、BS 琼脂、LB1 增菌液、LB2 增菌液、XLD 琼脂、CT-SMAC 琼脂、PALCAM 琼脂培养基、Baird-Parker 琼脂平板、改良 EC 肉汤(mEC+n)、TSI 琼脂、MUG-LST、单增李斯特氏菌显色培养基、大肠埃希氏菌 O157 显色培养基等。显微镜、振荡器、无菌培养皿、无菌均质器、无菌试管、恒温培养箱、恒温水浴箱、厌氧培养装置等。

**1.3 食源性致病菌检测项目及方法** 检测冷冻鲜牦牛肉及风干牦牛肉中沙门氏菌、单增李斯特氏菌、金黄色葡萄球菌、大肠埃希氏菌 O157:H7 的污染情况。根据 GB 4789.4—2016《中华人民共和国国家标准 食品安全国家标准 食品微生物学检验 沙门氏菌检验》<sup>[11]</sup>,GB 4789.10—2016《中华人民共和国国家标准 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》<sup>[12]</sup>,GB4789.30—2016《中华人民共和国国家标准 食品安全国家标准 食品微生物学检验 单核细胞增生李斯特氏菌检验》<sup>[13]</sup>,GB 4789.36—2016《中华人民共和国国家标准 食品安全国家标准 食品微生物学检验 大肠埃希氏菌 O157:H7/NM 检验》<sup>[14]</sup>,对其进行处理及检测。

**1.4 寄生虫检测** 按照《国家食品污染和有害因素风险监测工作手册》操作。按照随机采样原则,从每批鲜肉中抽取腿部肌肉、横膈膜肌肉和肋间肌肉各6份进行检测,根据不同种类寄生虫分别采取剖检法、饱和盐水浮聚法、压片法、沉淀法等进行检测,检测牛带绦虫、棘球蚴和旋毛虫。

**1.4.1 饱和盐水浮聚法。**采用饱和盐水浮聚法检测牛带绦虫。将适量 NaCl 溶于水中煮沸,直至不能溶解为止,将其静置冷却,有少量盐析出,所得溶液即为饱和盐水。取鲜牦牛肉 500 g,加入适量饱和盐水,清洗牛肉表面 2~3 遍,将清洗过的水倒入锥形瓶中,用胶头滴管滴至瓶口稍高出但不溢出的状态。在瓶口覆盖一载玻片,使其与液面完全接触但无气泡产生,静置 25 min。平提载玻片并迅速翻转,盖上盖玻片,不存有气泡,置显微镜下观察。

**1.4.2 水洗沉淀法。**采用水洗沉淀法检测棘球蚴。使用去离子水清洗牦牛肉表面,将清洗过的水倒入倒三角瓶中,静置 30 min 后倾去上清,保留沉淀。再加满去离子水,静置 30 min,倾去上清液,保留沉淀。反复 1~3 次直至上清澄清后转至 50 mL 量杯中,再加蒸馏水重复清洗沉渣 1~2 次,每次均须静置 30 min,倒去上清液留下 2~3 mL 下层沉淀。最后用滴管吸取适量沉淀涂于载玻片上,置显微镜下观察。

**1.4.3 直接剖检法。**将清洗过的牦牛肉置于解剖盘中,用刀顺着纹理方向切开,选择不同部位及深度进行检查,肉眼观察牦牛肉上是否有虫体或囊包。发现虫体或囊包后取出镜检,在显微镜下根据特征进行鉴定。

**1.4.4 压片法。**采用压片法检测旋毛虫。顺着牦牛肉肌肉纹理方向剪取不同部位约 0.2 g,置于载玻片上,并滴加碱性品红染液,盖上另一张载玻片。将 2 张载玻片挤压成薄膜,置显微镜下观察。

**1.5 数据统计分析** 应用 WPS Excel 对检测数据进行分析,统计寄生虫检出率。

$$\text{检出率} = \text{检出数} / \text{样本数} \times 100\%$$

## 2 结果与分析

**2.1 牦牛肉食品致病菌检测结果** 鲜肉及肉制品中致病菌污染的原因除牦牛本身带菌、饲养环境卫生条件差外,在屠宰、加工和储藏过程中肉品也会受到污染。对甘孜县冷冻鲜牦牛肉及风干牦牛肉进行检测,结果显示,沙门氏菌、金黄色葡萄球菌、单增李斯特氏菌、大肠埃希氏菌 O157:H7 4 种致病菌的检测结果均符合国家肉类卫生合格标准(表 1、图 1~6)。

