

论著

肉鸡养殖屠宰加工环节大肠埃希菌耐药性及
新冠疫情期间消毒剂使用对耐药性影响分析

胡豫杰, 彭子欣, 徐进, 李凤琴

(国家食品安全风险评估中心 国家卫生健康委员会食品安全风险评估重点实验室, 北京 100021)

摘要:目的 了解我国肉鸡养殖屠宰加工环节大肠埃希菌的耐药状况,并探究新冠疫情期间消毒剂的使用对其耐药性的影响。方法 针对我国河南、山东和辽宁三省肉鸡养殖场和屠宰厂中分离获得的722株大肠埃希菌,采用微量肉汤稀释法对12类27种抗菌药物开展耐药性检测,并以山东分离株为例分析新冠疫情发生前后菌株耐药性变化。结果 722株养殖和屠宰加工环节大肠埃希菌分离株中,96.0%为耐药株,6类9种药物的耐药率在75%以上,最高为氨苄西林(AMP)达88.1%,多西环素(DOX)等8种药物的中介率超过10%,多重耐药株占全部耐药菌株的94.7%,共有517种耐药谱,耐受10类和9类药物的菌株数量最多,118株菌可同时耐受11类药物,其中2株可对24种药物耐药。新冠肺炎疫情后山东省大肠埃希菌分离株对DOX、多粘菌素B(PB)以及氨苄西林-舒巴坦(AMS)/阿莫西林-克拉维酸(AMC)的耐药性有明显提升。结论 我国禽类养殖和屠宰加工环节大肠埃希菌分离株的耐药性整体处于较高水平,多重耐药严重,可能与相关药物在食品链条上游的长期普遍使用有关。新冠疫情期间,肉鸡养殖和屠宰加工环节实施的消毒措施,可能对大肠埃希菌分离株对部分抗菌药物耐药水平的提升有一定影响,应从预防角度入手开展持续主动监测,以充分评估消毒剂使用对食品链条中致病菌分离株耐药性提升的风险。

关键词: 肉鸡;养殖;屠宰加工;大肠埃希菌;耐药性;疫情

中图分类号:R155 文献标识码:A 文章编号:1004-8456(2021)06-0644-06

DOI:10.13590/j.cjfh.2021.06.002

Antimicrobial resistance of *Escherichia coli* recovered from broiler farms and slaughterhouses and impact of disinfectant use on resistance during COVID-19 pandemic

HU Yujie, PENG Zixin, XU Jin, LI Fengqin

(National Health Commission Key Laboratory of Food Safety Risk Assessment of Health, China
National Center for Food Safety Risk Assessment, Beijing 100021, China)

Abstract: Objective To understand the antimicrobial resistance of *Escherichia coli* recovered from breeding and slaughtering of broiler chickens, and to explore the impact of disinfectant use on resistance during COVID-19 pandemic.

Methods A total of 722 strains of *Escherichia coli*, isolated from broiler farms and slaughterhouses in Henan, Shandong and Liaoning provinces, were tested for resistance of 27 kinds of antimicrobial compounds belonging to 12 categories using broth dilution method, and the changes of antimicrobial resistance of strains from Shandong province before and after the outbreak of COVID-19 were analyzed. **Results** An overall high level antimicrobial resistance was found among 722 *Escherichia coli* isolates, 96% of which were drug resistant strains. The resistance rate of 9 drugs in 6 categories, including AMP, was higher than 75% with the highest one of 88.1%, eight drugs got the intermediary rate of over 10%, and multiple drug resistant strains accounted for 94.7% of all resistant strains; a total of 517 drug resistance profiles were found. The strains resistant to 10 and 9 drugs ranked the top, and 118 strains were resistant to 11 kinds of antimicrobial compounds at the same time, with 2 of which were resistant to 24 drugs. Resistance of *Escherichia coli* isolates in Shandong province to DOX, PB and AMS/AMC increased significantly after COVID-19 pandemic. **Conclusion** The overall antimicrobial resistance of *Escherichia coli* isolates recovered from broiler farms and slaughterhouses in China is at a very high level, and the multi-drug resistance is serious, which may be related to the long-term widespread use of related drugs in the upstream of the food chain. During the COVID-19 outbreaks, the disinfection measures in broiler breeding and slaughter processing might be related to the enhancement of the *Escherichia coli* antimicrobial resistance to some drugs.

