

研究报告

温州市食品中小肠结肠炎耶尔森氏菌分布及分子分型研究

谢爱蓉,上官智慧,谢中必,吴跃进,胡玉琴,楼辉煌,洪程基,李毅
(温州市疾病预防控制中心,浙江温州 325000)

摘要:目的 了解温州市食品中小肠结肠炎耶尔森氏菌的分子分型及分布特征。方法 4℃增菌后用选择性培养基对食品中的小肠结肠炎耶尔森氏菌进行分离鉴定,分析阳性菌株的生物型、血清型、毒力基因型、耐药性和脉冲场凝胶电泳(PFGE)分子型别。结果 采集6类食品,共676份样品,其中68份样品检出69株小肠结肠炎耶尔森氏菌,检出率为10.1%(68/676)。调理肉制品检出率最高(20.5%,9/44),其次为速冻食品(17.2%,11/64)。95.7%(66/69)的分离株为生物1A型,生物血清型以1A/O:5(29.0%)为主,其次为1A/O:8(14.5%);88.4%(61/69)的菌株仅携带*ystB*基因,检出1株4/O:3型菌株携带毒力基因*ail*、*ystA*、*yadA*、*virF*。分离株对14种抗菌药物的敏感率达到94%以上。32株血清已分型菌株,分为29种PFGE带型。结论 温州市食品中存在一定程度的小肠结肠炎耶尔森氏菌污染,且检出致病性小肠结肠炎耶尔森菌,菌株耐药率处于较低水平,分子分型提示菌株呈高度遗传多态性。

关键词:小肠结肠炎耶尔森氏菌;血清型;毒力基因;耐药性;分子分型

中图分类号:R155

文献标识码:A

文章编号:1004-8456(2022)05-0902-05

DOI:10.13590/j.cjfh.2022.05.007

Distribution and molecular typing analysis of *Yersinia enterocolitica* in food in Wenzhou

XIE Airong, SHANGGUAN Zhihui, XIE Zhongbi, WU Yuejin, HU Yuqin, LOU Huihuang,
HONG Chengji, LI Yi

(Wenzhou Center for Disease Control and Prevention, Zhejiang Wenzhou 325000, China)

Abstract: Objective To investigate the distribution and molecular typing characters of *Yersinia enterocolitica* in food in Wenzhou. **Methods** After pre-enrichment of samples at 4℃, the selective media was used for the isolation and identification of *Yersinia enterocolitica* from food. The biotype, serotype, virulence genotype, drug resistance and pulsed field gel electrophoresis, (PFGE) molecular typing of the isolated strains were analyzed. **Results** Among 676 samples in 6 categories, 69 *Yersinia enterocolitica* strains were isolated from 68 samples, with a positive rate of 10.1% (68/676). The detection rate of prepared meat products was the highest (20.5%, 9/44), followed by quick-frozen food (17.2%, 11/64). Biotype 1A accounted for 95.7% (66/69) of the isolates, and the predominant bioserotype was 1A/O:5 (29.0%), followed by 1A/O:8 (14.5%). 88.4% (61/69) of the strains only harbored *ystB* gene. Particularly, there was a bioserotype 4/O:3 strain carried the virulence gene of *ail*, *ystA*, *yadA* and *virF*. The sensitivity rates of the isolates to 14 kinds of antibiotics were over 94%. Thirty two serotyped strains were divided into 29 PFGE patterns. **Conclusion** Food was contaminated by *Yersinia enterocolitica* to some degree in Wenzhou, and the pathogenic strain was detected. The antibiotic resistance rate of *Yersinia enterocolitica* was at a low level, and PFGE suggested highly genetic polymorphism.

Key words: *Yersinia enterocolitica*; serotype; virulence gene; drug resistance; molecular typing

小肠结肠炎耶尔森氏菌是一种人畜共患肠道致病菌^[1],除引起胃肠道症状外,还可引起一系列严重的并发症,如心内膜炎、反应性关节炎、组织脓肿等,甚至引起败血症导致死亡^[2]。人感染小肠结肠炎耶尔森氏菌主要来源是食物,特别是生的或未煮熟的