表 1 四川省甘孜县牦牛肉 4 种致病菌检出情况

Table 1 Detection of four pathogenic bacteria of yak meat in Ganzi County, Sichuan Province

致病菌种类 Pathogenic bacteria	鲜牦牛 肉份数 Copies	检验结果 Result	风干牦牛 肉份数 Copies	检验 结果 Result
沙门氏菌 <i>Salmonella</i>	78	未检出	60	未检出
金黄色葡萄球菌 <i>Staphylococcus aureus</i>	78	<10 CFU/g	60	<10 CFU/g
单增李斯特氏菌 <i>Listeria monocytogenes</i>	78	未检出	60	未检出
大肠埃希氏菌 O157:H7 <i>Escherichia coli</i> O157:H7	78	未检出	60	未检出

**2.2 鲜牦牛肉寄生虫检测结果** 30 份冷冻鲜牦牛肉中均未检出牛带绦虫、棘球蚴和旋毛虫。顺着牦牛肉纹理方向将肉表层及深层划开,肉眼观察牛肉表面、浅表及深层内部,并置于显微镜下观察,肉眼及镜下均未发现牛带绦虫、棘球蚴和旋毛虫(图 7)。

## 3 讨论

食源性致病菌和寄生虫污染是食物中毒和食源性疾病暴发的重要因素,是当前食品安全的主要风险隐患。除食品本身是致病菌的携带者外,在屠宰、加工和储藏过程中肉品也会受到污染。由四川省甘孜县夺多乡冷冻鲜牦牛肉和风干牦牛肉的食源性致病菌检验结果可知,沙门氏菌、单增李斯特氏菌、金黄色葡萄球菌、大肠埃希氏菌 O157:H7 检验结果均在国家食品安全标准范围内。在甘孜县牦牛肉及肉制品中虽未检出致病菌,但我国各地调查数据显示,牛肉及肉制品仍存在着被食源性致病菌污染的情况。如天祝白牦牛肉中金黄色葡萄球菌的检出率为 14.7%<sup>[15]</sup>,新疆乌鲁木齐地区零售生牛肉中沙门氏菌的感染率达到 6.44%<sup>[16]</sup>。而在各类零售肉产品中也检测出大肠埃希菌 O157:H7,主要包括