收稿日期:2021-11-04

基金项目:国家重点研发计划(2017YFC1601402, 2018YFC1603900)

作者简介:胡豫杰 男 副研究员 研究方向为食品微生物 E-mail:huyujie@cfsa.net.cn

通信作者:李凤琴 女 研究员 研究方向为食品微生物 E-mail:lifengqin@cfsa.net.cn

Continuous active surveillance from a preventive perspective should be carried out to fully assess the upside risk to antimicrobial resistance of the pathogens recovered from the food chain by the use of disinfectants.

Key words: Broiler chicken; breeding; slaughter processing; *Escherichia coli*; antimicrobial resistance; pandemic

大肠埃希菌是人和动物肠道中的正常驻留菌和重要栖息菌,作为一种条件致病菌,当人类机体免疫力低下时,大肠埃希菌可引发呼吸道、消化道、尿路和败血症等感染^[1],也可引起养殖禽类大肠埃希菌败血症、肉鸡脐炎症、卵黄性腹膜炎及肠道炎症等疾病,导致肉禽产能、料转化率、种蛋品质和孵化率下降以及死淘率升高等后果,严重影响肉鸡养殖效益^[2]。近年来,人类临床用药和兽用抗菌药物带来的诱导和选择压力,使细菌耐药性持续上升,同时由于可移动元件在肠杆菌科细菌中的广泛分布,不同来源大肠埃希菌之间、肠杆菌科细菌不同种属之间耐药基因的水平转移频繁发生,大肠埃希菌已成为耐药基因储存和传播的重要来源,不仅造成严重的经济损失,还会引发食品安全和公共卫生问题,危害人类健康^[3-4]。

新型冠状病毒肺炎(简称“新冠肺炎”)是由严重急性呼吸综合征冠状病毒2号(又称“新型冠状病毒”)引起的一种严重呼吸系统疾病,主要传播途径为呼吸道飞沫和密切接触传播^[5]。自2019年末新冠肺炎疫情发生后,世界各国陆续采取一系列措施防止人类感染,其中使用大量消毒剂进行常规消毒以切断新型冠状病毒的传播,是包括食品生产企业在内所有行业防范新冠肺炎的有效措施,特别是在肉鸡养殖以及屠宰加工环节,为了预防和控制新冠肺炎及其他动物疫病的发生,也使用了大量甚至过量的消毒剂^[6-8],但这一措施是否会对细菌耐药性产生潜在影响并不清楚^[9-10]。为了解肉鸡生产链中因疫情防控所需而使用的消毒措施对细菌耐药性的影响,本研究通过对某肉鸡养殖公司在我国河南、山东和辽宁三省肉鸡养殖场和屠宰厂进行养殖和屠宰加工环节样品的采集、大肠埃希菌的分离鉴定及其对多种药物的耐药性检测,并对新冠疫情发生前后大肠埃希菌分离株的耐药性进行比对分析,探讨疫情防控过程中消毒药物的使用对我国肉鸡生产链中细菌耐药性的发生及传播的影响。

1 材料与方法

1.1 菌株

2019年10月至2021年4月,在河南洛阳、山东平度和辽宁阜新三个监测点选择养殖场和对应屠宰厂,分别在肉鸡养殖过程第20日龄(T1阶段)、第40日龄(T2阶段)和屠宰加工(T3阶段)采集样品,包括:养殖场肉鸡样品(新鲜粪便、盲肠排泄物、羽

