DOI：10.19789/j.1004-9398.2022.06.006
文献引用：蒋燕舒，刘玲君，李道霞，等. 2017—2020年四川省食品安全监督抽检结果分析及时空聚集性研究[J]. 首都师范大学学报（自然科学版），2022，43（6）：37-45. JIANG Y S，LIU L J，LI D X，et al. Space-time clustering study on the food safety supervision and sampling inspection of Sichuan Province from 2017 to 2020[J]. Journal of Capital Normal University（Natural Science Edition），2022，43（6）：37-45.

2017—2020年四川省食品安全监督抽检结果分析及时空聚集性研究*

蒋燕舒，刘玲君，李道霞，王　健，李仁伟**
（四川省食品检验研究院，四川 成都　611731）

摘要：为了有针对地科学开展食品安全监管，本文通过研究四川省食品安全抽检结果和时空分布规律，采用参数检验、差异检验、空间自相关分析和时空扫描分析等统计方法，对四川省级食品监管部门2017—2020年公开发布的食品安全监督抽检数据进行分析. 结果表明：2017—2020年四川省省级监管部门公布的监督抽检结果总体合格率为97.23%. 不合格指标中超范围、超限量使用食品添加剂的项次数连续4年显著高于年度平均值（t=−4.47～−3.32，P<0.05）. 空间自相关分析显示，4年总体食品抽检合格率呈正向空间相关分布特征（Moran's I>0，Z>1.96，P<0.05），各年度的食品抽检合格率存在局部空间自相关聚集分布. 时空扫描表明食品抽检合格率在时间和空间上存在明显聚集性. 四川省4年来的食品安全监督抽检合格率较高，在该省流通销售的34类食品品质均保持在较高水平. 食品生产者违规使用食品添加剂是该省食品不合格的最主要原因之一. 用时空扫描统计量分析验证了各年度局部空间自相关分析的结果，前者的风险聚集区与后者的低聚集区基本一致，食品安全风险聚集在该省中偏东部区域.

关键词：食品安全；监督抽检；单样本t检验；空间自相关；时空扫描
中图分类号：O212；R155.5；TP31

Space-time clustering study on the food safety supervision and sampling inspection of Sichuan Province from 2017 to 2020*

JIANG Yanshu，LIU Lingjun，LI Daoxia，WANG Jian，LI Renwei**
（Sichuan Institude of Food Inspection，Chengdu Sichuan　611731）

Abstract：In order to carry out food safety supervision in a targeted and scientific way，this paper studied the sampling inspection results and space-time distribution rules of food safety of Sichuan Province，statistical methods such as the Kruskal-Wallis test，t test，spatial auto correlation analysis and time-space scanning analysis were applied to analyze the sampling inspection data of food safety supervision released of Sichuan provincial food supervision authorities from 2017 to 2020. The overall pass rate of the sampling inspection results was 97.23%. The number of unqualified items of the over-range and over-limit use of food additives was significantly higher than the annual average for four consecutive years（t=−4.47 to −3.32，P<0.05）. The spatial autocorrelation analysis showed that there was a positive spatial correlation distribution of the total qualified rate of food sampling

收稿日期：2021-12-11
* 四川省科技厅重点研发项目（2020YFN0059）；四川省食品检验研究院项目（SFIK-HX2021001）
** 通信作者：876959113@qq.com

inspection in four years(Moran's I>0, Z>1.96, P<0.05), and there was a local spatial autocorrelation clustering distribution of the food sampling inspection qualified rate in each year. Through the time-space scanning analysis it was found that the pass rate of food sampling inspection had obvious clustering in time and space. Over the past four years, Sichuan Province had a higher passing rate of food safety supervision and sampling inspection, and the quality of the 34 categories of food sold in circulation had remained a higher level. One of the main causes of food disqualification was the illegal use of food additives by food producers in this province. The results of local spatial auto correlation analysis in each year were verified by space-time scanning statistical analysis, the risk accumulation areas of the former were basically consistent with the low accumulation areas of the latter. Food safety risks during the four years were concentrated in the east-central region of the province.

Keywords: food safety; supervision and sampling inspection; one-sample t test; spatial auto correlation; space-time clustering

CLC: O212; R155.5; TP31

0 引 言

食品安全关系人民群众的身体健康和生命安全,关系中华民族的未来.在《中共中央国务院关于深化改革加强食品安全工作的意见》[1]中指出,要"完善问题导向的抽检监测机制",其中,食品安全监督抽检是排查风险,倒逼食品生产经营者落实主体责任,撬动稽查执法,保障食品安全的一项重要监管手段[2].监管部门在开展食品安全监督抽检工作的过程中,收集了大量的抽检数据,需要采取有效方法对数据加以分析利用,有针对性地制定监管计划[3].现有的研究情况显示:食品安全监督抽检数据分析较多局限于描述性统计分析[4-5],或是针对于单一食品品种的空间分析[6-7],缺乏对某一地区整体食品安全监督抽检数据进行统计学空间分布和时空聚集分布的分析研究.随着大数据时代的到来,分析食品抽检数据,反映其空间规律、地区联系和时空特征,将为食品安全风险防控提供针对性的决策[8].本研究以2017—2020年四川省省级食品监管部门公布的监督抽检数据为例进行分析研究,拟采用非参数检验、单样本t检验、空间自相关性和时空扫描统计量等多种统计学方法粗略评估当地的食品安全状况,从食品品种、不合格指标、年度和地域4个维度分别探讨当地主要面临的食品安全风险,为靶向制订食品安全监管方案,提供科学依据.