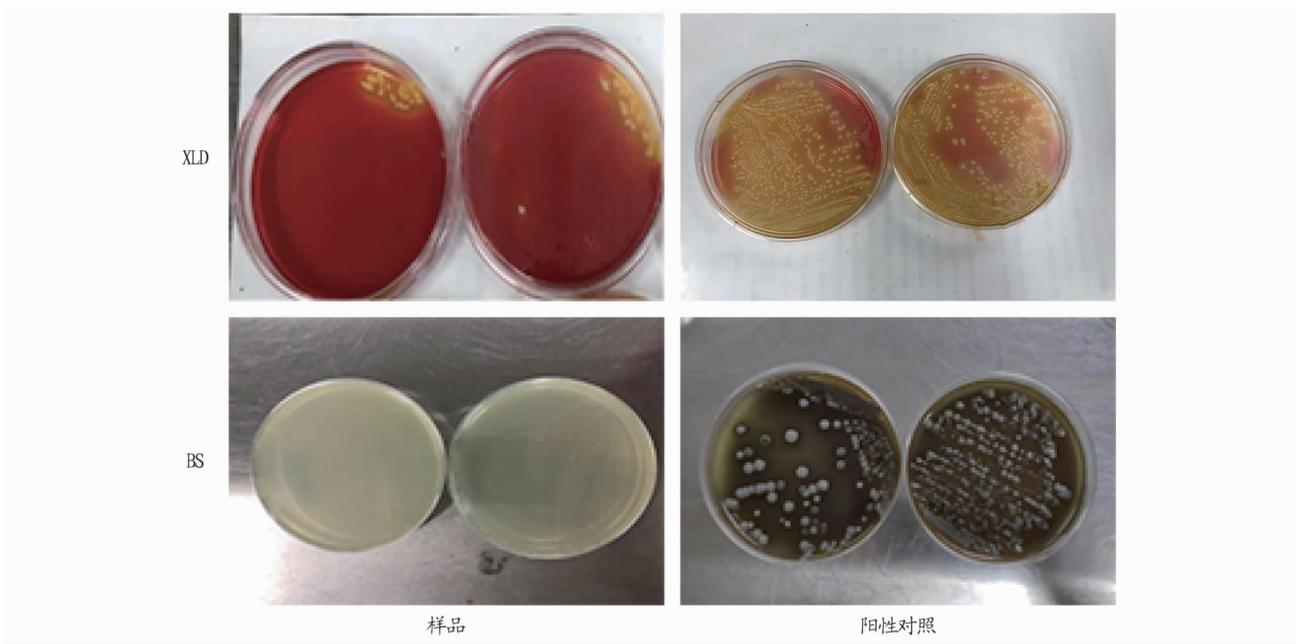
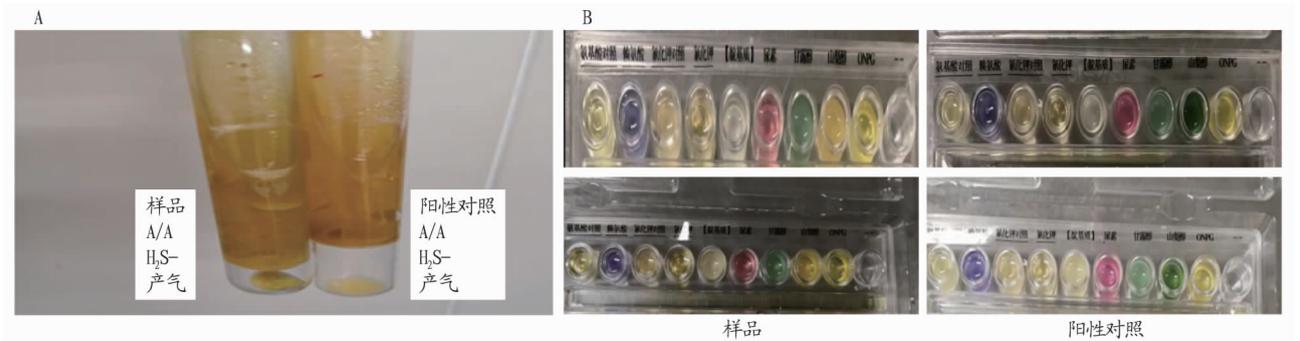


图 1 沙门氏菌在 XLD 和 BS 平板上的菌落形态

Fig.1 Colony morphology of *Salmonella* on both XLD and BS plates



注:A.沙门氏菌在三糖铁琼脂的反应结果(K.产碱;A.产酸;+.阳性;-.阴性);B.沙门氏菌在生化鉴定条上的反应结果,样品可判定为沙门氏菌阴性

Note:A.The reaction results of *Salmonella* in trisaccharide iron agar (K.Alkali production; A.Acid production;+.Positive; -.Negative); B.The reaction result of *Salmonella* on the biochemical identification strip, the sample can be judged as *Salmonella* negative