毛)、养殖场环境样品(鸡舍饲料、水线、外部土壤、地面和墙壁涂抹拭子)、养殖场工人样品(工人/兽医鼻和手部涂抹拭子、粪便)、屠宰厂鸡胴体样品(鸡胴体涂抹拭子、预冷池鸡胴体)、屠宰厂工人及家属样品(鼻和手部涂抹拭子、粪便)、屠宰厂环境样品(污水、传送带和分割台表面涂抹拭子)等。样品采集后均独立包装,冷藏条件下24 h内运送到实验室进行大肠埃希菌分离,经聚合酶链式反应(Polymerase chain reaction, PCR)和生化鉴定确认为大肠埃希菌的菌株-80℃入库保藏。

共从722份样品中分离出722株大肠埃希菌,其中河南206株,山东292株,辽宁124株;T1阶段257株,T2阶段239株,T3阶段226株;养殖场526株,其中肉鸡样品、工人样品和环境样品来源分别为396株、63株和67株;屠宰厂196株,其中鸡胴体样品、工人及家属样品和环境样品来源分别为78株、94株和24株。药敏质控菌株大肠埃希菌(ATCC 25922)和铜绿假单胞菌(ATCC 27853)为本实验室保存。

1.2 主要仪器与试剂

比浊仪(DensiCHEK Plus,法国BIOMERIEUX)、生物安全柜(AC2-6S1,新加坡ESCO)、恒温培养箱(Incucell,德国MMM)。

脑心浸液琼脂(Brain heart infusion agar, BHA,北京陆桥技术股份有限公司),灭菌生理盐水,革兰阴性需氧菌药敏检测板及药敏肉汤购自复兴诊断科技(上海)有限公司,包括12类27种抗菌药物(表1)。

1.3 抗生素敏感性测试方法

使用一次性无菌接种环,将菌株从冻存管划线接种至BHA平板,37℃过夜复苏,挑取单菌落转接BHA平板,37℃培养过夜,挑取新鲜菌落至3 mL生理盐水中充分混匀,并用比浊仪调节菌悬液浊度至0.5麦氏单位。取60 μL菌悬液至12 mL药敏肉汤,充分混匀后按100 μL/孔加至药敏板,置于恒温恒湿培养箱内37℃孵育18-24 h,人工读取每种抗菌药物的最低抑菌浓度(Minimum inhibitory concentration, MIC)值,依据美国临床和实验室标准化协会(Clinical & Laboratory Standards Institute, CLSI)的抗生素敏感性测试操作标准(M100-S19)进行药敏质控和结果判读^[11],多粘菌素类药物质控和耐药判定参照欧洲抗菌药物敏感试验委员会(European Committee on Antimicrobial Susceptibility

Testing, EUCAST) 相关标准^[12]。

1.4 统计学分析

本研究中耐药率比较使用 Pearson χ^2 检验, $P < 0.05$ 为差异具有统计学意义。

2 结果

2.1 大肠埃希菌分离株的耐药结果

722 株大肠埃希菌中, 693 株 (96.0%) 对受试的 27 种抗生素呈现不同程度耐药 (表 1), 29 株 (4.0%) 对所有受试抗生素均敏感。693 株耐药菌中, 氨苄西林 (AMP)、四环素 (TET)、环丙沙星 (CIP)、磺胺异噁唑 (SUL)、头孢唑林 (CFZ)、氯霉素 (CHL)、吉米沙星 (GEM)、萘啶酸 (NAL) 和左氧氟沙星 (LEV) 等 6 类 9 种抗菌药物的耐药率均高于 75%, 最高为 AMP (88.1%); 复方新诺明 (SXT)、卡那霉素 (KAN)、头孢噻肟 (CTX)、氨苄西林-舒巴坦 (AMS)、庆大霉素 (GEN)、氨基糖苷类、阿奇霉素 (AZI)、多西环素