1 材料与方法

1.1 数据来源

食品安全监督抽检结果来源于四川省人民政府持续在网站发布的数据.下载2017—2020年发布的食品安全监督抽检信息,作为研究对象,分析当前该省的食品安全状况及存在的主要问题.

1.2 方法

本研究应用Microsoft Excel 2016和SPSS 26.0对下载的数据进行录入处理和统计分析,使用Geoda和SatScan软件进行空间统计分析和时空扫描统计量分析,寻找热点聚集区域及相对风险度,并采用Q-gis软件对时空分析结果进行可视化呈现.P<0.05为差异有统计学意义.

1.2.1 线性拟合

假设某类食品4年间的合格率存在函数关系,作线性拟合曲线$y=ax+b$,式中:y为合格率;a为斜率,表示某类食品4年间合格率的趋势变化,a>0表明合格率整体呈上升趋势,a<0表明合格率整体呈下降趋势;x为年度;b为截距;R^2为线性相关系数.

1.2.2 非参数检验

采用Kruskal-Wallis检验进行多个独立样品之间相同分布研究[9-11].零假设分别为同一类别食品不同年份之间的合格率无显著性差异,不同类别食品的合格率无显著性差异.

1.2.3 柯尔莫戈洛夫-斯米诺夫(Kolmogorov-Smirnov, K-S)检验

K-S检验是研究样本观察值的分布和设定的理论分布是否相一致.零假设是各年度不合格样品中各类不合格指标项次服从正态分布.

1.2.4 单样本t检验

单样本t检验是用t分布理论来推论差异发生的概率[12-13].零假设是各类不合格指标项次平均值

与某类不合格指标项次数的差异无显著性.

1.2.5　空间自相关分析

空间自相关是指同一变量在相应空间位置上的相关性与相互依赖性[14-15],选用莫兰指数(Moran's *I*)作为空间自相关指数[16],利用Moran's *I*对食品抽检合格率的空间聚集性进行识别,应用检验统计量*Z*来检验Moran's *I*.当$|Z|$>1.96,则*P*<0.05,全局Moran's *I*>0,表示空间正相关,其值越大,空间相关性越明显;全局Moran's *I*<0,表示空间负相关,其值越小,空间差异越大;全局Moran's *I*=0,表示无空间相关性.

采用Anselin[17]提出的局部空间自相关(local indicators of spatial association,LISA)分析方法寻找可能被掩盖的局部空间自相关的位置,进一步探索每个空间单元上食品抽检合格率与其邻近区域食品抽检合格率的空间聚集性.一个空间单元*i*的局部Moran统计量可定义为

$$I_i = z_i \sum_j w_{ij} z_j,$$

式中:z_i和z_j分别为空间单元*i*和*j*观测值的偏差,w_{ij}为空间权重值.共有4种聚集类型:$z_i>0$且$\sum_j w_{ij} z_j>0$时,则$I_i>0$,表现为高-高聚集分布;$z_i>0$且$\sum_j w_{ij} z_j<0$时,则$I_i<0$,表现为高-低聚集分布;$z_i<0$且$\sum_j w_{ij} z_j<0$时,则$I_i>0$,表现为低-低聚集分布;$z_i<0$且$\sum_j w_{ij} z_j>0$时,则$I_i<0$,表现为低-高聚集分布.

1.2.6　时空扫描分析

时空扫描分析同时考虑了时间和空间2个因素[18-19],以四川省21个被抽检市(州)为对应研究区域,建立一个可活动的扫描窗口,利用扫描窗口内和外的实际抽检不合格样品数和理论不合格样品数构造检验统计量对数似然比(log likelihood radio,LLR)[20],用LLR来评价扫描窗口内抽检不合格数的异常程度,然后采用蒙特卡罗模拟法计算*P*值对该窗口的统计学意义进行评价[21].本研究在分析过程中,扫描最大半径为50%,时间间隔为年,假设该省食品安全监督抽检结果在时间和空间均呈柏松分布[22],不合格批次数作为事件数,抽检总批次作为总案例数.当LLR值具有统计学意义时,用相对危险度(risk ratio,RR)来表示扫描窗口内外的相对危险度,首先扫描探测到LLR值为最大者,称之为主要聚集区,其他扫描探测出的具有统计学意义的地区为次要聚集区.

2　结　果

2.1　整体情况

2017—2020年四川省省级监管部门共完成77 054批次食品监督抽检,其中合格样品74 918批次,不合格样品2 136批次,样品总体合格率为97.23%.近4年抽检合格率、合格和不合格批次变化趋势如图1所示.2017—2020年食品安全监督抽检完成数量整体呈上升趋势,2020年完成的监督抽检数量比2017年增长45.64%.4年间的样品合格率呈现先降低后增高的趋势,合格率最高与最低相差仅为0.41%,4年间合格率标准偏差为0.18%,各年度合格率均保持在97.00%以上.