图 2 沙门氏菌的生化鉴定结果

Fig.2 Biochemical identification results of *Salmonella*

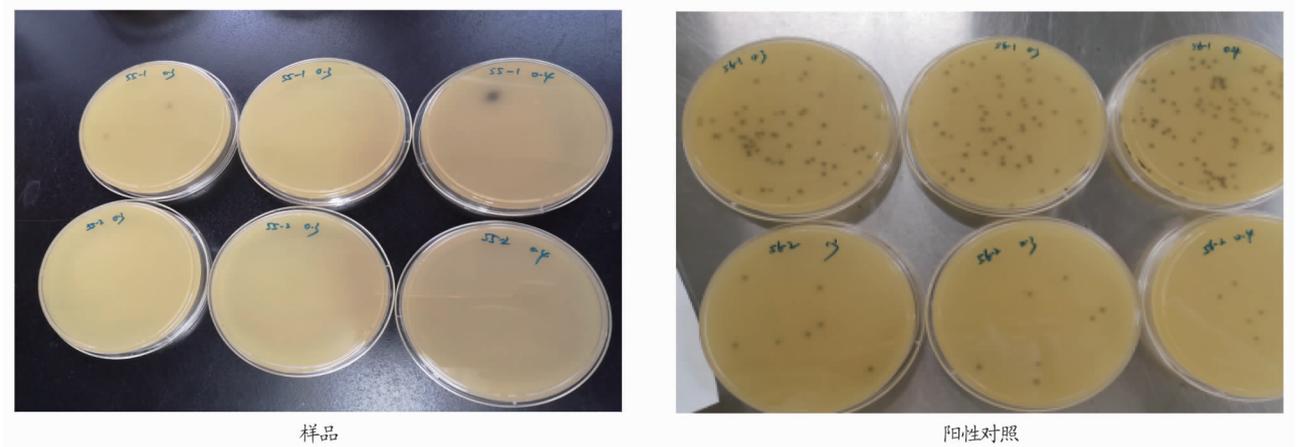


图 3 金黄色葡萄球菌在 Baird-Parker 平板上的菌落形态

Fig.3 Colony morphology of *S.aureus* on Baird-Parker plates

牛肉产品<sup>[17-18]</sup>。此外,在上海地区市售鲜肉中食源性致病菌的调查显示,鲜牛肉的单增生李斯特氏菌检出率也非常高,达到 48.0%,高于鲜猪肉(17.5%)和整鸡(19.6%)<sup>[19]</sup>。

因此,对牦牛肉及肉制品中的食源性致病菌污染仍不能放松警惕。



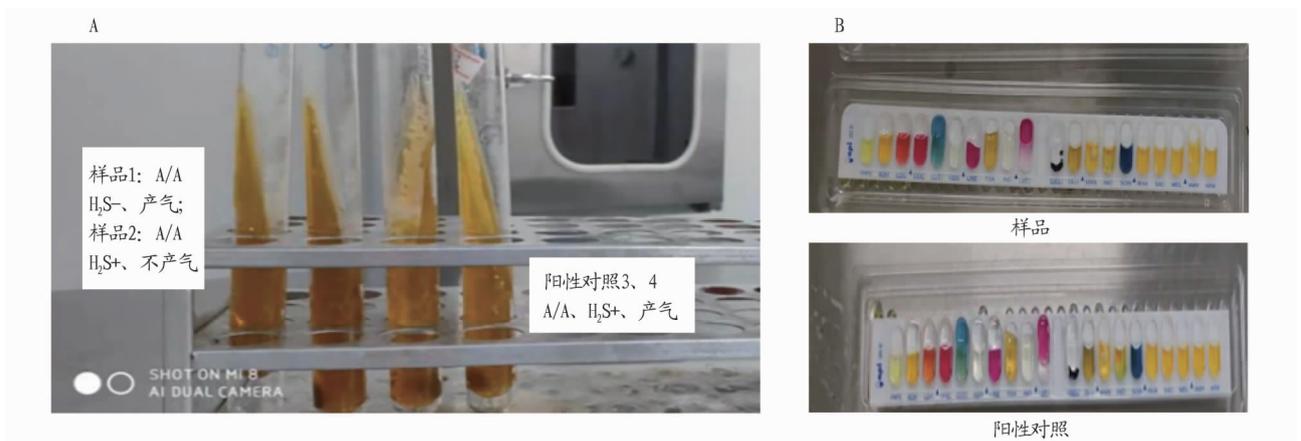
图 4 单增李斯特氏菌在 PALCAM 平板和单增李斯特氏菌显色平板上的菌落形态

Fig.4 Colony morphology of *Listeria monocytogenes* on PALCAM plate and *Listeria* chromogenic plate



图 5 大肠埃希氏菌 0157 在 CT-SMAC 平板和大肠埃希氏菌 0157 显色平板上的菌落形态

Fig.5 Colony morphology of *Escherichia coli* 0157 on CT-SMAC plate and *Escherichia coli* 0157 color plate



注:A.大肠埃希氏菌 0157:H7 在三糖铁琼脂的反应结果(K.产碱;A.产酸;+.阳性;-.阴性);B.大肠埃希氏菌 0157:H7 在生化鉴定条上的反应结果,样品可判定为大肠埃希氏菌 0157:H7 阴性