(DOX)、头孢吡肟 (FEP) 和阿莫西林-克拉维酸 (AMC) 的耐药率在 40% 和 75% 之间; 多粘菌素 E (CT)、头孢他啶 (CAZ)、头孢西丁 (CFX)、阿米卡星 (AMI)、米诺环素 (MIN) 和多粘菌素 B (PB) 的耐药率在 5% 和 40% 之间; 两种碳青霉烯类抗生素美罗培南 (MEM) 和亚胺培南 (IMI) 的耐药率均低于 5% (22 株和 14 株), 养殖和屠宰环节均有分布。

29 株敏感菌株中, 河南、山东和辽宁分别有 18 株、7 株和 4 株; T1、T2 和 T3 环节分别分离出 6 株、4 株和 19 株; 25 株来自工人样品 (养殖场工人、屠宰厂工人和屠宰厂工人家属的粪便分别分离出 7 株、10 株和 6 株, 2 株来自手涂抹拭子), 4 株分别来自鸡粪、羽毛、养殖场土壤和屠宰厂污水。

另外, 722 株大肠埃希菌对 8 种药物 (DOX、AMC、PB、AMS、MIN、FEP、CFX 和 CAZ) 的中介率均超过 10%, 最高为 DOX (33.5%), 其次为 AMC (25.6%) 和 PB (24.0%)。具体见表 1。

表 1 722 株大肠埃希菌对 27 种抗菌药物敏感性测试结果

Table 1 Antimicrobial susceptibility testing of 722 *Escherichia coli* strains against 27 antimicrobial compounds

抗菌药物名称 (简称)	药物类别	耐药菌株数	耐药率/%	中介菌株数	中介率/%	敏感菌株数	敏感率/%
氨苄西林 (AMP)	青霉素类	636	88.1	2	0.3	84	11.6
四环素 (TET)	四环素类	619	85.7	3	0.4	100	13.9
环丙沙星 (CIP)	喹诺酮类	592	82.0	34	4.7	96	13.3
磺胺异噁唑 (SUL)	叶酸途径抑制剂类	580	80.3	—	—	142	19.7
头孢唑林 (CFZ)	头孢类	577	79.9	53	7.3	92	12.7
氯霉素 (CHL)	氯霉素类	573	79.4	10	1.4	139	19.3
吉米沙星 (GEM)	喹诺酮类	570	78.9	56	7.8	96	13.3
萘啶酸 (NAL)	喹诺酮类	555	76.9	—	—	167	23.1
左氧氟沙星 (LEV)	喹诺酮类	555	76.9	61	8.4	106	14.7
复方新诺明 (SXT)	叶酸途径抑制剂类	525	72.7	—	—	197	27.3
卡那霉素 (KAN)	氨基糖苷类	507	70.2	5	0.7	210	29.1
头孢噻肟 (CTX)	头孢类	498	69.0	11	1.5	213	29.5
氨苄西林-舒巴坦 (AMS)	内酰胺/内酰胺酶抑制剂类	481	66.6	129	17.9	112	15.5
庆大霉素 (GEN)	氨基糖苷类	457	63.3	20	2.8	245	33.9
氨基糖苷类	氨基糖苷类	456	63.2	36	5.0	230	31.9
阿奇霉素 (AZI)	大环内酯类	384	53.2	—	—	338	46.8
多西环素 (DOX)	四环素类	360	49.9	242	33.5	120	16.6
头孢吡肟 (FEP)	头孢类	320	44.3	125	17.3	277	38.4
阿莫西林-克拉维酸 (AMC)	内酰胺/内酰胺酶抑制剂类	293	40.6	185	25.6	244	33.8
多粘菌素 E (CT)	多粘菌素类	234	32.4	—	—	488	67.6
头孢他啶 (CAZ)	头孢类	206	28.5	77	10.7	439	60.8
头孢西丁 (CFX)	头孢类	89	12.3	90	12.5	543	75.2
阿米卡星 (AMI)	氨基糖苷类	83	11.5	7	1.0	632	87.5
米诺环素 (MIN)	四环素类	68	9.4	126	17.5	528	73.1
多粘菌素 B (PB)	多粘菌素类	47	6.5	173	24.0	502	69.5
美罗培南 (MEM)	碳青霉烯类	22	3.0	10	1.4	690	95.6
亚胺培南 (IMI)	碳青霉烯类	14	1.9	31	4.3	677	93.8