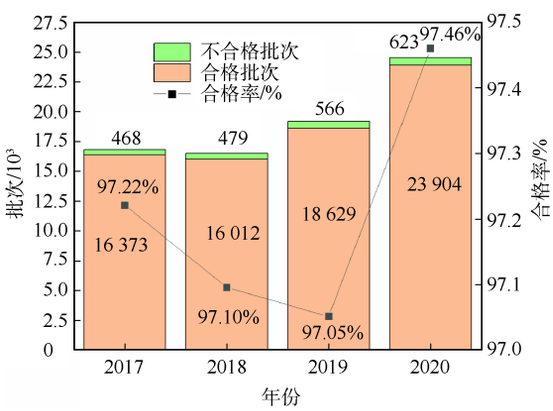


图1　2017—2020年抽检合格率及批次变化趋势

2.2　食品类别

2017—2020年监督抽检共覆盖34类食品,其抽检合格率相关结果如图2所示.其中,可可及焙烤咖啡产品进行了2年抽检,特殊医学用途配方食品、婴幼儿配方食品和食盐进行了3年抽检,其余食品类别均进行了4年抽检.可可及焙烤咖啡产品、特殊医学用途配方食品和婴幼儿配方食品平均合格率为100.00%,有24类食品平均合格率>97.23%,酒类、糕点、食用农产品、餐饮食品、炒货食品及坚果制品、冷冻饮品、蔬菜制品、饮料、特殊膳食食品和蜂产品10个类别的食品平均合格率<97.23%,蜂产品平均合格率最低,为90.77%.

2017—2020年34类食品的合格率线性拟合结果表明:有3类食品4年间合格率持平,为100.00%;有13类食品4年来合格率整体呈上升趋势,其中肉质品呈逐年上升趋势(R^2=0.942);有18类食品4年来合格率整体呈下降趋势,其中蔬菜制品呈现逐年下降趋势(R^2=0.923).采用非参数检验法对2017—

2020年34类食品的合格率差异进行检验,表明样本中不同年份之间的合格率不存在显著性差异(χ^2=3.00,P>0.05);对不同食品类别之间的合格率差异进行检验,样本中不同食品类别之间不存在显著差异(χ^2=3.65,P>0.05).

2.3　不合格项目

2017—2020年共计检出2 339项次不合格指标,将不合格指标分为食品添加剂,微生物,农药兽药,质量指标,重金属、无机和有机污染物,非食用物质和生物毒素污染7类,这些指标项不合格次数列于表1.由K-S检验可知各年度7类不合格指标项次的分布为正态分布(P=0.20>0.05),故可用单样本t检验来分析不合格指标平均值与各类不合格指标之间的差异.以各年度平均值为对照来研究不合格指标的显著性,食品添加剂不合格指标项次连续4年显著高于年度平均值(t=−3.75、−4.47、−3.32和−3.78,P<0.05),生物毒素污染指标项次在2017、2018和2020年显著低于年度平均值(t=2.83、2.65和2.64,P<0.05);微生物不合格指标项次在2017和2018年显著高于年度平均值(t=−3.01和−2.59,P<0.05);农药兽药不合格指标项次在2019年显著高于该年度平均值(t=−3.56,P<0.05);重金属、无机和有机污染物(t=2.46,P<0.05)和非食用物质(t=2.76,P<0.05)不合格指标项次分别在2019和2020年显著低于年度平均水平.

