

论著

2012年中国食源性单核细胞增生李斯特菌耐药特征及多位点序列分型研究

闫韶飞,裴晓燕,杨大进,余东敏,甘辛,王伟,白莉,胡豫杰,李凤琴,徐进

(国家食品安全风险评估中心 卫生部食品安全风险评估重点实验室,北京 100021)

摘要:目的 研究2012年中国23个省市自治区10类食品中分离的635株单核细胞增生李斯特菌的耐药特征及多位点序列分型(multilocus sequence typing, MLST)测定。方法 采用CLSI推荐的微量肉汤稀释法,选择氨苄西林、复方新诺明、四环素、庆大霉素、红霉素、环丙沙星、氯霉素和万古霉素8种抗生素,对耐药株进行MLST分型。结果 635株单增李斯特菌检测出66株耐药菌,平均耐药率为10.39%。耐四环素菌株最多为49株,其次为耐环丙沙星20株、红霉素10株、氯霉素7株、复方新诺明3株、氨苄青霉素1株、庆大霉素1株、万古霉素1株。耐受2种抗生素有8株,耐受3种及以上抗生素有7株。77株菌耐药性介于中介度,其中75株菌对环丙沙星耐药性介于中介度。耐药株MLST分型表明,ST155、ST9、ST705和ST87为我国单增李斯特菌耐药株常见型别。四环素和四环素-红霉素-氯霉素耐药谱在MLST聚类分析中有集中趋势,耐药菌株主要来源于熟肉制品和中式凉拌荤菜。结论 我国目前食品来源的单增李斯特菌耐药率普遍较低,但与往年相比呈现逐渐增加的趋势。耐药株的主要MLST型别分布与相关耐药谱在聚类分析中相互关联。

关键词:单核细胞增生李斯特菌;药物敏感性;微量肉汤稀释法;多位点序列分型

中图分类号:R155;R378 文献标志码:A 文章编号:1004-8456(2014)06-0537-06

DOI:10.13590/j.cjfh.2014.06.005

Antibiotic resistance and MLST analysis of foodborne pathogenic *Listeria Monocytogenes* in China in 2012

YAN Shao-fei, PEI Xiao-yan, YANG Da-jin, YU Dong-min, GAN Xin, WANG Wei,

BAI Li, HU Yu-jie, LI Feng-qin, XU Jin

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

Abstract: Objective To evaluate the antibiotic susceptibility of 635 strains of *L. monocytogenes* isolated from 10 types of food origins in 23 provinces in China in 2012, and analyze the multilocus sequence typing (MLST) of resistant strains. **Methods** Eight kinds of antibiotics, including ampicillin (AMP), trimethoprim-sulfamethoxazole (TMP-SMZ), chloramphenicol (CHL), erythromycin (ERY), gentamicin (GEN), vancomycin (VAN), ciprofloxacin (CIP) and tetracycline (TET) were chosen to conduct broth microdilution susceptibility tests according to CLSI protocols. MLST was conducted on the resistant strains. **Results** 66 *L. monocytogenes* isolates were determined as resistant by CLSI interpretive criteria. The average resistant rate was 10.39%. Among them, TET contributed 49 resistant strains, which was the most. The number of the resistant strains of the rest antibiotics were separately 20 (CIP), 10 (ERY), 7 (CHL), 3 (TMP-SMZ), 1 (AMP), 1 (GEN), and 1 (VAN). 8 strains were resistant to two kinds of antibiotics and 7 strains were resistant to at least 3 antibiotics. 77 strains were determined as intermediate, among which 75 belonged to CIP intermediate. The MLST of resistant strains demonstrated that ST155, ST9, ST705 and ST87 were the major ST categories. The antibiotic resistance spectrum of TET and TET-ERY-CHL were seemingly clustered with certain STs from cooked meat products and Chinese cold dishes with meat. **Conclusion** Currently in China, despite the average resistance rate was relatively low compared with other foodborne pathogens, it was gradually growing annually. The major STs of resistant strains of foodborne *L. monocytogenes* were correlated with two antibiotic resistance spectrums.