2.2 耐药大肠埃希菌耐受抗菌药物分布

693 株耐药大肠埃希菌共呈现出 517 种耐药谱, 其中 656 株菌同时对三类或三类以上抗菌药物耐药, 为多重耐药 (Multi-drug resistant, MDR) 株, 占

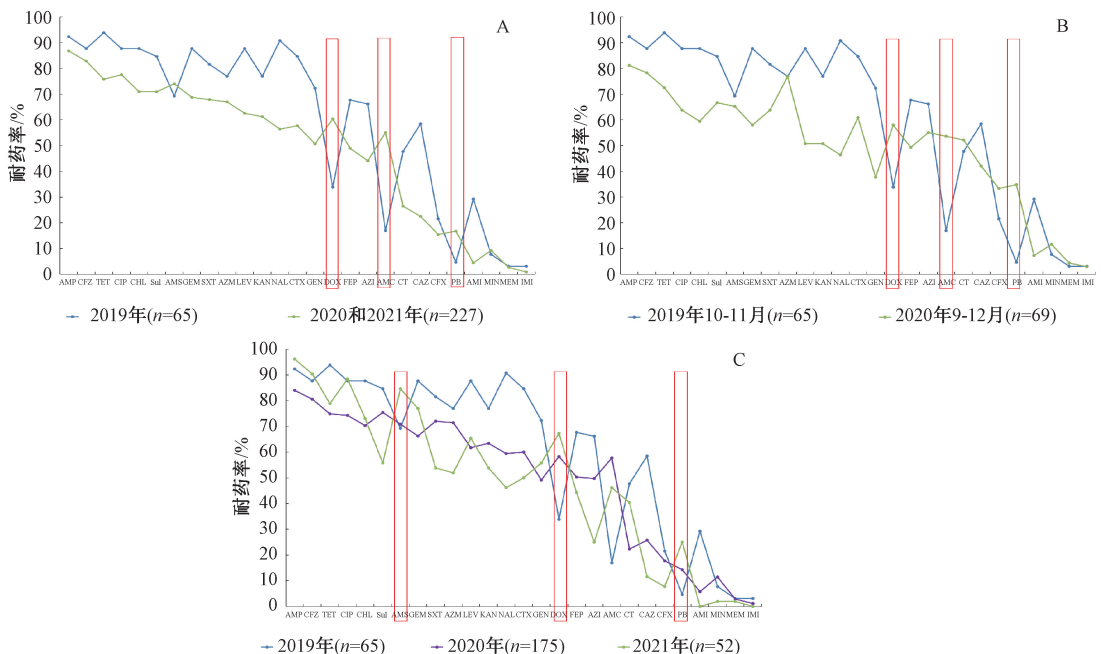
94.7% (656/693); 耐受 10 类药物菌株数量最多 (24.0%, 166/693), 其次为耐受 9 类药物菌株 (21.6%, 150/693); 有 118 株菌 (17.0%, 118/693) 可同时耐受 11 类药物, 其中 2 株可对 27 种抗菌药

物中的24种耐药,耐药谱分别为CFZ-CTX-CAZ-CFX-FEP-NAL-CIP-LEV-GEM-TET-DOX-GEN-AMI-KAN-AMS-AMC-CT-PB-SXT-SUL-AZI-AMP-CHL-AZM和CFZ-CTX-CAZ-CFX-FEP-NAL-CIP-LEV-GEM-TET-MIN-DOX-GEN-KAN-AMS-AMC-CT-SXT-SUL-MEM-AZI-AMP-CHL-AZM。受试菌株耐受抗菌药物种类情况见表2。