猪肉^[1],而在牛奶和奶制品、生肉(牛肉、猪肉和羊肉)、家禽、鸡蛋、蔬菜等日常食品中均有小肠结肠炎耶尔森氏菌检出的报道^[2]。为了解温州市食品中小肠结肠炎耶尔森氏菌污染水平,本研究对温州市市售冷冻肉、生鲜肉、调理肉制品、中式凉拌菜、速冻食品以及即食水产品中的小肠结肠炎耶尔森氏菌进行分离鉴定,并对分离出的阳性菌株进行生物型、血清型、毒力基因型、耐药性和脉冲场凝胶电泳(Pulsed field gel electrophoresis, PFGE)分子分型研究,为食源性小肠结肠炎耶尔森氏菌监测与溯源提供参考。

收稿日期:2022-05-11

基金项目:温州市科技局基础性科研项目(Y20210393)

作者简介:谢爱蓉 女 副主任技师 研究方向为微生物检验

E-mail: sharonxar@aliyun.com

1 材料与方法

1.1 材料

1.1.1 样品来源

2020—2021年,在温州市12个县、市、区所设监测点内的各农贸市场、超市、食品店等场所,采集冷冻肉、生鲜肉、调理肉制品、中式凉拌菜、速冻食品以及即食水产品6类食品,共计676份样品,每份约500g。

1.1.2 主要仪器与试剂

VITEK 2全自动细菌生化鉴定系统(法国BioMérieux),Sensititre AIM全自动菌液接种仪、Vizion微生物药敏分析仪、荧光定量PCR仪(美国Roche),CHEF Mapper型脉冲场凝胶电泳仪、Gel XR型凝胶成像仪(美国Bio-Rad)。

改良PSB增菌液、CIN-1培养基、改良Y培养基(北京陆桥),GN鉴定卡(法国BioMérieux),生化鉴定试剂(青岛海博),小肠结肠炎耶尔森氏菌诊断血清(丹麦SSI、日本生研),微量细菌定量(MIC)药敏试剂(美国Thermo),聚合酶链式反应(Polymerase chain reaction,PCR)试剂(深圳生科原),*Xba*I酶、*Not*I酶(日本Takara),SeaKem Gold琼脂(瑞士Lonza)。

1.2 方法

1.2.1 菌株的分离鉴定

参考文献[3],取25g样品加入225mL PSB增菌液中,均质后置4℃增菌,于第7、14、21天分别吸取0.5mL经碱处理后接种CIN-1培养基、改良Y培养基,置26℃培养48h,挑取可疑菌落接种改良克氏双糖铁琼脂、尿素培养基以及半固体培养基进行初筛后,经全自动细菌生化系统鉴定。

1.2.2 生物分型

参照文献[4]根据生化反应的不同,进行生物分型。

1.2.3 血清分型

用玻片凝集法进行血清分型(O:1,2、O:3、O:5、O:8、O:9血清型),同时设生理盐水作为对照。

1.2.4 毒力基因检测

参照试剂盒说明书要求提取DNA,运用荧光定量PCR方法,对小肠结肠炎耶尔森氏菌的黏附侵袭位点基因(*ail*)、耐热肠毒素基因(*ystA*)、耐热肠毒素基因(*ystB*)、黏附素基因(*yadA*)和毒力调节因子基因(*virF*)进行检测。并根据5种毒力基因携带情况差异,将小肠结肠炎耶尔森氏菌分为4个基因型,即I型(*ail*⁻、*ystA*⁻、*ystB*⁻、*virF*⁻、*yadA*⁻)、II型:(*ail*⁻、*ystA*⁻、*ystB*⁺、*virF*⁻、*yadA*⁻)、III型(*ail*⁺、*ystA*⁺、*ystB*⁻、*virF*⁺、*yadA*⁺)和IV型(*ail*⁺、*ystA*⁺、*ystB*⁻、*virF*⁻、*yadA*⁻)。

