

北京进出口水产品中 259 株霍乱弧菌分离株的 耐药性研究

张西萌, 付溥博, 魏海燕, 魏咏新, 李 丹, 马 丹, 曾 静*

(北京海关技术中心, 北京 100026)

摘 要: 目的 对北京进出口水产品中 259 株霍乱弧菌分离株的耐药性进行研究。**方法** 采用纸片扩散法对 259 株霍乱弧菌分离株进行药敏性试验, 共选择 10 大类 21 种抗生素。**结果** 所测试的 259 株菌株对庆大霉素、阿米卡星、诺氟沙星、妥布霉素、强力霉素及亚胺培南的敏感率高, 均在 95% 以上; 对除亚胺培南外 20 种抗生素都具有不同程度的耐药性, 其中对链霉素和多粘菌素 B 耐药率较高, 分别为 36.3% 和 54.1%。所有菌株对 21 种抗生素均有不同程度的中介反应, 其中链霉素、卡那霉素、多粘菌素 B 及红霉素中介率较高, 分别为 50.2%、44.0%、43.2% 和 83.4%; 其中 93 株表现为多重耐药性。**结论** 北京地区水产品中霍乱弧菌分离株对所测试的抗生素存在大量的中介和耐药情况, 应加强对霍乱弧菌耐药性的监测力度。

关键词: 水产品; 霍乱弧菌; 耐药性

Study on drug resistance of 259 *Vibrio cholerae* isolates from imported and exported aquatic products in Beijing

ZHANG Xi-Meng, FU Pu-Bo, WEI Hai-Yan, WEI Yong-Xin, LI Dan, MA Dan, ZENG Jing*

(Beijing Customs Technical Center, Beijing 100026, China)

ABSTRACT: Objective To study the drug resistance of 259 strains of *Vibrio cholerae* isolated from imported and exported aquatic products in Beijing. **Methods** Totally 259 strains of *Vibrio cholerae* were tested for drug sensitivity by disk diffusion method, and 21 kinds of antibiotic were selected from 10 categories. **Results** The sensitivity of 259 strains to gentamicin, amikacin, norfloxacin, tobramycin, doxycycline and imipenem were all higher than 95%. Except imipenem, the strains showed different degrees of resistance to other 20 antibiotics, among which the drug resistance rates of streptomycin and polymyxin B were 36.3% and 54.1%, respectively. All strains had different degrees of intermediation to 21 kinds of antibiotics, among which streptomycin, kanamycin, polymyxin B and erythromycin had higher intermediation rate, which were 50.2%, 44.0%, 43.2% and 83.4% respectively, and 93 of them showed multiple drug resistance. **Conclusion** The *Vibrio cholerae* isolated from aquatic products in Beijing is highly mediated and resistant to the tested antibiotics, so the monitoring of the drug resistance of *Vibrio cholerae* should be strengthened.

KEY WORDS: aquatic products; *Vibrio cholerae*; drug resistance

基金项目:国家重点研发计划项目(2017YFC1601602)

Fund: National Key Research and Development Program(2017YFC1601602)

*通讯作者: 曾静, 博士, 研究员, 主要研究方向为食品微生物。E-mail: jingzeng_cn@163.com

*Corresponding author: ZENG Jing, Ph.D, Professor, Beijing customs technical center, Beijing 100026, China. E-mail: jingzeng_cn@163.com

1 引言

霍乱弧菌(*Vibrio cholerae*)是一种革兰氏阴性菌,包括 2 个生物型:古典生物型和埃尔托生物型^[1]。根据 O 抗原的不同,可分为 200 种以上血清群,其中 O1 和 O139 群是引发霍乱弧菌爆发和流行的主要血清群,自 1817 年首次爆发霍乱弧菌以来,全球已有 7 次大规模流行^[2,3]。非 O1/O139 群霍乱弧菌虽不能造成大规模爆发及流行,但其发病率往往高于 O1 和 O139 群霍乱弧菌,近年来逐渐引发关注^[4]。霍乱弧菌发病急,传播速度快,该菌在相对卫生条件落后的发展中国家仍是主要的公共卫生问题之一^[5]。霍乱弧菌的传播途径包括水、食物、动物及人体接触,临床表现主要为急性腹泻、呕吐、脱水及败血症等。目前对于该菌的治疗方案以抗生素使用及口服补液为主,因此抗生素的正确使用至关重要。本研究对北京进出口水产品中分