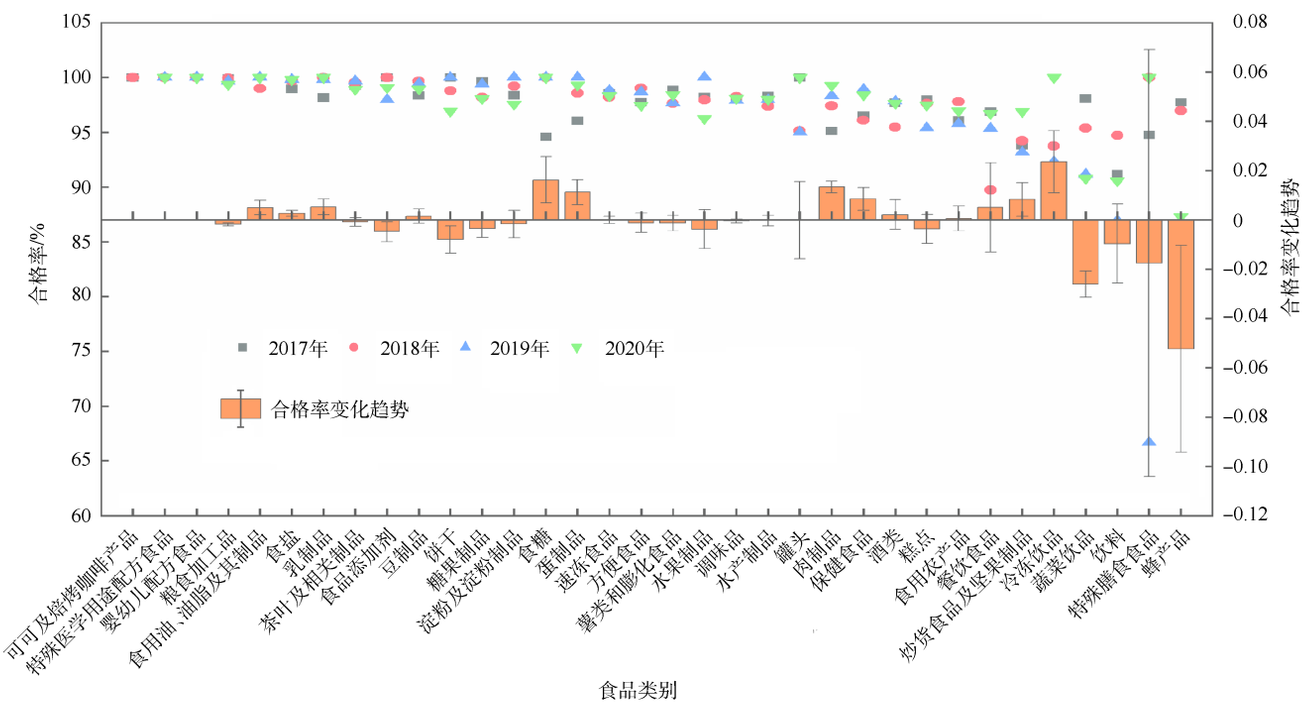


图2　2017—2020年不同食品类别的抽检合格率及变化趋势

表1　2017—2020年7类指标不合格次数统计

指标	2017年			2018年			2019年			2020年		
	次数	t值	P值	次数	t值	P值	次数	t值	P值	次数	t值	P值
食品添加剂	169	−3.75	<0.01	198	−4.47	<0.01	202	−3.32	<0.05	226	−3.78	<0.01
微生物	150	−3.01	<0.05	146	−2.59	<0.05	118	−0.80	>0.05	149	−1.55	>0.05
农药兽药	48	0.99	>0.05	63	0.41	>0.05	210	−3.56	<0.05	179	−2.42	>0.05
质量指标	102	−1.13	>0.05	75	−0.03	>0.05	77	0.42	>0.05	91	0.13	>0.05
重金属、无机和有机污染物	32	1.62	>0.05	21	1.92	>0.05	9	2.46	<0.05	19	2.21	>0.05
非食用物质	11	2.44	0.05	16	2.11	>0.05	10	2.43	>0.05	0	2.76	<0.05
生物毒素污染	1	2.83	<0.05	1	2.65	<0.05	12	2.37	>0.05	4	2.64	<0.05
年度平均值	73	—	—	74	—	—	91	—	—	95	—	—

注:—指无数据.

2.4　空间聚集性

2.4.1　全局空间自相关

2017—2020年抽检合格率全局空间自相关分析结果列于表2. 2017—2020年四川省食品抽检合格率Moran's I均不为0,经统计学检验,4年间总体食品抽检合格率呈正向空间相关分布特征(Moran's I>0, Z>1.96, P<0.05),即高合格率市(州)在空间上彼此聚集,且低合格率市(州)在空间上也彼此聚集.其余各年度呈随机分布.

2.4.2　局部空间自相关

2017—2020年食品抽检合格率的局部空间自相关分析结果如图3所示.在P=0.05检验水平上,2017年,凉山州呈高-高聚集分布(I_i=0.184, P<0.05),表明该州的合格率高,同时周边的城市合格

表2　2017—2020年抽检合格率全局空间自相关结果

年份	I值	$E(I)$值	SD值	Z值	P值
2017	0.086	−0.05	0.139	0.98	>0.05
2018	−0.066	−0.05	0.134	−0.10	>0.05
2019	−0.120	−0.05	0.137	−0.53	>0.05
2020	0.027	−0.05	0.135	0.51	>0.05
2017—2020	0.225	−0.05	0.132	2.07	<0.05

注:I为全局Moran指数;$E(I)$为全局Moran's I的期望;SD为全局Moran's I的标准偏差.