1.2.5 药物敏感试验

采用微量肉汤稀释法进行药敏试验,包括9类20种抗生素,即氨苄西林/舒巴坦(Ampicillin-sulbactam,AMS)、头孢吡肟(Cefepime,FEP)、头孢噻肟(Cefotaxime,CTX)、头孢西丁(Cefoxitin,CFX)、头孢他啶(Ceftazidime,CAZ)、氨曲南(Aztreonam,AZM)、亚胺培南(Imipenem,IMI)、美罗培南(Meropenem,MEM)、庆大霉素(Gentamicin,GEN)、阿米卡星(Amikacin,AMI)、卡那霉素(Kanamycin,KAN)、四环素(Tetracycline,TET)、多西环素(Doxycycline,DOX)、米诺环素(Minocycline,MIN)、环丙沙星(Ciprofloxacin,CIP)、左氧氟沙星(Levofloxacin,LEV)、萘啶酸(Nalidixic acid,NAL)、复方新诺明(Trimethoprim-sulfamethoxazole,SXT)、磺胺异噁唑(Sulfisoxazole,Sul)、氯霉素(Chloramphenicol,CHL),结果判断、质量控制参考美国临床和实验室标准化协会(The Clinical and Laboratory Standards Institute,CLSI)抗微生物药物敏感性试验执行标准^[5]进行。药敏试验质控菌株为大肠埃希氏菌(American type culture collection,ATCC 25922),购自中国工业微生物菌种保藏管理中心。

1.2.6 PFGE分子分型

参考文献[6]进行PFGE分子分型。将获得的电泳图像用BioNumerics v7.6软件进行分析,用非加权配对算术平均(Unweighted pair-group method with arithmetic means,UPGMA)法进行聚类,构建聚类树,选用Dice系数估算菌株彼此之间相似性。

1.3 统计学分析

使用Excel软件录入数据,SPSS 23.0软件进行统计分析,计数资料的比较采用非参数检验,检验统计量以S代表, $P < 0.05$ 为差异有统计学意义。

2 结果

2.1 食品中小肠结肠炎耶尔森氏菌的污染情况

6类食品676份样品,其中68份样品检出69株小肠结肠炎耶尔森氏菌,总检出率为10.1%(68/676)。不同类别食品检出率有显著差异($S=11.713, P < 0.05$),调理肉检出率最高(20.5%,9/44),其次为速冻食品(17.2%,11/64),其检出率均高于生鲜肉,差异有统计学意义($S_{\text{调理肉-生鲜肉}}=7.764, P < 0.05$; $S_{\text{速冻食品-生鲜肉}}=5.948, P < 0.05$),详见表1。包装不同,检出率不同,预包装食品检出率显著高于散装食品($S=11.387, P < 0.05$)。采样地点不同,检出率亦不同($S=8.969, P < 0.05$),其中超市及其他采样地点检出率显著高于农贸市场($S_{\text{超市-农贸市场}}=7.764, P < 0.05$; $S_{\text{其他地点-农贸市场}}=4.643, P < 0.05$),差异有统计学意义。并且在散装

食品中,超市检出率也显著高于农贸市场($S=6.158, P<0.05$),详见表2。

表1 不同类别食品样品中小肠结肠炎耶尔森氏菌检出率
Table 1 Detection rate of *Yersinia enterocolitica* isolated from different categories of food samples

食品类别	检测样品份数	阳性样品份数	检出率/%
冷冻肉	181	19	10.5
生鲜肉	283	21	7.4
调理肉制品	44	9	20.5
中式凉拌菜	64	5	7.8
速冻食品	64	11	17.2
即时海产品	40	3	7.5
合计	676	68	10.1

表2 不同采样地点及包装中小肠结肠炎耶尔森氏菌检出率
Table 2 Detection rate of *Yersinia enterocolitica* in different sampling sites and packages

采样地点	检测样品份数	阳性样品份数	散装 (n=542)		预包装 (n=134)	
			+	-	+	-
超市	173	25	15	94	10	54
农贸市场	430	32	25	363	7	35
其他(便利店、流动摊位、网店)	73	11	4	41	7	21
合计	676	68	44	498	24	110

2.2 小肠结肠炎耶尔森氏菌生物分型及血清分型结果

69株小肠结肠炎耶尔森氏菌菌株中生物1A型66株,生物2型2株,4型1株。生物血清分型结果显示(表3),1A/O:5生物血清型占比最高,为29.0%(20/69),其次为1A/O:8生物血清型,占14.5%(10/69);1株4/O:3生物血清型;另有36株血清未定型(UN)菌株,占52.2%(36/69)。

2.3 小肠结肠炎耶尔森氏菌毒力基因检测结果

69株小肠结肠炎耶尔森氏菌菌株毒力基因检测结果见表3,10.1%(7/69)的菌株不携带任何毒力基因(I型),88.4%(61/69)的菌株仅携带 *ystB* 基因(II型),1株4/O:3生物血清型菌株为毒力基因III型,IV型未检出。1A/O:5/*ystB* 为优势型别(19/69,27.5%),其次为1A/O:8/*ystB*(10/69,14.5%)。