离的 259 株霍乱弧菌菌株进行 10 大类 21 种抗生素的耐药性研究,以期为霍乱弧菌的监管与治理提供参考意义。

2 材料与方法

2.1 实验材料

2.1.1 菌株

选自 2005~2016 年北京技术中心食品实验室分离自水产品中的 259 株霍乱弧菌分离株,所有菌株均经法国梅里埃公司生产的 VITEK 微生物自动鉴定仪鉴定。其中 O1 群 7 株,O139 群 2 株,非 O1/O139 群 250 株,菌株信息见表 1。

2.1.2 实验仪器

FC222 恒温培养箱(37 °C,德国 3M 公司); THZ-C-1 全温振荡器(37°C,苏州培英实验设备有限公司); ms3Ds25 涡旋振荡器(德国 IKA 公司); McFarland 标准比浊仪(法国梅里埃公司); 药敏纸片(英国 OXOID 公司)。

表 1 259 株霍乱菌株信息表
Table 1 Information of 259 cholera strains

样品来源	数量	O1/O139 群数量	样品来源	数量	O1/O139 群数量
鲢鱼(国产)	5	0	黑蟹(缅甸)	6	0
白鲢(国产)	1	0	黄花鱼(国产)	1	0
蚌(国产)	1	0	鲫鱼(国产)	7	0
象拔蚌(美国)	15	O1 群 2 株 O139 群 1 株	珍宝蟹(加拿大)	20	0
鲍鱼(南非)	5	0	甲鱼蛋(泰国)	35	O1 群 2 株 O139 群 1 株
草鱼(国产)	5	0	金枪鱼(斐济)	3	0
蛭子(国产)	3	0	濑尿虾(泰国)	5	0
平鱼(国产)	6	0	鲤鱼(国产)	13	0
海白虾(国产)	6	0	龙虾(南非)	14	O1 群 2 株
带鱼(国产)	3	0	泥鳅(国产)	2	0
东星斑(国产)	1	0	罗非鱼(国产)	3	0
冻红虫(泰国)	2	0	牡蛎(南非)	2	0
多宝鱼(国产)	2	0	鲶鱼(国产)	2	O1 群 1 株
青蟹(菲律宾)	5	0	美国红(墨西哥)	2	0
石斑鱼(菲律宾)	8	0	墨斗鱼(国产)	1	0
桂鱼(国产)	3	0	牛蛙粪拭子(国产)	47	0
海鲈鱼(国产)	3	0	胖头鱼(国产)	5	0
鲈鱼(国产)	3	0	三文鱼(挪威)	2	0
梭鱼(国产)	2	0	武昌鱼(国产)	3	0
虾仁(国产)	4	0	养殖水(国产)	1	0
鱿鱼(国产)	2	0			

2.1.3 实验试剂

脑心浸液(brain heart infusion, BHI)肉汤培养基、胰蛋白胨大豆琼脂培养基(tryptic soy agar, TSA)培养基(英国 OXOID 公司)。

2.2 实验方法

2.2.1 药敏实验

按照美国国家临床实验室标准化委员会(National Committee For Clinical Laboratory Standards, NCCLS)推荐的肠杆菌药敏试验抗生素选择原则^[6], 选择 10 类共 21 种抗生素, 名称及用量见表 2。采用 NCCLS 推荐的纸片扩散法进行药敏性实验。

2.2.2 菌株复苏

将保存在 -80 °C 低温冰箱中的实验菌株取出接种于 BHI 肉汤中, 36 °C 过夜培养, 将肉汤培养物划线接种于 2% NaCl TSA 琼脂上, 36 °C 培养 24 h 复苏菌株。

2.2.3 菌悬液制备

用灭菌接种环接种一个单菌落加入 10 mL BHI 肉汤中, 放入气浴摇床, 倾斜 45°, 200 r/min 培养 16 h。用 0.85% NaCl 生理盐水稀释 BHI 肉汤, 配制成 0.5 McFarland(麦氏标准)的菌悬液, 即相当于菌液浓度为 1.5×10^8 CFU/mL。