Key words: *Listeria monocytogenes*; antibiotic susceptibility; broth microdilution susceptibility; multilocus sequence typing

收稿日期:2014-09-10

作者简介:闫韶飞 男 助理研究员 研究方向为食品微生物

E-mail: yanshaofei@cfsa.net.cn

通讯作者:徐进 男 研究员 研究方向为食品安全

E-mail: xujin@cfsa.net.cn

单核细胞增生李斯特菌(*Listeria monocytogenes*, LM)简称单增李斯特菌,是一种人畜共患病的病原菌,感染后主要表现为败血症、脑膜炎和单核细胞增多。该菌在4℃的环境中仍可生长繁殖,可以通过污染奶及奶制品、蔬菜、水产品、肉制品等食

物导致人群感染,是冷藏食品中威胁人类健康的主要病原菌之一^[1]。单增李斯特菌污染食品引起的食源性疾病通常需要抗生素治疗。由于抗生素在动物饲养中的广泛应用,单增李斯特菌在对抗生素生存压力的条件下会产生耐药性^[2-3]。2003—2008年单增李斯特菌对常见抗菌药物的耐药结果表明单增李斯特菌的耐药性已由单一耐药向多重耐药发展^[4]。据报道,2005—2011年食品中分离的单增李斯特菌对四环素、强力霉素、环丙沙星、诺氟沙星、氯霉素、头孢呋肟、多粘菌素B、呋喃妥因、氯林可霉素9种抗菌药物耐药^[5]。赵悦等^[6]报道我国2007—2009年食品来源的1069株单核增生李斯特菌耐药率为6.92%,并出现多重耐药株。这些耐药单增李斯特菌的出现给临床用药的选择提出很大的挑战。

为阐述我国目前食品来源的单增李斯特菌的耐药状况,本文对2012年中国食源性单增李斯特菌的耐药情况进行了研究,并利用多位点序列分型(multilocus sequence typing, MLST)方法对耐药株进行分型,探讨MLST型别与耐药谱关联性,为耐药机制的研究提供线索。

1 材料和方法

1.1 材料

1.1.1 菌株来源

来源于国内23个省(直辖市、自治区)2012年分离自10类食品的635株单增李斯特菌。药敏质控菌为肺炎链球菌(ATCC 49619)和金黄色葡萄球菌(ATCC 29213)。

1.1.2 主要仪器与试剂

生化培养箱、电子天平、高压灭菌锅、PCR仪。

脑心浸液肉汤(BHI)、脑心浸液琼脂(BHA)均购自北京陆桥技术有限责任公司, MH肉汤(MHB)(美国Oxid)、抗生素(美国Sigma)、DP302细菌基因组DNA提取试剂盒(北京天根生化科技有限公司),引物均由上海英俊生物技术有限公司合成。

1.2 方法

1.2.1 抗生素敏感试验

抗生素选择:根据美国临床实验室标准研究所(CLSI)推荐的单增李斯特菌耐药试验抗生素选择原则与临床用药和研究相结合,选择8类抗生素,分别为四环素类-四环素(TET)、喹诺酮类-环丙沙星(CIP)、大环内酯类-红霉素(ERY)、酰胺醇类-氯霉素(CHL)、磺胺类-复方新诺明(TMP-SMZ)、 β -内酰胺类-氨苄青霉素(AMP)、氨基糖苷类-庆大霉素(GEN)、多肽类-万古霉素(VAN)。采用CLSI推荐

的微量肉汤稀释法(broth microdilution susceptibility testing)进行药敏试验。

菌株活化与制备:将-80℃保存的单增李斯特菌株接种于BHI肉汤管中,37℃过夜培养,将肉汤培养物划线接种于BHA平板,37℃培养24h。挑取单克隆,再次接种于BHA平板,37℃培养24h。取BHA平板上数个新鲜菌落,比浊管中混匀,将菌液校正至0.5个麦式浊度。