表2 耐药大肠埃希菌耐受抗菌药物种类及占比

Table 2 Different categories and proportions of antimicrobial compounds that the *Escherichia coli* isolates demonstrated resistance to

耐受抗菌药物类别数目	菌株数	耐药菌株 (n=693) 占比/%
0	29	—
1	22	3.2
2	15	2.2
3	21	3.0
4	22	3.2
5	19	2.7
6	33	4.8
7	37	5.3
8	90	13.0
9	150	21.6
10	166	24.0
11	118	17.0



注:A:疫情前(2019年)和疫情后(2020和2021年)菌株;B:疫情前后同季节菌株;C:不同年份菌株

图1 山东省疫情前后大肠埃希菌分离株耐药性变化分析

Figure 1 Antimicrobial resistance change of *Escherichia coli* isolates from Shandong Province before and after the COVID-19 pandemic

3 讨论

本研究显示,2019–2021年我国三省份肉鸡养殖场和屠宰厂722株大肠埃希菌分离株的耐药状况十分严重,耐药比例极高(96%),最高耐药率为88.1%,耐药率高于75%的药物涉及到6类9种,包含全部四种喹诺酮类测试药物,尤其包括临床治疗

2.3 新冠疫情期间消毒剂使用对大肠埃希菌分离株耐药性变化分析

由于只有山东监测点在新冠肺炎疫情前和疫情后均开展了样品采集和菌株分离,故以山东大肠埃希菌分离株为例,以疫情首次报道时间2019年12月为节点,对疫情前(2019年)和疫情后(2020至2021年4月)消毒剂使用对菌株耐药性的影响进行分析。结果显示,与疫情前相比,疫情后大肠埃希菌对DOX、AMC和PB的耐药率分别上升38.1%、26.5%和12.1%(图1A),差异有显著性。为降低季节变化对耐药性分析的影响,选取2019年10–11月大肠埃希菌分离株与疫情后同季节(2020年9–12月)分离株耐药性进行比较,同样发现疫情后菌株对DOX、PB和AMC的耐药性高于疫情前,分别上升36.7%、30.2%和24.1%(图1B),且差异有显著性。此外,2019、2020和2021年三年间菌株对AMS、DOX和PB三种药物的耐药率保持持续上升趋势(图1C),与此同时疫情后菌株对DOX、PB、AMC和AMS以外其他药物的耐药率均有一定程度的下降。

肠杆菌科细菌感染一线用药环丙沙星;多重耐药株更是占有所有耐药株的94.7%,耐受9至11类抗菌药物的菌株在全部耐药株中高达62.6%。无论是总体耐药率、最高耐药率还是多重耐药率均处于较高水平,与我国以往多份报道(辽宁、山东、四川、广东、河北等)一致^[4,13-19],且远高于零售环节大肠埃希菌耐药水平^[20],提示这些药物可能在我国禽类生

产链条上游环节长期普遍使用,具有较高的耐药本底。

本研究中只有2种碳青霉烯类药物的耐药率处于较低水平(低于5%),但也分别发现22株美罗培南耐药株和14株亚胺培南耐药株,这些菌株携带的碳青霉烯酶种类有待进一步检测。基于我国研究人员对可移动黏菌素耐药基因(*mcr*)在全球的首次发现^[21],我国农业部门于2016年7月发布公告^[22]在动物中停用多黏菌素作为生长促进剂(饲料添加剂),但本研究显示该类药物的耐药率仍处于较高水平,提示*mcr*基因仍在肉鸡生产链中以一定本底存在并介导黏菌素耐药传播。此外本研究中部分药物中介率较高,提示大肠埃希菌对这些药物的耐药率将来可能进一步提升,针对这些药物需要继续开展耐药监测。