2.2.4 接种与贴片

用无菌棉拭子取浓度为 0.5 麦氏的菌液, 挤压去多余水分, 并均匀划线涂抹在 MH 琼脂上, 60° 旋转, 共涂抹 3 次, 最后涂抹琼脂边缘, 用无菌眼科镊将药敏纸片均匀贴在表面无多余水分的平皿中, 15 min 内贴完药片, 碰触平皿后不再挪动, 36 °C 培养 20 h。

2.2.5 结果判读

用游标卡尺测量平皿抑菌圈直径, 其边缘以肉眼看不到细菌明显生长为限。参照 NCCLS 药敏标准判读表对霍乱弧菌进行结果判定。

3 结果与分析

3.1 药敏性实验结果

259 株霍乱弧菌分离株(其中有 7 株为 O1 型, 2 株为 O139 型)对 21 种抗生素表现出不同程度的耐药性。敏感率和耐药率均未达到 100%, 庆大霉素、诺氟沙星、妥布霉素、强力霉素和亚胺培南这 5 种抗生素的敏感率达到 95% 以上; 其中多粘菌素 B 的耐药率最高, 达到 50% 以上; 链霉素的中介率最高, 同样达到 50% 以上, 具体实验结果见表 3。

表 2 霍乱弧菌药敏实验所用抗生素及浓度
Table 2 Antibiotics and their concentrations used in drug sensitivity test of *Vibrio cholerae*

抗生素	代码	用量	抗生素	代码	用量
青霉素类			四环素类		
氨苄西林	AMP	10 µg	四环素	TE	30 µg
哌拉西林	PRL	100 µg	强力霉素	DO	30 µg
酰胺醇类			头孢菌素类		
氯霉素	C	30 µg	头孢曲松	CRO	30 µg
喹诺酮类			头孢唑林	KZ	30 µg
环丙沙星	CIP	5 µg	磺胺类		
诺氟沙星	NOR	10 µg	复方新诺明	SXT	25 µg
萘啶酸	NA	30 µg	甲氧苄啶	W	5 µg
吡哌酸	PIP	20 µg	多肽类		
氨基糖苷类			多粘菌素 B	PB	300 IU
链霉素	S	10 µg	碳青霉烯类		
庆大霉素	CN	10 µg	亚胺培南	IPM	10 µg
卡那霉素	K	30 µg	大环内酯类		
阿米卡星	AK	30 µg	红霉素	E	15 µg
妥布霉素	TOB	10 µg			

表 3 抗生素敏感性实验结果
Table 3 Antibiotic sensitivity test results

抗生素	耐药		中介		敏感	
	菌株数	耐药率/%	菌株数	中介率/%	菌株数	敏感率/%
氨苄西林	55	21.2	19	7.3	185	71.5
氯霉素	14	5.4	5	1.9	240	92.7
环丙沙星	1	0.4	19	7.3	239	92.3
链霉素	94	36.3	130	50.2	35	13.5
四环素	16	6.2	2	0.8	241	93.0
萘啶酸	63	24.3	2	0.8	194	74.9
庆大霉素	1	0.4	3	1.2	255	98.4
头孢曲松	6	2.3	11	4.2	242	93.5
复方新诺明	27	10.4	3	1.2	229	88.4
卡那霉素	14	5.4	114	44.0	131	50.6
多粘菌素 B	140	54.1	112	43.2	7	2.7
阿米卡星	5	1.9	11	4.2	243	93.9
吡哌酸	54	20.8	30	11.6	175	67.6
甲氧苄啶	31	12.0	1	0.4	227	87.6
诺氟沙星	1	0.4	9	3.5	249	96.1
妥布霉素	2	0.8	11	4.2	246	95.0
强力霉素	5	1.9	3	1.2	251	96.9
哌拉西林	37	14.3	6	2.3	216	83.4
头孢唑林	21	8.1	54	20.8	184	71.1
亚胺培南	0	0	3	1.2	256	98.8
红霉素	43	16.6	216	83.4	0	0

3.2 菌株多重耐药谱分析

因本研究选取的 21 种抗生素对全部菌株敏感,因此选取三重以上耐药谱(即多重耐药)进行统计分析。在本研究选取的 259 株霍乱弧菌菌株中,有 93 株菌株出现不同程度的多重耐药性,多重耐药率为 35.9%,其中 O1 群占 2.2%,O139 群占 1.1%。本实验的多重耐药谱分为 60 种耐药谱,其中三重耐药谱 16 种,菌株 32 株,包括 1 株 O1 群和 1 株 O139 群;四重耐药谱 12 种,菌株 22 株;五重耐药谱 9 种,菌株 10 株;六重耐药谱 5 种,菌株 6 株;七重耐药谱 7 种,菌株 9 株包括 1 株 O1 群;八重以上耐药谱 11 种,菌株 14 株。具体实验结果见表 4。