药敏板制备:将100 μ l含有2×最高抗生素工作液浓度的MHB加入96孔板第1列孔,剩下的孔中各加入50 μ l MHB;从每板第1列孔中吸出50 μ l,加入到第2列孔,吹打2~3次,混匀,并依次操作直到第11列孔。将第11列孔的50 μ l吸出后弃置。最后一列不加任何抗生素,设为对照组。

接种培养及结果观察:配置好的菌液取80 μ l稀释于8 ml MHB肉汤中,混匀。每块药敏板对应一株待测菌。向配制好的药敏板中加入菌悬液,每孔50 μ l。在96孔板下面垫付湿纱布,将其放于培养箱35℃过夜培养。其中肺炎链球菌(ATCC 49619)在微需氧袋中培养。目测微孔内完全抑制细菌生长的最低药物浓度记录为最低抑菌浓度(minimal inhibitory concentration, MIC)。

1.2.2 多位点序列分型

将耐药菌株接种于脑心浸液琼脂培养基中,置于37℃恒温箱中过夜培养。培养物用细菌基因组DNA提取试剂盒按说明书进行操作。管家基因扩增引物序列均来自于Institut Pasteur在线数据库^[7],见表1。

PCR产物送上海英俊生物技术有限公司测序。测序结果用Gentle DNA sequencing软件进行修正后,在Institut Pasteur^[7]进行提交,查询得到菌株的ST型。

2 结果

2.1 单增李斯特菌耐药结果

在635株单增李斯特菌耐药检测中有66株耐药,平均耐药率10.39%。四环素耐药株数量最多为49株,其他依次为耐环丙沙星20株、红霉素10株、氯霉素7株、复方新诺明3株、氨苄青霉素1株、庆大霉素1株、万古霉素1株。75株单增李斯特菌对环丙沙星耐药性介于中介度,见表2。

耐受2种抗生素有8株,其中耐四环素-环丙沙星的有4株菌;耐受3种及以上抗生素有7株,其中耐四环素-氯霉素-红霉素的有5株菌,见表3。

分离自生猪肉、生牛肉、水产品 and 熟肉制品的单增李斯特菌的耐药率较高,分别为26.67%、

表 1 单增李斯特菌 MLST 引物序列
Table 1 MLST primers of *L. monocytogenes*

基因	引物序列(5'-3')	退火温度/°C	产物长度/bp
<i>abcZ</i>	F:GTTTTCCAGTCACGACGTTGTATCGCTGCTGCCACTTTTATCCA	52	537
	R:TTGTGAGCGGATAACAATTTCTCAAGGTGCGCCGTTAGAG		
<i>bglA</i>	F:GTTTTCCAGTCACGACGTTGTAGCCGACTTTTTATGGGGTGGAG	45	399
	R:TTGTGAGCGGATAACAATTTCCGATTAATACGGTGGCGACATA		
<i>cat</i>	F:GTTTTCCAGTCACGACGTTGTAATTTGGCGATTTTGATAGAGA	52	486
	R:TTGTGAGCGGATAACAATTTGAGATTGACGATTCTGCTTTTG		
<i>dapE</i>	F:GTTTTCCAGTCACGACGTTGTACGACTAATGGGCATGAAGAACAAG	52	462
	R:TTGTGAGCGGATAACAATTTTCATCGAATATGGGCATTTTACC		
<i>dat</i>	F:GTTTTCCAGTCACGACGTTGTAGAAAGAGAAGATGCCACAGTTGA	52	471
	R:TTGTGAGCGGATAACAATTTCTGCGTCCATAATACACCATCTTT		
<i>ldh</i>	F:GTTTTCCAGTCACGACGTTGTACTATGATTGACATAGATAAAGA	52	453
	R:TTGTGAGCGGATAACAATTTCTATAAATGTCGTTTCATACCAT		
<i>lhkA</i>	F:GTTTTCCAGTCACGACGTTGTAAGAATGCCAAGCAGCAAACC	52	480
	R:TTGTGAGCGGATAACAATTTCTGGGAAACATCAGCAATAAAC		