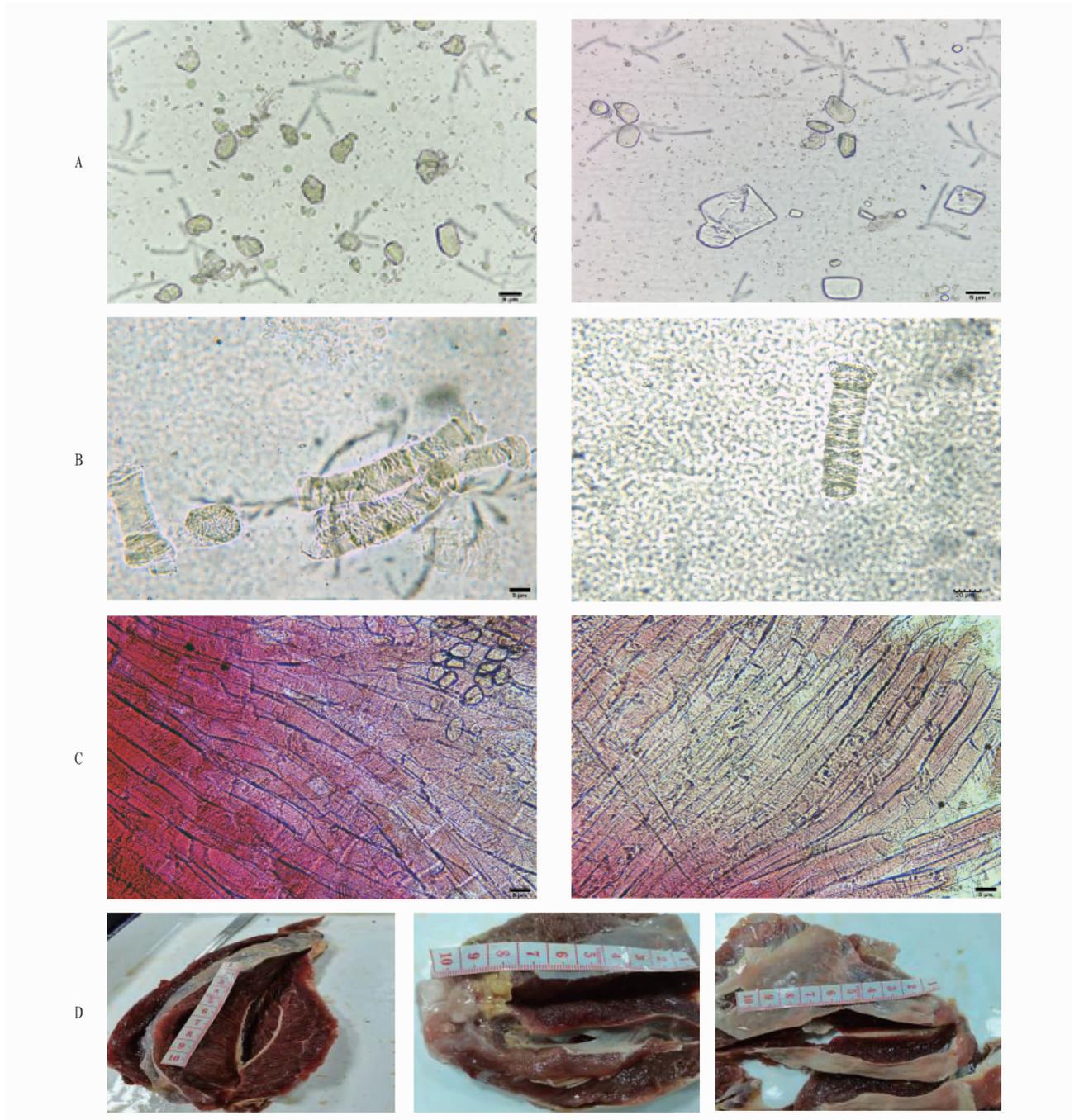
Note:A.The reaction results of *Escherichia coli* 0157; H7 in trisaccharide iron agar (K.Alkali production;A.Acid production;+.Positive;-.Negative); B.The reaction result of *Escherichia coli* 0157; H7 on the biochemical identification strip, the sample can be judged as negative for *Escherichia coli* 0157; H7

图 6 大肠埃希氏菌 0157:H7 的生化鉴定结果

Fig.6 Results of biochemical identification of *Escherichia coli* 0157; H7

随着牦牛养殖量的不断增加,牦牛养殖相对集中,交通运输交易频繁,给寄生虫病的传播感染也提供了更多机会。寄生虫感染会造成牦牛生长缓慢,生产性能降低,甚至引起

继发感染导致死亡,造成严重损失。除此之外,它们也能够作为病原引起疾病及作为疾病的传播媒介,严重威胁人民生命健康<sup>[20]</sup>。带绦虫病被世界卫生组织列为十大危害食源性