3.3 O1 群和 O139 群分离株的敏感性结果

9 株 O1 群、O139 群分离株的抗生素敏感实验表明,对多

粘菌素 B 耐药率高达 100%,对链霉素和红霉素都出现了不同程度上的耐药和中介反应。对氯霉素、环丙沙星、四环素、萘啶酸、庆大霉素、阿米卡星、甲氧苄啶、妥布霉素及强力霉素的敏感率均为 100%。其中有 3 株为多重耐药菌株,2 株为耐药谱 S-PB-E,1 株为耐药谱 AMP-CRO-SXT-PB-PIP-NOR-PRL。

4 结论与讨论

本研究针对 259 株分离自水产中的霍乱弧菌的耐药性进行了研究,分离株涉及国内外水产品,其中以非 O1/O139 群分离株为主,共 250 株占总比率的 96.5%,O1 群 7 株,O139 群 2 株分别占总比率的 2.7%和 0.8%。虽然大部分菌株为非 O1/O139 群,不像 O1、O139 群会引发大规模爆发及流行,但其仍可引发轻度胃肠炎或腹泻,需要引起大家的关注^[7]。

表 4 多重耐药谱分析
Table 4 Analysis of multi-drug resistance spectrum

多重耐药谱	多重耐药菌株数	O1/O139 群菌株数	多重耐药谱	多重耐药菌株数	O1/O139 群菌株数
三重耐药 NA-PB-PIP	6	0	CIP-NA-PB-PIP-KZ	1	0
S-PB-E	5	1(O139) 1(O1)	AMP-NA-PIP-PRL-E	1	0
AMP-PB-CRO	3	0	AMP-NA-PB-PIP-PRL	1	0
AMP-PRL-E	2	0	AMP-SXT-W-DO-E	1	0
AMP-S-PRL	2	0	AMP-S-SXT-PB-W	1	0
AMP-PRL-KZ	2	0	S-TE-SXT-PIP-W	1	0
S-NA-PB	2	0	AMP-CRO-SXT-PIP-W	1	0
SXT-PB-W	2	0	六重耐药 S-TE-NA-PB-PIP-E	2	0
TE-NA-PIP	1	0	AMP-NA-PB-PIP-KZ-E	1	0
AMP-S-PB	1	0	S-NA-SXT-K-PIP-W	1	0
PB-KZ-E	1	0	AMP-C-S-TE-NA-PIP	1	0
S-PB-AK	1	0	C-S-SXT-K-PIP-W	1	0
TE-PB-W	1	0	七重耐药 C-S-NA-SXT-K-PIP-W	3	0
S-SXT-W	1	0	AMP-S-PB-PIP-PRL-KZ-E	1	0
SXT-PIP-W	1	0	S-TE-NA-PB-PIP-DO-E	1	0
AMP-NA-PIP	1	0	S-NA-K-PB-AK-PIP-TOB	1	0
四重耐药 S-NA-PB-E	6	0	AMP-S-NA-PB-PIP-PRL-KZ	1	0
AMP-S-PB-PRL	3	0	AMP-CRO-SXT-PB-PIP-NOR-PRL	1	1(O1)
AMP-NA-PIP-PRL	3	0	AMP-S-NA-CRO-PB-PIP-W	1	0
S-NA-PB-PIP	2	0	八重耐药 C-S-NA-SXT-K-PB-PIP-W	4	0
AMP-NA-PB-PIP	1	0	AMP-TE-CRO-PB-PIP-W-KZ-E	1	0
AMP-S-PB-KZ	1	0	C-S-NA-SXT-K-PIP-W-DO	1	0
AMP-SXT-W-PRL	1	0	九重耐药 C-S-NA-SXT-K-PB-PIP-W-E	1	0
AMP-PB-KZ-E	1	0	C-S-TE-NA-SXT-K-PB-PIP-W	1	0
AMP-S-K-PRL	1	0	AMP-S-NA-CN-SXT-PIP-W-TOB-PRL	1	0
SXT-PB-W-E	1	0	十重耐药 AMP-C-S-NA-SXT-PIP-W-PRL-KZ-C	1	0
C-S-NA-PIP	1	0	AMP-S-TE-NA-SXT-PB-W-DO-KZ-C	1	0
AMP-PB-PRL-KZ	1	0	AMP-S-TE-NA-CRO-PB-PIP-W-KZ-C	1	0
五重耐药	2	0	十一重耐药	1	0
AMP-S-PB-PRL-KZ			AMP-S-TE-NA-SXT-PB-PIP-W-PRL-KZ-C		
S-TE-NA-PB-PIP	1	0	十二重耐药	1	0
			AMP-S-TE-NA-CRO-SXT-PB-AK-PIP-W-DO-KZ		