表 2 635 株单增李斯特菌对 8 种抗生素的敏感性结果

Table 2 Antibiotic susceptibility of 635 *L. monocytogenes* against 8 antibiotics

抗生素	耐药		中介	
	菌株数/株	耐药率/%	菌株数/株	中介率/%
四环素	49	7.72	1	0.16
环丙沙星	20	3.15	75	11.81
红霉素	10	1.57	3	0.47
氯霉素	7	1.10	6	0.94
复方新诺明	3	0.47	9	1.42
氨苄青霉素	1	0.16	0	0.00
万古霉素	1	0.16	0	0.00
庆大霉素	1	0.16	1	0.16

表 3 单增李斯特菌的耐药谱

Table 3 Antibiotic resistance spectrum of *L. monocytogenes*

耐药抗生素数量	耐药谱	菌株数/株
0	敏感与中介株	569
1	四环素	35
1	环丙沙星	15
1	氯霉素	1
2	四环素-环丙沙星	4
2	四环素-复方新诺明	1
2	四环素-红霉素	2
2	红霉素-氨苄青霉素	1
3	四环素-氯霉素-红霉素	5
4	四环素-氯霉素-红霉素-复方新诺明	1
6	四环素-红霉素-复方新诺明-万古霉素-庆大霉素-环丙沙星	1

25.00%、12.50% 和 11.98%，见表 4。来源于河南、山东和内蒙古的食品中单增李斯特菌的耐药率较高，均达到 20% 以上，见表 5。

2.2 MLST 分型结果

试验对 73 株单增李斯特菌进行 MLST 分型鉴定，包括 66 株耐药菌和 7 株敏感菌。根据软件分析测序所得结果，截取各等位基因精确长度，于 Pasteur^[7] 查询各管家基因的等位基因数值，进而获得菌株的 ST 型，由于其中 1 株耐药菌无法成功扩增

表 4 食品种类与耐药结果

Table 4 Antibiotic susceptibility of *L. monocytogenes* isolated from various types of food

食品种类	分离株/株	耐药株/株	耐药率/%
生猪肉	15	4	26.67
生牛肉	12	3	25.00
水产品	16	2	12.50
熟肉制品	242	29	11.98
中式凉拌菜-素	176	20	11.36
中式凉拌菜-荤	58	6	10.34
生羊肉	14	1	7.14
米面制品	85	1	1.18
豆制品	14	0	0.00
沙拉	2	0	0.00
饮料	1	0	0.00
合计	635	66	10.39

表 5 2012 年不同省市单增李斯特菌耐药状况

Table 5 Antibiotic susceptibility of *L. monocytogenes* from different provinces

省份	菌株数/株	耐药株/株	耐药率/%
河南省	31	7	22.58
山东省	9	2	22.22
内蒙古	49	10	20.41
安徽省	11	2	18.18
黑龙江省	118	21	17.80
吉林省	46	8	17.39
北京市	35	6	17.14
江西省	22	3	13.64
福建省	10	1	10.00
浙江省	12	1	8.33
广东省	28	2	7.14
甘肃省	47	1	2.13
四川省	59	1	1.69
陕西省	67	1	1.49
贵州省	4	0	0.00
河北省	12	0	0.00
江苏省	31	0	0.00
辽宁省	14	0	0.00
宁夏	3	0	0.00
山西省	14	0	0.00
上海市	3	0	0.00
新疆	2	0	0.00
云南省	8	0	0.00
合计	635	66	10.39