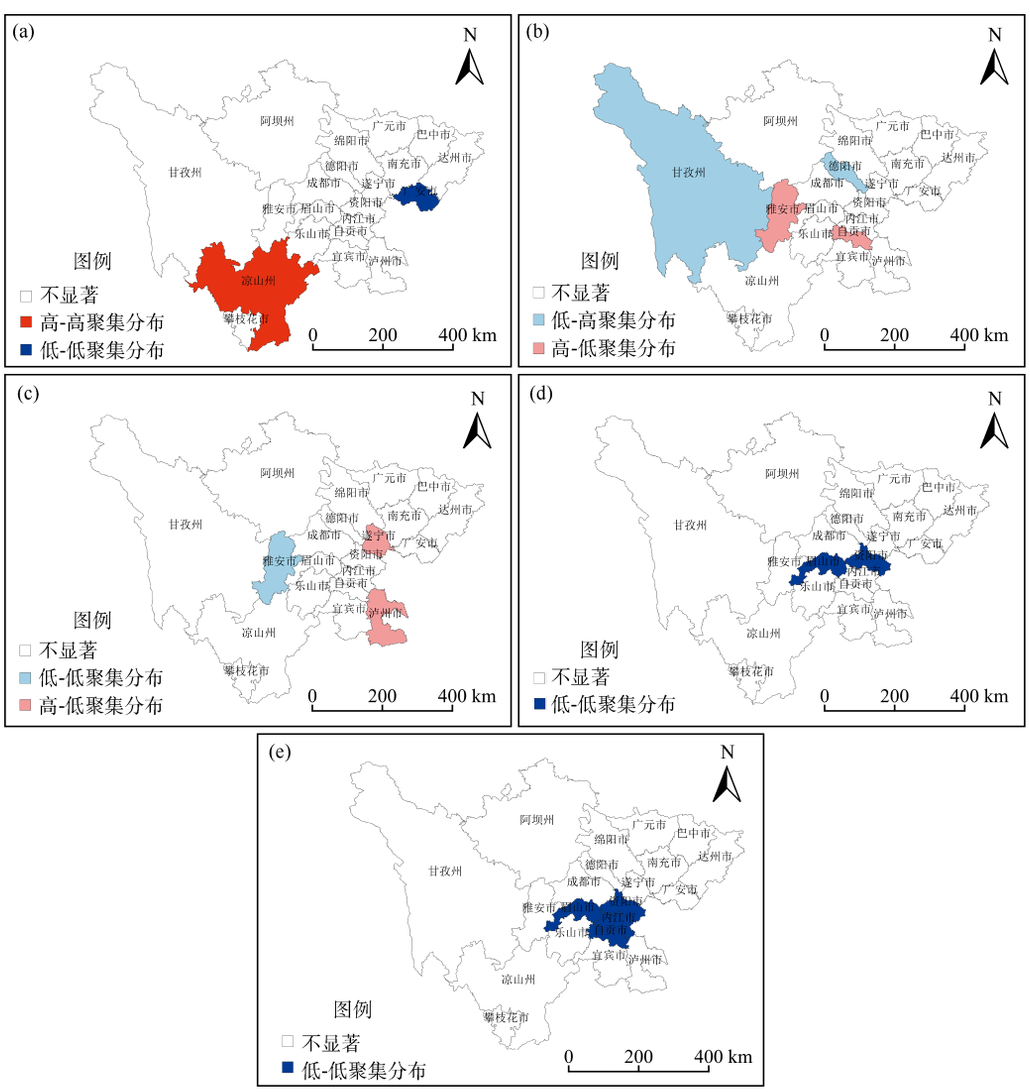


图3　近4年四川省各地区抽检合格率局部空间自相关结果

(a)2017年;(b)2018年;(c)2019年;(d)2020年;(e)2017—2020年

率也高;广安市呈低-低聚集分布(I_i=1.465,P<0.05),表明该市的合格率低,同时周边的城市合格率也低.2018年,自贡市和雅安市呈高-低聚集分布(I_i=−0.304和−0.383,P<0.05),其合格率高,但周边的城市合格率低;德阳市和甘孜州呈低-高分聚集布(I_i=−0.026和−1.378,P=0.05),该2市(州)的合格率低,但周边的城市合格率高.2019年,泸州市和遂宁市呈高-低聚集分布(I_i=−0.220和−1.589,P<0.05),雅安市呈低-高聚集分布(I_i=−0.262,P<0.05).2020年,眉山市和资阳市呈低-低聚集分布(I_i=0.783和0.935,P<0.05).2017—2020年总体来看,自贡市、内江市、眉山市和资阳市呈低-低聚集分布(I_i=0.550、1.617、1.164和0.474,P<0.05),表明该4座城市的合格率低,同时周边的城市合格率也低.

2.4.3　时空扫描统计

对2017—2020年食品安全监督抽检数据进行时空扫描分析,相应扫描结果如图4和表3所示.2017—2020年四川省食品安全抽检情况具有统计学意义的时空聚类区域有3个.主要聚集区位于四川中偏南部,涉及乐山市和眉山市,聚集时间为2018年,该聚集区内食品抽检不合格样品风险是其他区的2.20倍;次要聚集区I位于四川中偏东部,涉及资阳市和内江市,聚集时间为2019—2020年,该聚集区内食品抽检不合格样品风险是其他区的1.60倍;次要聚集区II位于四川东部,涉及广安市、南充市、遂宁市和达州市,聚集时间为2017年,该聚集区内食品抽检不合格样品风险是其他区的1.58倍.

3　结论与讨论

3.1　总体形势分析

2017—2020年四川省省级的食品监督抽检数量显著上升,表明监管部门在制定抽检计划时能够按照《"十三五"国家食品安全规划》[23]要求,不断加大食品检验量.2017—2020年间整体合格率显示,四川省的食品安全形势总体保持稳定态势,可见在

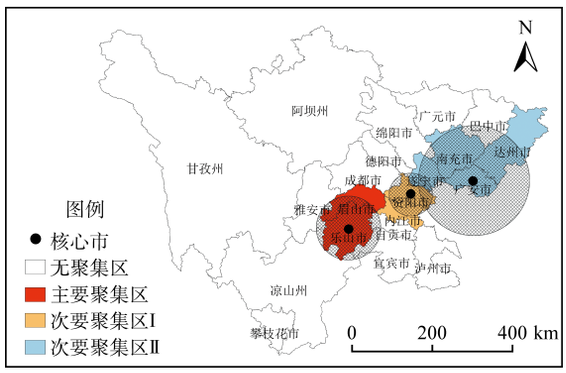


图4　2017—2020年抽检不合格率时空扫描分析风险聚集区

坚持以问题为导向,以排查风险为目的开展食品监督抽检的要求下,监管部门能够保障该省的整体食品安全合格率高位运行,食品安全监管工作效果显著.食品安全抽样检验年度计划要重点选择风险程度高以及污染水平呈上升趋势的食品,由此可知上一年度食品安全抽检结果中发现问题较多、风险较高的食品品种、检测指标和抽样地区等将会纳入下一年度的食品抽检计划当中,由于计划的逐年调整和动态变化,由该4年的抽检结果推测之后该省的年度食品抽检合格率也将在97.00%以上小幅波动.

3.2　食品类别分析

区别于刘欢[24]仅用合格率判定当地食品安全状况的研究,本文采用非参数检验得出,2017—2020年,食品安全监督抽检年度间的合格率与各食品类别间的合格率均没有显著性差异,且平均合格率均保持在97.00%以上,进一步研究表明该省4年间的食品抽检合格率一直保持较高水平,说明在该省流通销售的这34类食品,绝大部分生产加工者对食品品质的把控基本都保持在较高水平.从历年抽检合格率的趋势来看,可可及焙烤咖啡产品、特殊医学用途配方食品和婴幼儿配方食品4年间合格率总体保持在100.00%,其中,可可及焙烤咖啡产品、特殊医学用途配方食品抽检批次较少,不具备代表性,而婴幼儿配方乳粉由于国家采取全国实施月月抽检,严格婴幼儿配方食品生产许可审查发证等最

表3　2017—2020年抽检不合格率时空扫描分析结果

风险聚集区域	核心城市	高发城市数/个	聚集半径/km	高发年份	不合格批次数		RR值	LLR值	P值
					实际值	期望值			
主要聚集区	乐山市	2	81	2018	99	46	2.20	23.247	2.5×10^{-9}
次要聚集区I	资阳市	2	55	2019、2020	142	91	1.60	12.720	9.8×10^{-5}
次要聚集区II	广安市	4	140	2017	116	75	1.58	10.005	1.5×10^{-3}

注:RR为相对危险度;LLR为对数似然比.