实验结果表明, 采用的抗生素无一对全部分离株敏感, 庆大霉素、阿米卡星、诺氟沙星、妥布霉素、强力霉素及亚胺培南的敏感度达到 95%以上, 这与伍业健等^[8]和屠丽红等^[9]研一定出入, 分析原因与菌株来源有关, 第一本研究所用菌株包括很多国外分离株, 与国内水产品的分离株因地域产生差异性; 第二本研究绝大部分为非

O1/O139 群分离株, 与 O1 群和 O139 群霍乱在结果上有可能存在差异性。本次药敏实验中多粘菌素 B 的耐药率最高, 达到 50%以上, 且敏感率仅为 2%, 这与张梦寒等^[10]基本一致。Chatterjee 等^[11]对印度加尔各答地区的非 O1/O139 群霍乱进行耐药实验表明, 菌株对庆大霉素、四环素、氯霉素表现出较高的敏感性, 对萘啶酸等产生了耐药, 与本

文研究基本一致。

本研究耐药性实验结果表明, 菌株多重耐药率严重, 占总比率的 35.9%, 其中 O1 群、O139 群分别占比率的 2.2% 和 1.1%, 其中有 23 株达到七重以上耐药, 占总比率的 24.7%, 其中包含一株 O1 群, 在多重耐药菌株中国产分菌株 20 株, 进口分离株 3 株, 证明国内养殖、河流等水域仍比国外水域污染严重。林杰等^[12]对 1994~2005 年间福建省霍乱监测和疫情分离的 100 株分离株进行耐药研究表明, 菌株对链霉素、多粘菌素 B 复方新诺明耐药严重, 63% 的菌株为多重耐药株。霍乱弧菌在各个地区普遍存在多重耐药, 针对本文涉及的霍乱弧菌耐药情况, 与福建省霍乱弧菌耐药谱存在一些差异。本次国产分离株中共有 48 株为牛蛙粪拭子和养殖水, 其中 14 株为多重耐药菌株, 养殖水体的富营养且偏碱性是霍乱弧菌在其中持续繁衍的重要条件, 出自或接触该水体的一切物品, 包括养殖水、牛蛙、底泥和养殖工具等, 都可成为霍乱弧菌的传播源^[13]。目前我国养殖业使用的抗生素几乎涵盖了人类使用的全部甚至最有效的抗生素^[14], 抗生素的滥用可能是导致多重耐药性的主要原因之一。相关监管部门应加强对水产养殖业的监督抽查, 一旦发现霍乱弧菌的污染应及时控制, 以降低养殖者的经济损失及对消费者的危害。本研究中共有 93 株多重耐药菌株, 今后将对上述菌株进行耐药和毒力基因进行筛查, 明确其危害性, 以便采取有针对性的防控措施, 降低霍乱弧菌在人群中的流行与传播。