管家基因,最终获得72个ST分型结果。分析耐药菌株的MLST共得到17个ST型别,其中ST155、ST9、ST705和ST87为我国单增李斯特菌耐药株常见型别,主要出现在熟肉制品和中式凉拌荤菜中,表明从肉制品和中式凉拌荤菜中分离的单增李斯特菌耐药株的ST型别分布较为集中。结果还发现来自甘肃省的一株耐药株为新的ST型,经提交Pasteur在线数据库后被命名为ST730,见图1。

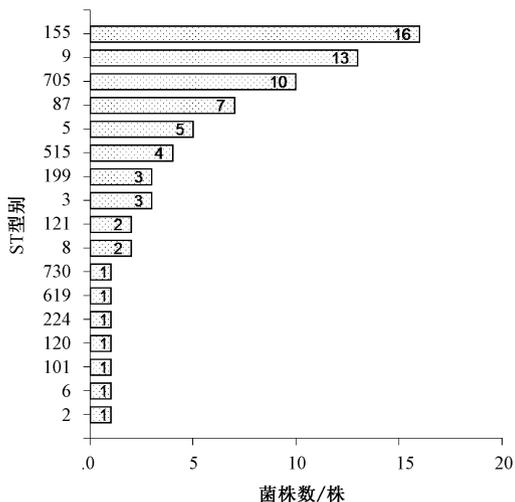


图1 ST型别菌株数

Figure 1 Numbers of strains of each ST type

为探讨单增李斯特菌的耐药谱和MLST分型结果之间的关联性,使用START 2(sequence type analysis and recombinational tests version 2)软件制作Neighbor-joining tree分析图。如图2所示,耐受四环素和同时耐受四环素-红霉素-氯霉素的单增李斯特菌MLST分型有明显集中趋势,其ST型主要为ST155、ST705、ST515、ST9。其他耐药谱的ST型较为分散。

3 讨论

近年来,食品中分离的单增李斯特菌耐药率在逐年增加,这无疑给食品安全带来了潜在性危害。本研究表明来源于我国2012年的635株食源性单增李斯特菌对8种抗生素总体较为敏感,平均耐药率为10.39%,以耐四环素菌株为最多,有49株,其次为耐环丙沙星20株。文献报道来源于中国食源性疾病监测网(现国家食品安全风险监测网络)2007—2009年的1069株食源性单增李斯特菌对15种抗生素的平均耐药率为2007年8.66%(24/277),2008年5.96%(18/302),2009年为6.53%(32/490),3年平均为6.92%(74/1069),主要耐受四环素、强力霉素、红霉素、氯霉素、环丙沙星,但对一线临床用药无耐药现象^[6]。本研究中食源性单

增李斯特菌平均耐药率高于2007—2009年的监测数据,耐药的抗生素种类相似,但本研究发现了CLSI推荐的一线临床用药氨苄青霉素耐药株1株,复方新诺明3株。

从食品种类分析,本研究显示分离自生猪肉、生牛肉、水产品 and 熟肉制品的单增李斯特菌的耐药率较高。从地域上看,河南省、山东省以及内蒙古自治区的耐药率都达到了20%以上。2007—2009年的监测数据显示,耐药率较高的食品类别是速冻米面制品、生猪肉、生牛肉和生禽肉,甘肃、吉林、福建和江苏是食源性单增李斯特菌耐药来源的主要省份^[6]。从耐药率高的地域分布比较,本研究结果比2007—2009年的地域分布更加集中,山东省、河南省和内蒙古相互毗邻,是我国主要的肉类生产和加工省份,且主要供应北京市场,有在全国形成一个食源性单增李斯特菌耐药高风险区域的趋势,应加强此区域的单增李斯特菌的耐药性监测,研究耐药基因的传递及分子分型的溯源分析。