注:A.饱和盐水浮聚法检测牛带绦虫;B.沉淀法检测棘球蚴;C.压片法检测旋毛虫;D.切开牦牛腿肉,横膈膜肌及肋间肌肉,肉眼观察并未发现囊尾蚴

Note:A.Taenia by saturated saline; B.Cercariae by precipitation; C.Trichellae by pressure plate;D.No cysticercus was found in the diaphragmatic muscle and intercostal muscle after incision of yak leg meat

图7 显微镜下冷冻鲜牦牛肉寄生虫检测结果(10×10)

Fig.7 Observation results of parasites in frozen fresh yak meat under microscope (10×10)

寄生虫病之一,它不仅会造成人体残疾,还会危及生命。据报道,我国带绦虫病总感染率为0.06%,感染数约37万例,感染率居前3位的包括四川省(0.18%)<sup>[21]</sup>。旋毛虫病呈全球性分布,主要是因生食或半生食含旋毛虫幼虫囊包的肉类而感染。因此,在喜生食或半生食肉的国家 and 地区,经常会暴发感染事件<sup>[22]</sup>。棘球蚴素有“虫癌”之称,包囊好发于肝脏、肺脏和脑部,几乎可造成所有脏器和组织的损害,危害

大,病死率高<sup>[23]</sup>。我国第2次人体重要寄生虫病现状调查报告显示,带绦虫、棘球蚴和旋毛虫病感染率仍较严重,与第1次调查结果相比,四川省带绦虫感染率上升幅度最为明显,高达98%<sup>[24]</sup>。此外,四川省也是棘球蚴病(俗称包虫病)的高发区之一,主要流行于甘孜州和阿坝州的31个县。棘球蚴成虫寄生在犬科动物小肠,其虫卵或孕卵节片随粪便排出污染水、草及环境,在放牧过程中,牦牛因食入虫卵而被感

染,造成当地牦牛棘球蚴感染率较高<sup>[25]</sup>。笔者在甘孜县的冷冻鲜牦牛肉中未检出寄生虫污染,说明四川省甘孜县近年来的防治措施取得了一定成效,但仍需持续和重点关注感染率较高的重点人群和重点地区。

该研究中,在甘孜县冷冻鲜牦牛肉及其肉制品中虽未检出食源性致病菌和寄生虫污染,但仍不能松懈,相关部门应对牦牛肉养殖及生产加工全过程进行严格管控,加强相关操作人员的食品卫生知识培训,提高卫生意识。同时,政府应加大监督力度,以确保肉制品安全,切断传播及感染途径,防止食源性疾病暴发。

## 参考文献

- [1] 张晶,李薇薇,杨淑香,等.中国2010—2016年家庭食源性疾病暴发事件流行特征分析[J].中国公共卫生,2019,35(10):1379-1382.
- [2] 韩进兰.食源性疾病监测中病原微生物检验结果分析[J].临床检验杂志:电子版,2020,9(1):122.
- [3] XUE J H,ZHANG W J.Understanding China's food safety problem: An analysis of 2387 incidents of acute foodborne illness[J].Food control,2013,30(1):311-317.
- [4] 付萍,王连森,陈江,等.2015年中国大陆食源性疾病暴发事件监测资料分析[J].中国食品卫生杂志,2019,31(1):64-70.
- [5] 邢秀芹.肉制品中的微生物及其安全问题[J].肉类研究,2005,19(4):43-44.
- [6] FELMLEE T,PELLETT S,WELCH R A.Nucleotide sequence of an *Escherichia coli* chromosomal hemolysin[J].J Bacteriol,1985,163(1):94-105.
- [7] MCLAUCHLIN J.*Listeria monocytogenes*, recent advances in the taxonomy and epidemiology of listeriosis in humans[J].J Appl Bacteriol,1987,63(1):1-11.
- [8] 李翠云.单核细胞李斯特菌研究近况[J].中国热带医学,2010,10(1):120-122.
- [9] 陈家旭.食源性寄生虫病[M].北京:人民卫生出版社,2009.
- [10] 曹梦丽,郭韶珂,王兴东,等.甘南牦牛肉质特性分析[J].中国草食物科学,2021,41(5):37-41.
- [11] 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 沙门氏菌检验:GB4789.4—2016[S].北京:中国标准出版社,2016.