参考文献

- [1] Ramamurthy T, Garg S, Sharma R, *et al.* Emergence of novel strain of *Vibrio cholera* with epidemic potential in southern and eastern India [J]. *Lancet*, 1993, 341(8846): 703-704.
- [2] Maiti D, Das B, Saha A, *et al.* Genetic organization of pre-CTX and CTX prophages in the genome of an environmental *Vibrio cholera* non-O1, non-139 strain [J]. *Microbiology*, 2006, 152(12): 3633-3641.
- [3] 罗朝晨, 谢一俊, 张静. 霍乱流行态势及我国霍乱防控中存在的问题 [J]. *传染病信息*, 2008, 21(3): 153-154.
Luo CC, Xie YJ, Zhang J. Cholera epidemic situation and the existing problems in the prevention and control in China [J]. *Infect Dis Inform*, 2008, 21(3): 153-154.
- [4] Dutta D, Chow DG, Pazhani GP, *et al.* *Vibrio cholera* non-O1, non-O139 serogroups and cholera-like diarrhea, Kolkata, India [J]. *Emerg Infect Dis*, 2013, 19(3): 464-467.
- [5] Wang R, Lou J, Liu J, *et al.* Antibiotic resistance of *Vibrio cholerae*, O1 El Tor strains from the seventh pandemic in China, 1961-2010 [J]. *Int J Antimicrob Agents*, 2012, 40(4): 361-364.
- [6] Clinical and Laboratory Standards Institute. Performance standards for antimicrobial susceptibility testing [S].
- [7] Cariri FA, Costa AP, Melo CC, *et al.* Characterization of potentially

virulent non-O1/non-O139 *Vibrio cholera* strains isolated from human patients [J]. *Clin Microbiol Infect*, 2010, 16(1): 62-67.

- [8] 伍业健, 张欣强, 和鹏, 等. 2013 年-2015 年广州市水体及水产品霍乱弧菌监测分析 [J]. *中国卫生检验杂志*, 2017, 27(9): 1305-1307.
Wu YJ, Zhang XQ, He P, *et al.* Surveillance on *Vibrio cholerae* isolated from water and aquatic products in Guangzhou during 2013-2015 [J]. *Chin J Health Lab Technol*, 2017, 27(9): 1305-1307.
- [9] 屠丽红, 张曦, 陈洪友, 等. 2005-2014 年上海市 O139 群霍乱弧菌的分子特征和耐药性研究 [J]. *疾病监测*, 2015, 30(3): 223-227.
Tu LH, Zhang X, Chen HY, *et al.* Molecular characteristics and antibiotic resistance of *Vibrio cholerae* O139 in Shanghai, 2005-2014 [J]. *Dis Surveill*, 2015, 30(3): 223-227.
- [10] 张梦寒, 王丽, 李建. 苏州市部分水产品分离的霍乱弧菌耐药状况及毒力基因分析 [J]. *中国卫生检验杂志*, 2013, 23(1): 123-126.
Zhang MH, Li L, Li J. Analysis of antibiotic resistance and virulence genes of *Vibrio cholerae* isolated from part of aquatic products in Suzhou [J]. *Chin J Health Lab Technol*, 2013, 23(1): 123-126.
- [11] Chatterjee S, Ghosh K, Raychoudhuri A, *et al.* Incidence, virulence factors, and clonality among clinical strains of non-O1, non-O139 *Vibrio cholera* isolates from hospitalized diarrheal patients in Kolkata, India [J]. *J Clin Microbiol*, 2009, 47(4): 1087-1095.
- [12] 林杰, 徐海滨, 陈爱平, 等. 霍乱弧菌多重耐药及 SXT 耐药相关基因初步研究 [J]. *中国预防医学杂志*, 2015, 16(1): 23-26.
Lin J, Xu HB, Chen AP, *et al.* A preliminary study on multiple antibiotic resistance and gene cassettes SXT of *Vibrio cholerae* [J]. *Chin Prev Med*, 2015, 16(1): 23-26.
- [13] 陈文怡, 李爱华, 张茂友, 等. 甲鱼养殖系统霍乱弧菌的调查研究 [J]. *中国预防医学杂志* 2016, 17(1): 50-54.
Chen WY, Li AH, Zhang MY, *et al.* *Vibrio cholerae* in *Trionyx sinensis* aquaculture system [J]. *Chin Prev Med*, 2016, 17(1): 50-54.
- [14] 陈杖榴, 吴聪明, 蒋红霞, 等. 兽用抗生药物耐药性研究 [J]. *四川生理科学杂志*, 2003, 25(3): 120-123.
Chen ZL, Wu CM, Jiang HX, *et al.* Study on the drug resistance of veterinary antibiotics [J]. *Sichuan J Physiol Sci*, 2003, 25(3): 120-123.

(责任编辑: 李磅礴)

作者简介



张西萌, 硕士, 高级工程师, 主要研究方向为食品微生物。
E-mail: ximeng0512@163.com



曾静, 博士, 研究员, 主要研究方向为食品微生物。
E-mail: jingzeng_cn@163.com