MLST通过PCR扩增多个管家基因内部片段并测定其序列,是一种基于核酸序列测定的细菌分型方法。MLST操作简单,结果能快速得到并且便于不同实验室的比较,已经用于多种细菌的流行病学监测和进化研究^[8]。MLST越来越多的被用作进行国际间菌株比较的常用工具,建立一种更为准确的分型系统方法,并且应用于研究出现的不同的抗生素耐药株等的研究,国际上单增李斯特菌MLST数据库在逐渐扩大,其在单增李斯特菌暴发溯源研究中发挥的作用将会更加突出。2013年报道了33株上海动物源性食品单增李斯特菌的MLST分型结果,分成了8个型别,其中以ST121最多^[9]。本研究对72株单增李斯特菌分析的MLST共得到17个ST型别,其中ST155、ST9、ST705和ST87为我国单增李斯特菌耐药株常见型别,主要分离自熟肉制品和中式凉拌荤菜中,可能与熟肉制品和中式凉拌荤菜耐药株的数量较大有关,目前耐药株MLST分型参考数据较少,需要进一步扩大分析数据,才有可能得出有意义的结论。

本研究首次在国内开展了单增李斯特菌的耐药谱与ST分型之间的关联研究。MLST分型结果与耐药谱进行关联性分析结果表明,耐受四环素和同时耐受四环素-红霉素-氯霉素的单增李斯特菌MLST分型有明显集中趋势,ST型别分别为ST155、ST705、ST515及ST9,其中,ST155与ST705同源性较高。不同省份来源的单增李斯特菌的耐药谱在MLST分型中的聚集表现提示特定ST型在食品生产过程中特定菌株之间的传递,可能存在耐药基