强监管措施,确保婴幼儿配方乳粉的食品安全风险最低.食盐、食用油、油脂及其制品、乳制品、豆制品、食糖、蛋制品、肉制品、保健食品、酒类、食用农产品、餐饮食品、炒货食品及坚果制品和冷冻饮品共13类食品抽检合格率呈整体上升趋势,表明该省监管部门对油、肉、蛋、乳和菜等居民大宗消费食品的品质把控更为严格.其余18类食品抽检合格率整体呈下降趋势,合格率较低且合格率下降趋势明显的食品类别有蜂产品、蔬菜制品、特殊膳食食品、饮料和糕点等,其中特殊膳食食品抽检批次较少,不具有代表性.蜂产品平均合格率最低且下降趋势最为明显,以此展开分析,蜂产品不合格的原因主要有:(1)蜂蜜中检出禁用兽药诺氟沙星、氧氟沙星和氯霉素等;(2)蜂王浆中质量指标10-羟基-2-癸烯酸不达标.蜂产品是一种动物源性食品,虽然中华人民共和国农业部公告第2292号已明确规定"自2016年12月31日起,停止经营、使用用于食品动物的洛美沙星、培氟沙星、氧氟沙星和诺氟沙星4种原料药的各种盐、酯及其各种制剂"[25],但在2019—2020年的抽检蜂产品中仍有禁用兽药的检出情况,主要由于目前还无有效的低毒、低残留可替代抗生素的药物来治疗蜂病,且蜂农使用纯化工艺不达标的氟苯尼考药物也会造成蜂产品中氯霉素检出[26].10-羟基-2-癸烯酸是又称王浆酸,是蜂王浆特有的成分,是衡量蜂王浆品质和辨别其真伪的重要指标.该省蜂王浆中不合格的情况主要为10-羟基-2-癸烯酸含量不满足《蜂王浆:GB 9697—2008》[27]中产品等级要求,10-羟基-2-癸烯酸易受空气、光线、水分和酸碱的影响[28],由于生产企业对原料品质把控和投料控制不严、生产工艺设计不合格,生产经营企业贮存条件不达标等易导致其含量不达标.

3.3 不合格项目分析

区别于郭添荣等[29]仅采用不合格项目占比情况进行描述性分析,本文采用以年度平均值和单个不合格项目次数进行单样本t检验的方法,精准地确定超范围、超限量使用食品添加剂连续4年成为该省食品安全问题中最为突出的问题,其中较为多发的问题有蔬菜制品干笋中SO_2残留量超标,餐饮食品油条中Al的残留量超标,酒类散装白酒中检出甜蜜素(以$C_6H_{13}NNaO_3S$计)等.根据我国食品添加剂的使用规定,SO_2可作为漂白剂、防腐剂和抗氧化剂加入干制蔬菜中,$KAl(SO_4)_2$和$NH_4Al(SO_4)_2$可作为膨松剂、稳定剂加入油炸面制品中.由于食品添加剂具有防腐、护色、漂白、增香、乳化和增稠等多种功能,食品添加剂的使用一直是食品生产加工中必不可少的重要一环,且食品添加剂容易获取,食品生产加工者的违法成本低且需要检测才能确定其含量,是导致该指标一直突显的重要原因.此外,食品添加剂指标不合格分为超出《食品安全国家标准 食品添加剂使用标准:GB 2760—2014》[30]规定的使用范围和超过使用限量2种情形,该指标不合格的原因一般还包括生产加工企业或个人:(1)专业技术缺乏,对标准规定不熟悉、理解不到位[31];(2)为了使产品达到更好的效果而追求更多的经济利益,人为故意过量添加;(3)原材料进货检验把关不严,原料中的食品添加剂超标从而导致终产品中食品添加超标;(4)所使用的食品添加剂本身不合格.

次要突出的问题为微生物指标不合格,连续在2017和2018年显著较高.微生物指标是反映食品卫生品质的指示性指标.展开来看,最突出的问题是饮料中桶装饮用水铜绿假单胞菌不合格,其次是餐饮食品中复用餐饮具大肠菌群不合格以及肉制品、糕点食品中菌落总数不合格等.铜绿假单胞菌是一种条件致病菌,对于免疫力较弱的人群健康风险大,包装饮用水铜绿假单胞菌不合格的主要原因是:(1)生产环境控制不严;(2)回收水桶消毒不彻底;(3)桶装水密封不严等[32].大肠菌群作为检测食品是否被粪便污染,即是否被致病菌污染,食用后对人体健康造成危害程度的重要卫生指标,复用餐饮具大肠菌群不合格充分表明复用餐饮具消毒不达标[33].菌落总数是食品被微生物污染的程度,肉制品、糕点等食品中菌落总数不合格的原因有:(1)没有严格控制生产加工过程的卫生条件;(2)没有合理使用防腐剂;(3)包装材质及厚度不合适;(4)贮存温度不合适[34].针对最为突出的桶装饮用水铜绿假单胞菌问题,该省监管部门采取对桶装水生产企业食品安全管理员开展专题培训等一系列行之有效的措施[35],因此从2019年起,微生物指标不合格问题已经不具有显著性.