以抗生素为代表的抗微生物药物是预防和治疗病原菌感染的重要手段之一,近年来由于抗生素的过量或不合理使用,细菌耐药性持续增强,环境消毒成为阻止耐药菌传播的一项主要控制措施,季铵盐类(Quaternary ammonium salts, QACs)、过氧化氢、次氯酸钠和乙醇等消毒剂也因此被广泛用于养殖和食品加工中的环境消毒^[9],新冠肺炎疫情的出现也间接促使人们加强了消毒力度^[6]。化学消毒剂大规模地持续输入是否会加快耐消毒剂细菌和耐药细菌的产生和传播,也成为众多学者关心的问题。杨秋娥等^[23]研究发现大肠埃希菌对QACs抗性性与抗生素耐药性呈正相关,消毒剂抗性基因与一些特定的抗生素耐药表型也存在一定关联,如在黏菌素耐药株中消毒剂抗性基因的检出率高于敏感株。本研究以山东肉鸡养殖和屠宰加工环节的大肠埃希菌分离株为例进行了耐药性变化分析,发现疫情前后山东省分离株对三类抗菌药物的耐药性呈现显著上升趋势,分别是四环素类的DOX、多黏菌素类的PB以及内酰胺/内酰胺酶抑制剂的AMS和AMC,提示新冠疫情发生后,山东肉鸡养殖场和屠宰加工厂实施的消毒措施在大肠埃希菌对部分药物耐药性增强具有一定影响。大肠埃希菌中已发现7种质粒介导的QAC抗性基因,编码外排泵蛋白介导QACs抗性的同时,可促进磺胺类、 β -内酰胺类及四环素类等抗生素耐药基因的共表达而介导耐药^[24],推测这可能和本研究中DOX、AMS和AMC的耐药性提升有关,需进一步研究确认。经与该肉鸡养殖公司了解,各个养殖场和屠宰厂的消毒措施在种类、频率和方式上本身存在一定差别,疫情后部分养殖场(如山东养殖场)一定程度加强了消毒频率,而部分养殖场卫生状况良好尚未改变消

毒措施,另外疫情后菌株对DOX、PB、AMC和AMS外大部分药物的耐药率均有一定程度下降,因此本研究暂未发现疫情中加强消毒措施造成肉鸡养殖屠宰加工环节大肠埃希菌耐药性大规模上升的情况。

此次新冠疫情改变了世界许多国家人们的生活方式,让我们看到抗感染药物和疫苗研发的重要性,由于目前仍无对新冠病毒的特效药物,因此预防性消毒作为切断新冠病毒向人类传播的重要途径,在未来一段时间仍是一项极为重要的防控措施^[25]。虽然目前消毒剂引起耐药性变化的研究主要集中在城市废物和自然环境^[9],但实际上社区、公共环境以及食品生产链条在疫情期间受到密集和定期消毒的影响也较为严重,特别是食品链条上游环节耐药菌污染本底本身较高的情况下,有必要开展持续地主动监测以获得更多耐药数据,对大量消毒剂的使用对耐药性影响和风险进行充分评估,同时对重要耐药机制及其传播机制进行深入研究,切实从预防角度入手,保障我国食品安全和百姓安全。