2.4 小肠结肠炎耶尔森氏菌药物敏感试验结果

所有菌株对 GEN、MIN、SXT 敏感。对 FEP、

表3 小肠结肠炎耶尔森氏菌生物血清型及毒力基因分布情况
Table 3 Distribution of bioserotype and virulence genes of *Yersinia enterocolitica*

基因型	生物/血清型						合计
	1A/O:1,2	1A/O:5	1A/O:8	1A/UN	2/UN	4/O:3	
I	0	1	0	6	0	0	7
II	2	19	10	28	2	0	61
III	0	0	0	0	0	1	1
合计	2	20	10	34	2	1	69

注:UN表示血清未定型菌株,即与0:1,2,0:3,0:5,0:8,0:9血清型均不凝集的菌株

CTX、CAZ、AZM、IMI、MEM、AMI、KAN、TET、DOX、CHL 敏感率达 94.2%~98.6%。CFX 耐药率最高 40.6%(28/69),见表4。44株菌株对至少1种抗生素耐药,呈现15种耐药谱,其中多重耐药率为7.2%(5/69),见表5。

表4 小肠结肠炎耶尔森氏菌药物敏感试验结果(n=69)
Table 4 The susceptibility test results of *Yersinia enterocolitica* (n=69)

抗生素种类	抗生素名称	敏感		中介		耐药	
		菌株数	占比/%	菌株数	占比/%	菌株数	占比/%
β-内酰胺/β-内酰胺抑制剂复合物	AMS	48	69.6	20	29.0	1	1.4
	FEP	68	98.6	0	0	1	1.4
	CTX	68	98.6	0	0	1	1.4
头孢类	CFX	19	27.5	22	31.9	28	40.6
	CAZ	68	98.6	0	0	1	1.4
单环内酰胺类	AZM	68	98.6	0	0	1	1.4
碳青霉烯类	IMI	68	98.6	0	0	1	1.4
	MEM	68	98.6	0	0	1	1.4
氨基糖苷类	GEN	69	100	0	0	0	0
	AMI	68	98.6	0	0	1	1.4
四环素类	KAN	68	98.6	1	1.4	0	1.4
	TET	65	94.2	0	0	4	5.8
四环素类	DOX	67	97.1	2	2.9	0	0
	MIN	69	100	0	0	0	0
喹诺酮类	CIP	51	73.9	4	5.8	14	20.3
	LEV	54	78.3	15	21.7	0	0
叶酸途径拮抗剂类	NAL	53	76.8	—	—	16	23.2
	SXT	69	100	—	—	0	0
苯丙醇类	Sul	50	72.5	—	—	19	27.5
	CHL	68	98.6	0	0	1	1.4