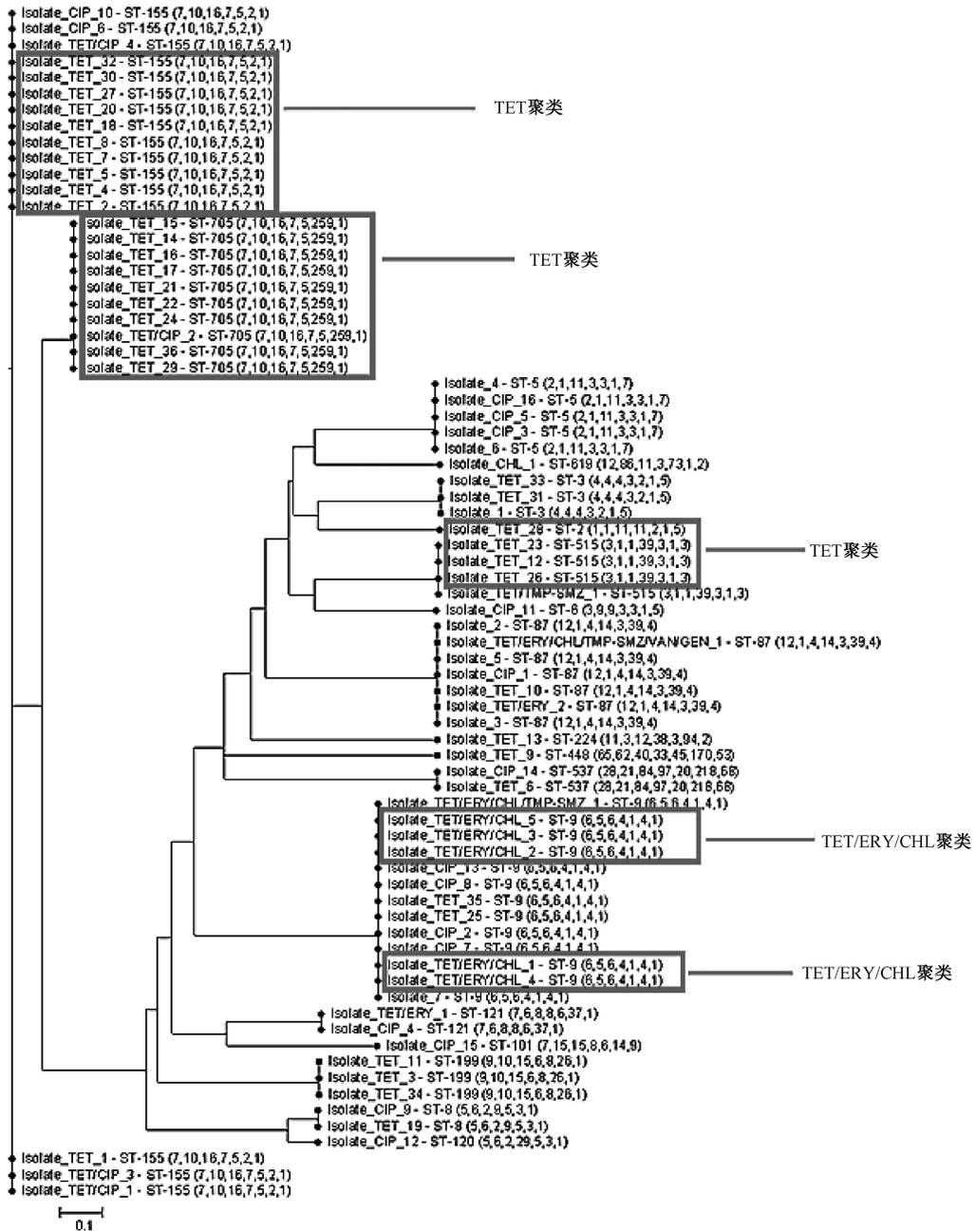


图2 耐药谱与ST型别 Neighbor-joining tree 分析图

Figure 2 Neighbor-joining tree analysis of antibiotic resistance spectrum and ST type

因的传递,这种现象提示在耐药基因检测和耐药机制探索中应加强对特定ST型的监测力度。

综上所述,目前我国的单增李斯特菌临床用药的耐药率呈逐年上升的趋势,应加强对单增李斯特菌耐药性的检测,指导生产与临床合理化用药。耐药谱和MLST分型之间的联系能够更好的促进单增李斯特菌的流行病学研究,为预防和控制食源性疾病的发生提供更加有效的指导。

参考文献

[1] 李凡,刘晶星. 医学微生物学[M]. 北京:人民卫生出版, 2008:182-185.

[2] Denny J, McLauchlin J. Human *Listeria monocytogenes* infections in European opportunity for improved European surveillance[J]. Euro Surveill, 2008, 13(13):8082-8086.

[3] Lungu B, O'Bryan C A, Muthaiyan A, et al. *Listeria monocytogenes*: antibiotic resistance in food production[J]. Foodborne Pathog Dis, 2011, 8(5):569-578.

[4] 邵美丽,杨帆,刘娣. 食品中单核细胞增生性李斯特菌的污染及耐药现状[J]. 黑龙江畜牧兽医, 2009(11):21-22.

[5] 王天姝,王艳,贺春月,等. 中国部分食品分离单增李斯特菌的抗菌药物敏感性耐药基因检测[J]. 疾病监测, 2013, 28(3):224-229.

[6] 赵悦,付萍,裴晓燕,等. 中国食源性单核细胞增生李斯特菌耐药特征分析[J]. 中国食品卫生杂志, 2012, 24(1):5-8.

[7] Institut Pasteur. Pour La recherche, pour La santé, pour demain

[DB/OL]. [2014-06-14]. <http://www.pasteur.fr/mlst/Lmono.html>.

serious invasive disease[J]. *Microbial*, 1998, 144(11):3049-3060.

[8] Enright M C, Spratt B G. A multilocus sequence typing scheme for *Streptococcus pneumoniae*: identification of clones associated with

[9] 刘萍萍, 王少辉, 赵秋华, 等. 上海市动物源性食品中单增李斯特菌的 MLST 分析[J]. *中国动物传染病学报*, 2013, 21(4):18-22.