农药兽药指标不合格的情况仅在2019年显著高于平均水平,在其余年度没有显著性,可采取普通关注.农药兽药指标不合格的食品类别中,89.80%为食用农产品、4.00%为茶叶及相关制品、3.60%为蜂产品、2.40%为肉制品和0.20%为餐饮食品;农药兽药指标不合格问题中,55.80%为检出禁用兽药、25.00%为兽药残留超标、15.60%为农药残留超

标和3.60%为检出禁用农药;禁用兽药中,有69.18%为抗生素类药物,究其原因主要是抗生素类兽药价格便宜、效果好,养殖户追求高的经济利益而使用.中华人民共和国农业农村部公告第194号已规定"自2020年7月1日起,饲料生产企业停止生产含有促生长类药物饲料添加剂(中药类除外)的商品饲料."[36]可见我国已采取源头治理的方式避免抗生素类药物在动物性食品中的检出.

食品中生物毒素,重金属、无机和有机污染物与非食用物质均为显著低于年度平均水平的不合格指标,表明这3类不合格情况在该省各年度抽检结果中均较少发生,可予以一般关注.

3.4 时空分析

区别于王博远等[7]仅采用空间自相关分析研究食用油抽检结果,王舟等[21]采用时空扫描分析麻痹性贝类毒素的监测数据,本研究建立的时空扫描分析结果与各年度局部空间自相关分析结果可相互验证,得出时空扫描风险聚集区与局部空间自相关的合格率低聚集区基本一致的结论.2017年,广安市呈合格率低-低聚集分布,且广安市、南充市、遂宁市和达州市为次要聚集区II;2018年,与自贡市和雅安市均接壤并位于2座城市之间的眉山市和乐山市为合格率低聚集区,且为主要聚集区;2019年,位于泸州市和遂宁市之间的资阳市和内江市为合格率低聚集区,2020年,眉山市和资阳市为合格率低-低聚集区,且2019和2020年,资阳市和内江市为次要聚集区I.以上结果说明,2017—2020年四川省食品安全风险聚集区从四川东部逐步往中部迁移,最终聚集在四川中偏东部.

3.5 监管建议

食品抽检的类别共有34大类,其细类超过450种,涉及的具体食品品种数以万计,每种食品检测的指标不同,且每年抽检的具体食品品种和检测指标会根据年度计划发生动态调整,故本文以统计分析方法探索出问题较为突出的食品类别和问题项目后,以例举形式继续展开深入分析,综合得出该省存在的主要食品安全问题有:(1)突出的问题食品类别和突出的不合格指标相互交织;(2)食品生产环节把控不严;(3)食品安全风险区域集中.根据本研究结果,提出加强该省食品安全的监管建议:(1)根据食品类别和不合格指标的综合分析,建议加强对蔬菜制品中的食品添加剂SO_2,蜂产品中的禁用兽药诺氟沙星等,饮料中微生物指标铜绿假单胞菌的分类监管和专项整治,加大对问题品种和指标的食品抽检力度;(2)建议对历年抽检合格率低于平均水平和总体合格率呈下降趋势的23类食品的监管进行清单式管理,逐年解决部分问题;(3)建议加强对食品生产环节的监管力度,加强对生产加工者的宣传引导和培训教育,从而提升从业人员的素质,利用专家学者帮助生产企业改进生产工艺,加强食品生产许可审查、体系检查,从生产源头解决问题;(4)禁用药物屡禁不止,多由于禁用药物对食品性动物的治病、防病效果好,但由于禁用药物可能对人体产生致癌致畸的风险,建议监管部门以多种形式鼓励科研机构开展低毒兽药的研究和应用,做好养殖源头治理;(5)针对食品生产者的人为故意导致食品抽检不合格的,建议加大对违法处罚力度,起到震慑作用;(6)根据时空扫描的结果,建议重点加强对该省中偏东部地区的食品安全治理.

4 结束语

以四川省食品安全监督抽检结果为基础,本文采用5种统计分析方法从食品类别、不合格项目、时间和地域等方面探索该省面临的突出食品安全风险,创新性地建立了一种食品抽检不合格情况的时空扫描分析模型,时空扫描分析结果可由局部空间自相关分析结果相验证,并发现该省的食品安全风险随时间推移从东部向中部迁移的特征,为早期的食品安全风险预警提供基础研究依据.通过分析研究,科学识别该省食品安全问题的高发品种和高发项目为蔬菜制品中的SO_2、桶装饮用水中的铜绿假单胞菌和蜂产品中检出禁用兽药,高发环节为生产环节,对科学制定食品抽检计划,进一步解决食品安全重点难点问题具有借鉴意义.期望在本研究的基础上,进一步收集环境污染、人口学、社会经济学和营养膳食等方面的资料,采用多元的空间分析寻找其相互关系,将时间单位从年细化为月并建立预警模型,进一步深入探讨食品安全问题的影响因素和解决办法.

参 考 文 献

[1] 中华人民共和国国务院.中共中央国务院关于深化改革加强食品安全工作的意见[N].人民日报,2019-05-21(1).

[2] 范伟.食品安全监督抽检制度的规范建构基于行政过程论视角的分析[J].中外法学,2021,33(1):265-279.

[3] 曹晨.大数据时代食品监管模式创新性[J].食品安全导刊,2017(15):11.