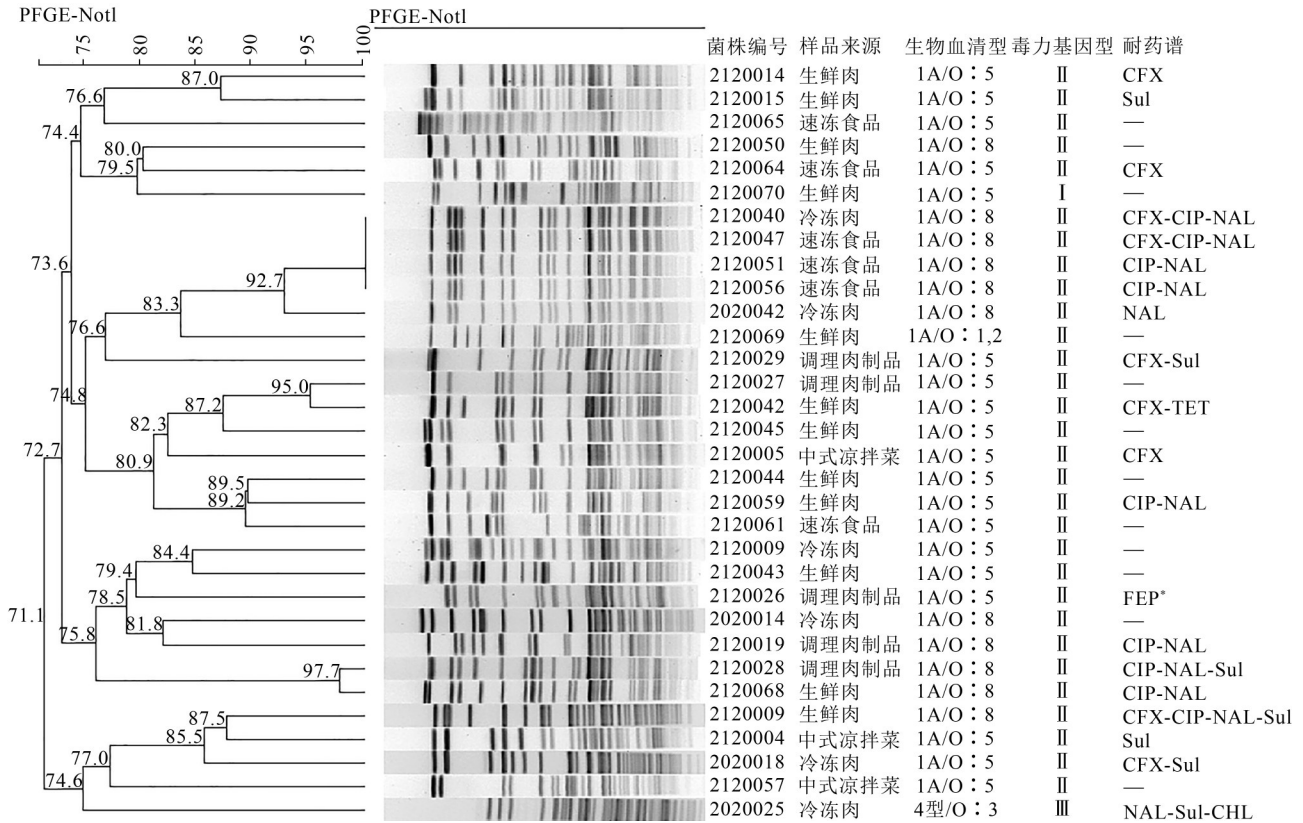
表5 小肠结肠炎耶尔森氏菌耐药谱

Table 5 Drug resistance spectrum of *Yersinia enterocolitica*

耐药谱	耐药种类数	菌株数	构成比/%
敏感	0	25	36.2
CFX	1	12	17.4
CIP-NAL	1	6	8.7
NAL	1	1	1.4
Sul	1	5	7.2
AMS-CFX	2	1	1.4
CFX-CIP-NAL	2	3	4.3
CFX-Sul	2	7	10.1
CFX-TET	2	1	1.4
CIP-NAL-Sul	2	1	1.4
TET-CIP-NAL	2	1	1.4
TET-Sul	2	1	1.4
CFX-CIP-NAL-Sul	3	2	2.9
CFX-TET-Sul	3	1	1.4
NAL-Sul-CHL	3	1	1.4
FEP-CFX-CTX-CAZ-AZM-IMI-MEM-AMI-CIP-NAL-Sul	6	1	1.4
合计		69	100

2.5 PFGE分型

对有明确血清分型的33株小肠结肠炎耶尔森氏菌进行PFGE分型。除1株DNA降解未获得图谱外,其余32株菌株结果呈多态性,经聚类分析其相似度为71.1%~100.0%,分为29种PFGE带型,见图1。4株1A/O:8/*ystB*型菌株2120040、



注:—表示全敏感;FEP*表示 FEP-CFX-CTX-CAZ-AZM-IMI-MEM-AMI-CIP-NAL-Sul

图1 32株血清已分型菌株PFGE图谱的聚类分析图谱

Figure 1 PFGE patterns of 32 serotyped strains

2120047、2120051、2120056 为同一 PFGE 型别,但它们的耐药谱不完全一致。

3 讨论

本次调查显示,6类食品中小肠结肠炎耶尔森氏菌总检出率为10.1%,尤其是调理肉、速冻食品检出率分别达到20.5%、17.2%,冷冻肉的检出率亦达10.5%,高于相关研究报道^[7-8],提示本地食品小肠结肠炎耶尔森氏菌的污染比较严重,需要引起相关部门以及消费者的注意。同时,预包装食品检出率高于散装食品,超市检出率高于农贸市场。由于小肠结肠炎耶尔森氏菌是嗜冷菌,有报道低污染水平的预包装猪肉产品6℃贮藏12d后,其含量仍可达到10⁴ CFU/g^[9],而调理肉、速冻食品、预包装产品等食品冷藏冷冻存储方式,以及超市较优越的冷藏条件,更有利于小肠结肠炎耶尔森氏菌的生长和繁殖。