论著

餐前加工对辣椒中 5 种常见农药残留去除的影响

徐志^{1,2}, 陈志强^{1,2}, 郝志博², 冯信平²

(1. 华中农业大学食品科学技术学院, 湖北 武汉 430070;

2. 中国热带农业科学院分析测试中心, 海南 海口 571101)

摘要:目的 通过研究清洗及烹饪过程对辣椒中百菌清、哒螨灵、腐霉利、氯氟氰菊酯及氰戊菊酯残留的影响, 了解农药在加工过程中的变化规律, 为膳食暴露评估提供依据。方法 采用实验室浸泡法模拟农药污染试验, 并模拟家庭日常加工对辣椒进行清洗、烹饪等处理, 通过气相色谱法(ECD)检测加工前后辣椒中农药残留变化。结果 清洗及烹饪对农药残留均有明显影响, 以上 5 种农药在辣椒中经清洗和烹饪后总去除率分别为 54.12% ~ 99.47%、58.78% ~ 95.95%、55.74% ~ 93.68%、41.37% ~ 95.67% 和 44.71% ~ 95.09%; 不同烹饪方法对农药的去除作用由强到弱为: 油炸 > 炒制 > 焯水, 且烹饪时间越长, 去除作用越大, 当烹饪时间超过 2 min 后, 去除作用则不发生明显变化。结论 烹饪对辣椒中农药残留的去除作用比清洗时好, 加工对农药的影响受农药的水解、高温分解特性、熔沸点及饱和蒸汽压等性质的共同作用决定。

关键词:餐前加工; 清洗; 浸泡; 烹饪; 农药残留; 辣椒; 去除率; 食品安全

中图分类号: R155; S641.3; S481⁺.8 文献标志码: A 文章编号: 1004-8456(2014)06-0542-05

DOI: 10.13590/j.cjfh.2014.06.006

Removal effect of household processing on residues of five common pesticides in hot pepper

XU Zhi, CHEN Zhi-qiang, HUAN Zhi-bo, FENG Xin-ping

(College of Food Science and Technology, Huazhong Agricultural University, Hubei Wuhan 430070, China)

Abstract: Objective To study the effect of washing and cooking on residues of chlorothalonil, pyridaben, procymidone, cyhalothrin and fenvalerate in hot pepper, understand the changes of pesticide residues by processing, and to provide the basis for effective dietary exposure assessment. **Methods** The hot pepper samples were simulated in laboratory by soaking in pesticides polluted water. The samples were cleaned and cooked, and the pesticides residues were detected by GC-ECD. **Results** The results showed that both washing and cooking had a great effect on pesticide residues, the general removal rates of these five pesticides were 54.12%-99.47%, 58.78%-95.95%, 55.74%-93.68%, 41.37%-95.67% and 44.71%-95.09%, respectively. The removal rates of the pesticides residues by different cooking methods were ordered as follows: frying > stir-frying > boiling. The longer the cooking time was, the more residues removed, but the removal rates didn't change significantly when the cooking time was longer than 2 min. **Conclusion** The effect of pesticide residues removal in pepper by cooking was better than cleaning, and the effect was decided by hydrolysis, pyrolysis, melting and boiling point and vapor pressure of the pesticides.

Key words: Food processing; wash; soak; cooking; pesticide residue; hot pepper; removal rate; food safety

辣椒是一种常见的蔬菜及调味品, 因其有辣味可以增进食欲, 且富含维生素 C 等营养元素, 受到

人们的广泛喜爱。由于辣椒在生长过程中容易感染病虫害, 需要喷施大量农药, 加之部分农民对农药使用安全意识薄弱, 因此在辣椒中经常会出现农药残留超标问题。国内外许多研究表明^[1-4], 加工过程对农药残留具有一定的影响, 通过清洗、烹饪等处理, 可以减少果蔬中农药残留。本试验以百菌

收稿日期: 2014-04-04

基金项目: “十二五”国家科技支撑计划项目(2012BAK01B05)

作者简介: 徐志 男 副研究员 研究方向为农产品质量与安全

E-mail: honic@yeah.net