- [12] 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:GB4789.10—2016[S].北京:中国标准出版社,2016.
- [13] 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 单核细胞增生李斯特氏菌检验:GB4789.30—2016[S].北京:中国标准出版社,2016.
- [14] 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 大肠埃希氏菌 O157:H7/NM 检验:GB4789.36—2016[S].北京:中国标准出版社,2016.
- [15] 胡萍,苏诚玉,权玉玲,等.天祝白牦牛牛肉和鲜乳中金黄色葡萄球菌及其肠毒素污染的分析研究[J].中国卫生检验杂志,2005,15(7):840-841.
- [16] 尹明远,张晓燕,艾乃吐拉,等.2010—2012年新疆乌鲁木齐地区零售生肉中沙门菌污染情况调查[J].中国食品卫生杂志,2014,26(2):172-175.
- [17] BOLTON F J,CROZIER L,WILLIAMSON J K.Isolation of *Escherichia coli* O157 from raw meat products[J].Lett Appl Microbiol,1996,23(5):317-321.
- [18] BROOKS H J,MOLLISON B D,BETTELHEIM K A,et al.Occurrence and virulence factors of non-O157 Shiga toxin-producing *Escherichia coli* in retail meat in Dunedin, New Zealand[J].Lett Appl Microbiol,2001,32(2):118-122.
- [19] 李琼琼,范一灵,宋明辉,等.上海地区市售生鲜肉中单核细胞增生李斯特菌和沙门氏菌的污染监测分析[J].食品安全质量检测学报,2020,11(23):9016-9020.
- [20] 张西臣,李建华.动物寄生虫病学[M].3版.北京:科学出版社,2010.
- [21] 陈颖丹,周长海,朱慧慧,等.2015年全国人体重点寄生虫病现状调查分析[J].中国寄生虫学与寄生虫病杂志,2020,38(1):5-16.
- [22] 杨小迪,徐常艳,王舒颖,等.我国旋毛虫病流行病学诊断治疗及防治措施研究进展[J].中国血吸虫病防治杂志,2020,32(5):448-452,458.
- [23] 王国强.全国包虫病流行情况调查报告[M].上海:上海科学技术出版社,2016:25-33.
- [24] 许隆祺,陈颖丹,孙凤华,等.全国人体重要寄生虫病现状调查报告[J].中国寄生虫学与寄生虫病杂志,2005,23(S1):332-340.
- [25] 张朝辉,华瑞其,徐林,等.四川省石渠县牦牛棘球蚴病血清流行病学初步调查[J].中国动物检疫,2021,38(7):9-13,98.

(上接第 116 页)

## 参考文献

- [1] 周乐.西南大学校园植物景观视觉美学评价及优化研究[D].重庆:西南大学,2013.
- [2] 田芳,杨磊.POE 实践运用与探索:以昆明理工大学建筑楼为例[J].华中建筑,2015,33(5):44-48.
- [3] 黄广远,徐程扬,朱解放,等.基于层次分析法和逼近理想解排序法的高校校园绿地景观评价[J].东北林业大学学报,2012,40(9):113-115,123.
- [4] 张夏瑶,居阅时.POE 视域下邻里公园存量优化途径探索:以九子公园为例[J].安徽农业科学,2017,45(33):180-182,191.

- [5] 孔强,李小兰.城市滨水区带状绿地近自然植物群落营造探析[J].安徽农业科学,2016,44(1):266-267,314.
- [6] 王明丽,林俊兰,薛秋华.福州城市公园居民行为与空间偏好调查分析[J].安徽林业科技,2022,48(1):15-20.
- [7] 刘宸,刘婷,包志毅.浙江农林大学春季观花植物种类及景观分析[J].福建林业科技,2014,41(2):177-182,188.
- [8] 王向荣,林箐.西方现代景观设计的理论与实践[M].北京:中国建筑工业出版社,2002.
- [9] 曾忠平,王雅丽,彭浩轩.基于 SOPARC 和 KDE 的游客游憩行为研究:以武汉东湖绿道为例[J].中国园林,2019,35(12):58-62.
- [10] 赵万民,李长东,尤家曜.城市公园适老运动环境影响要素聚类研究[J].中国园林,2021,37(5):50-55.