[4] 吕冰峰,吕卓,邢书霞.2016—2018年全国食品安全监

督抽检的食品安全形势分析[J].食品安全质量检测学报，2019，10(15)：5221-5226.
[5] 毛佳琦，郑允允，焦文静，等.基于多维度抽检数据的全国食品安全状况分析及对策探究[J].食品与发酵工业，2022，48(5)：314-320.
[6] 吕冰峰，刘敏，裴新荣.2018年水果国家食品安全监督抽检结果分析[J].食品安全质量检测学报，2019，10(17)：5687-5692.
[7] 王博远，陈夏威，岑应健，等.2015—2018年中山市食用油、油脂及其制品监督抽检结果分析及空间分布规律研究[J].食品安全质量检测学报，2019，10(4)：1093-1099.
[8] 肖革新，肖辉.基于空间统计的食品安全研究现状与展望[J].中国食品卫生杂志，2016，28(4)：409-414.
[9] OSTERAGOVÁ E，OSTERTAG O，KOVÁČ J. Methodology and application of the Kruskal-Wallis test[J]. Applied Mechanics and Materials，2014(611)：115-120.
[10] 余婉风，吕科，刘洋，等.基于非参数检验和ARIMA模型的芜湖市空气质量指数研究[J].电脑知识与技术，2021，17(11)：239-241.
[11] 李琴，朱家明，郎红，等.基于非参数检验对运动员反应时间的相关性分析[J].哈尔滨师范大学自然科学学报，2021，37(4)：1-7.
[12] 石学敏.食品中环己基氨基磺酸钠的测定质控数据趋势分析研究[J].标准科学，2021(6)：99-103.
[13] 高飞，刘媛媛，李长平，等.如何正确运用t检验：t检验的基本概念与前提条件[J].四川精神卫生，2020，33(3)：211-216.
[14] 马玉贞.2008—2017年同心县主要传染病流行特征及空间聚集性分析[D].兰州：兰州大学，2020.
[15] 王鲁.山东省中小学生健康状况综合评价与空间统计分析研究[D].济南：山东大学，2018.
[16] LEE J，WONG D W S. Statistical analysis with arcview GIS[M]. New York：John Wiley Sons，2001：132-190.
[17] ANSELIN L. Local indicators of spatial association-LISA[J]. Geographical Analysis，1995，27(2)：93-115.
[18] KULLDORFF M，HEFFERNAN R，HARTMAN J，et al. A space-time permutation scan statistic for disease outbreak detection[J]. PLoS Medicine，2005，2(3)：216-224.
[19] KLEINMAN K P，ABRAMS A M，KULLDORFF M，et al. A model-adjusted space-time scan statistic with an application to syndromic surveillance[J]. Epidemiology and Infection，2005，133(3)：409-419.
[20] 殷菲.时空扫描统计量在传染病早期预警中的应用研究[D].成都：四川大学，2007.
[21] 王舟，肖士燕，黄薇，等.深圳市海域麻痹性贝类毒素时空分析[J].中国食品卫生杂志，2017，29(1)：89-92.
[22] STROUP D F，THACKER S B. A bayesian approach to the detection of aberrations in public health surveillance data[J]. Epidemiology，1993，4(5)：435-443.
[23] 中华人民共和国国务院.“十三五”国家食品安全规划[EB/OL].(2017-02-14)[2021-11-15]. http://www.gov.cn/zhengce/content/2017-02/21/content_5169755.htm.
[24] 刘欢.2019年四川省食品监督抽检情况分析[J].现代食品，2020(8)：153-155.
[25] 中华人民共和国农业农村部.中华人民共和国农业部公告 第2292号[EB/OL].(2015-09-01)[2022-02-22]. http://www. moa. gov. cn/nybgb/2015/jiuqi/201712/t20171219_6103873.htm.
[26] 陈明，王冉，魏瑞成，等.市售蜂蜜产品中抗生素残留问题[J].蜜蜂杂志，2013(2)：11-12.
[27] 中华人民共和国国家质量监督检验检疫总局，中国国家标准化管理委员会.蜂王浆：GB 9697—2008[S].北京：中国标准出版社，2008.
[28] 党亚丽，张中健，闫小伟.蜂王浆产品中10-羟基-2-癸烯酸的稳定性比较[J].食品研究与开发，2012，33(7)：5-8.
[29] 郭添荣，张崟，肖全伟，等.2018年四川省食品安全抽检结果分析及防控建议[J].四川农业科技，2020(6)：77-83.
[30] 中华人民共和国国家卫生和计划生育委员会.食品安全国家标准 食品添加剂使用标准：GB 2760—2014[S].北京：国家卫生健康委员会，2014.
[31] 刘立萍，蒋轩，王文敏.2018—2020年广东部分地区白酒中3种甜味剂含量的调查分析[J].现代食品，2021(7)：138-142.
[32] 周浩，张洪伟，朱文斌，等.2015—2018年成都市包装饮用水中铜绿假单胞菌污染情况分析[J].食品安全质量检测学报，2018，9(24)：6586-6589.
[33] 王春霞，邓丽娟，陈鹏杰，等.公共餐(饮)具大肠菌群污染状况及其菌型分析[J].食品研究与开发，2016，37(4)：148-151.
[34] 赵志平，张钰麟，康馨樾，等.防腐剂对常温贮藏冷吃兔中兔肉品质的影响[J].中国调味品，2021，46(12)：27-30.
[35] 四川省市场监督管理局.四川省市场监管局举办桶装饮用水食品安全培训[EB/OL].(2019-09-13)[2022-01-18]. http://scjgj. sc. gov. cn//scjgj/c104475/2019/9/13/f50e8242fd6544a79155f820c640fb50.shtml.
[36] 中华人民共和国农业农村部.中华人民共和国农业农村部公告 第194号[EB/OL].(2019-07-09)[2022-02-22]. http://www.xmsyj.moa.gov.cn/zcjd/201907/t20190710_6320678.htm.

(责任编辑：王　媛)