根据生化反应特点,小肠结肠炎耶尔森氏菌可分为6个生物型(1A、1B、2、3、4、5型),其中1A型被认为非致病性,其他生物型为致病性菌株^[4];根据O抗原多糖反应,小肠结肠炎耶尔森氏菌可分为70余种血清型^[4]。我国致病性小肠结肠炎耶尔森氏菌血清型主要为O:3和O:9,其毒力基因分布主要为*ail+*、*ystA+*、*ystB-*、*virF+*、*yadA+*^[10]。*ystB*基因则仅存

在于部分生物1A型菌株中^[11]。本地食品中分离的小肠结肠炎耶尔森氏菌生物血清型以1A/O:5为主,其次为1A/O:8,并且88.4%菌株携带*ystB*基因,与我国其他地区食品检出的优势型别基本一致^[7,12]。但值得注意的是,本次调查中,检出1株4/O:3生物血清型菌株携带毒力因子*ail*、*ystA*、*virF*和*yadA*,此为典型致病性菌株,说明本地食品存在潜在的传染源,相关部门应继续加强该菌在本地区监测工作,预防食源性小肠结肠炎耶尔森菌的暴发流行。

69株小肠结肠炎耶尔森氏菌对20种抗菌药物中的14种抗菌药物的敏感率达到94%以上,说明大部分种类的抗菌药物仍对小肠结肠炎耶尔森氏菌具有显著的抗菌作用。本次调查显示,仍有7.2%的菌株表现为多重耐药,且其中1株菌株对6类11种抗生素耐药,北京及高密等地^[6,13]亦发现此类菌株。该结果表明小肠结肠炎耶尔森菌中耐多种抗菌药物的“超级细菌”已有所显现,需引起关注。

对本研究中32株小肠结肠炎耶尔森氏菌进行PFGE分型,发现其中31株为生物1A型,分为28种PFGE型,提示生物1A型菌株的基因组具有明显的遗传多态性。这与国内外研究结果相一

致^[14-15]。本文发现 PFGE 型别相同的菌株,其耐药谱不完全一致,而耐药谱、血清型、毒力基因型一致的,其 PFGE 型别却不一定相同,显示 PFGE 型别与血清型、耐药谱及毒力基因型之间的关联性并不明确,王闻卿等^[7]亦报道生物血清型、毒力基因型和耐药表型与 PFGE 聚类结果较难建立良好的相关性。通过本研究建立了温州市小肠结肠炎耶尔森 PFGE 基线数据库,为该菌的长期监测提供了参考,同时也不断完善食源性致病菌大数据,对食品安全风险评估和疾病暴发预警有重要意义。