参考文献

- [1] 杨文霞, 成豫, 理云, 等. 大肠埃希菌耐药性研究进展[J]. 畜禽业, 2021, 32(9): 11.
- [2] 李宁. 肉鸡大肠杆菌疾病流行特点及症状表现[J]. 中国畜禽种业, 2021, 17(5): 175-176.
- [3] 闫国栋. 不同源大肠杆菌耐药性及整合子—基因盒研究[D]. 雅安: 四川农业大学, 2015.
- [4] 王鹏. 山东省部分地区肉鸡养殖场大肠杆菌的分离鉴定及耐药性分析[D]. 泰安: 山东农业大学, 2020.
- [5] 姜辉, 罗俊华, 李娟. 新型冠状病毒肺炎疫苗的研究进展[J]. 中国临床神经外科杂志, 2021, 26(7): 567-570.
- [6] 中华人民共和国国务院办公厅. 抗击新冠肺炎疫情的中国行动——(2020年6月)[N]. 人民日报, 2020-06-08(10).
- [7] 张小玲, 姜艳喜, 徐湘寅. 新型冠状病毒肺炎疫情期间食品生产企业工厂防控探讨[J]. 中国乳品工业, 2020, 48(7): 61-64.
- [8] SUBEDI S, KOIRALA S, CHAI L. COVID-19 in Farm Animals: Host Susceptibility and Prevention Strategies. *Animals (Basel)*, 2021, 11(3): 640.
- [9] CHEN B, HAN J, DAI H, et al. Biocide-tolerance and antibiotic-resistance in community environments and risk of direct transfers to humans: Unintended consequences of community-wide surface disinfecting during COVID-19? [J]. *Environmental Pollution*, 2021, 283: 117074.
- [10] RHOUMA M, TESSIER M, AENISHAENSLIN C, et al. Should the increased awareness of the one health approach brought by the COVID-19 pandemic be used to further tackle the challenge of antimicrobial resistance? [J]. *Antibiotics*, 2021, 10(4): 464. [LinkOut]

- [11] Clinical and Laboratory Standards Institute (CLSI). M100-S29 Performance standards for antimicrobial susceptibility testing twenty-eighth informational supplement [M]. Wayne: CLSI, 2019.
- [12] The European Committee on Antimicrobial Susceptibility Testing (EUCAST). Breakpoint tables for interpretation of MICs and zone diameters. Version 8.0, 2018[EB/OL]. (2018-01-01)[2018-06-12]. http://www.eucast.org/fileadmin/src/media/PDFs/EUCAST_files/Breakpoint_tables/v_8.0_Breakpoint_Tables.pdf.
- [13] 蒋月, 盛鹏飞, 张秀英. 辽宁锦州地区家禽大肠埃希菌耐药性研究[J]. 动物医学进展, 2013, 34(11): 85-88.
- [14] 张利锋. 山东商品鸡养殖、屠宰、销售环节中细菌耐药性传播规律研究[D]. 北京: 中国疾病预防控制中心, 2016.
- [15] 张辉建. 畜禽肠道大肠杆菌耐药性及整合子—基因盒检测[D]. 雅安: 四川农业大学, 2011.
- [16] 饶丽丽, 罗东妹, 陈佩玲, 等. 屠宰前鸡、猪源大肠杆菌耐药性调查[J]. 中国畜牧兽医, 2014, 41(7): 225-229.
- [17] 李玉荣, 陈立功, 胡凡, 等. 鸡源大肠杆菌河北分离株耐药性与质粒不相容群分析[J]. 河北农业大学学报, 2015, 38(4): 103-107.
- [18] 高玉斌, 赵格, 邹明, 等. 我国不同区域鸡源大肠杆菌的致病性与耐药性状分析[J]. 中国兽医杂志, 2019, 55(3): 81-84.
- [19] 吕鲁超. 食品动物源大肠杆菌中 *bla_{NDM}* 基因的传播机制研究[D]. 广州: 华南农业大学, 2018.
- [20] 曾莉, 黄仕凤, 刘思玲, 等. 广州市售肉类食品源大肠埃希菌耐药性分析[J]. 华南农业大学学报, 2017, 38(2): 27-31.
- [21] 易灵娴, 刘艺云, 吴仁杰, 等. 质粒介导的黏菌素耐药基因 *mcr-1* 研究进展[J]. 遗传, 2017, 39(2): 110-126.
- [22] 中华人民共和国农业部. 中华人民共和国农业部公告 第2428号[A]. 2016-07-26.
- [23] 杨秋娥, 李亮, 廖晓萍, 等. 猪场及周边环境中大肠埃希菌对几种消毒剂及抗菌药的耐药性调查[J]. 华南农业大学学报, 2015, 36(6): 15-22.
- [24] 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.
- [25] 刘昌孝, 王玉丽, 伊秀林. 后疫情时代抗感染药物的发展[J]. 中国抗生素杂志, 2021, 46(1): 1-10.