参考文献

- [1] CHLEBICZ A, ŚLIŹEWSKA K. Campylobacteriosis, salmonellosis, yersiniosis, and listeriosis as zoonotic foodborne diseases: A review [J]. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 2018, 15(5): 863.
- [2] GUPTA V, GULATI P, BHAGAT N, et al. Detection of *Yersinia enterocolitica* in food: An overview [J]. *European Journal of Clinical Microbiology & Infectious Diseases*, 2015, 34(4): 641-650.
- [3] 徐勤, 高金彬, 孙翔, 等. 2018年扬州市高邮地区小肠结肠炎耶尔森菌监测结果分析 [J]. *扬州大学学报: 农业与生命科学版*, 2020, 41(2): 95-99.
XU Q, GAO J B, SUN X, et al. Surveillance analysis of *Yersinia enterocolitica* in Gaoyou area of Yangzhou in 2018 [J]. *Journal of Yangzhou University: Agricultural and Life Science Edition*, 2020, 41(2): 95-99.
- [4] JAMES H J, MICHAEL A P. *Manual of Clinical Microbiology* [M]. Beijing: Chinese Medical Multimedia Press, 2017.
- [5] HUMPHRIES R, BOBENCHIK A M, HINDLER J A, et al. Overview of changes to the clinical and laboratory standards institute performance standards for antimicrobial susceptibility testing, M100 [J]. *Journal of Clinical Microbiology*, 2021, 59(12): e0021321.
- [6] 王丽丽, 张寻, 段然, 等. 北京市市售生禽肉及社区居民冰箱耶尔森菌污染状况及分子特征研究 [J]. *中国人兽共患病学报*, 2020, 36(9): 752-757.
WANG L L, ZHANG X, DUAN R, et al. Contamination status and molecular characteristics of *Yersinia* bacteria in raw meat and community refrigerators in Beijing [J]. *Chinese Journal of Zoonoses*, 2020, 36(9): 752-757.
- [7] 王闻卿, 崔琪奇, 王筱, 等. 上海市浦东新区食源性小肠结肠炎耶尔森菌耐药及分子流行病学特征 [J]. *中华流行病学杂志*, 2019, 40(3): 354-359.
WANG W Q, CUI Q Q, WANG X, et al. Antimicrobial resistance and molecular epidemiology of foodborne *Yersinia enterocolitica* in Pudong New District, Shanghai [J]. *Chinese Journal of Epidemiology*, 2019, 40(3): 354-359.
- [8] 傅祎欣, 洪锦春, 叶海梅, 等. 2019—2020年福建省生肉中小肠结肠炎耶尔森菌污染状况及耐药分析 [J]. *中国预防医学杂志*, 2021, 22(3): 193-196.
FU Y X, HONG J C, YE H M, et al. Prevalence and antibiotic resistance profile of *Yersinia enterocolitica* in raw meat in Fujian province from 2019 to 2020 [J]. *Chinese Preventive Medicine*, 2021, 22(3): 193-196.
- [9] 章志超, 龙慧, 吴鑫, 等. 食品中小肠结肠炎耶尔森氏菌分离鉴定方法研究进展 [J]. *食品安全质量检测学报*, 2020, 11(2): 455-461.
ZHANG Z C, LONG H, WU X, et al. Advances on methods for isolation and identification of *Yersinia enterocolitica* in food [J]. *Journal of Food Safety & Quality*, 2020, 11(2): 455-461.
- [10] 穆慧, 段然, 秦帅, 等. 中国小肠结肠炎耶尔森菌分布及分子流行病学特征 [J]. *中国人兽共患病学报*, 2021, 37(7): 571-577.
MU H, DUAN R, QIN S, et al. Distribution and molecular epidemiological characteristics of *Yersinia enterocolitica* in China [J]. *Chinese Journal of Zoonoses*, 2021, 37(7): 571-577.
- [11] 陈邬锦, 王鹏. 中国小肠结肠炎耶尔森菌流行现状及其研究进展 [J]. *中国人兽共患病学报*, 2015, 31(4): 380-384.
CHEN W J, WANG P. Epidemiological status and research progress of *Yersinia enterocolitica* in China [J]. *Chinese Journal of Zoonoses*, 2015, 31(4): 380-384.
- [12] 穆玉姣, 张白帆, 潘静静, 等. 河南省小肠结肠炎耶尔森菌病原学特征和分子分型研究 [J]. *中华微生物学和免疫学杂志*, 2019, 39(3): 180-184.
MU Y J, ZHANG B F, PAN J J, et al. Etiological characteristics and molecular typing of *Yersinia enterocolitica* in Henan province [J]. *Chinese Journal of Microbiology and Immunology*, 2019, 39(3): 180-184.
- [13] 郑宇, 李焱笑, 赵强, 等. 我国牛羊主产区小肠结肠炎耶尔森菌的病原特征研究 [J]. *中国人兽共患病学报*, 2021, 37(6): 473-477.
ZHENG Y, LI H X, ZHAO Q, et al. Etiologic characteristics of *Yersinia enterocolitica* in the main breeding areas of cattle and sheep in China [J]. *Chinese Journal of Zoonoses*, 2021, 37(6): 473-477.
- [14] 孙文魁, 胡彬, 毕振旺, 等. 2008—2009年山东省生物1A型小肠结肠炎耶尔森菌分子亚型的研究 [J]. *中华预防医学杂志*, 2012, 46(12): 1103-1106.
SUN W K, HU B, BI Z W, et al. Study of molecular subtypes of biotype 1A *Yersinia enterocolitica* in Shandong province from 2008 to 2009 [J]. *Chinese Journal of Preventive Medicine*, 2012, 46(12): 1103-1106.
- [15] CAMPIONI F, FALCÃO J P. Genotyping of *Yersinia enterocolitica* biotype 1A strains from clinical and nonclinical origins by pulsed-field gel electrophoresis [J]. *Canadian Journal of Microbiology*, 2014, 60(6): 419-424.