

doi:10.6041/j.issn.1000-1298.2021.S0.062

基于抽检数据的我国猪肉产品质量安全影响因素分析

陶莎^{1,2} 胡永康^{1,2} 时爽^{1,2} 王玮³ 张璐^{1,2} 任延昭^{1,2}

(1. 中国农业大学信息与电气工程学院, 北京 100083; 2. 农业农村部农业信息化标准化重点实验室, 北京 100083;
3. 石家庄市农林科学研究院, 石家庄 050041)

摘要: 食源性疾病是公共卫生关注的主要问题。根据 2015—2019 年我国猪肉产品抽查数据($n = 22\,340$),开展了一项关于猪肉产品的质量安全隐患分析,评估我国猪肉产品市场的安全状况。结果显示,猪肉产品不合格率从 2015 年的 10.87% 下降到 2019 年的 2.44%,这意味着近年来我国猪肉产品的安全性有了很大提高。通过对影响猪肉产品安全的主要因素进行分析,发现添加剂的检出率为 1.62%,是影响猪肉产品安全的主要因素之一。其次,微生物污染和兽药残留也是影响猪肉产品安全的重要因素,与受季节和温度影响的微生物污染不同,兽药残留水平主要与动物疾病有关。此外,重金属污染虽然只占所有抽样产品的 0.17%,但与其他因素相比,重金属污染与原料养殖环境污染密切相关,可能会在很长一段时间内对食品安全产生持久的影响。

关键词: 猪肉产品; 食品抽查数据; 食品安全; 影响因素

中图分类号: TS251.7 **文献标识码:** A **文章编号:** 1000-1298(2021)S0-0489-07

Analysis of Factors Influencing Quality and Safety of Pork Products from China Based on National Food Spot Check Data

TAO Sha^{1,2} HU Yongkang^{1,2} SHI Shuang^{1,2} WANG Wei³ ZHANG Lu^{1,2} REN Yanzhao^{1,2}

(1. College of Information and Electrical Engineering, China Agricultural University, Beijing 100083, China
2. Key Laboratory of Agricultural Informatization Standardization, Ministry of Agriculture and Rural Affairs, Beijing 100083, China
3. Shijiazhuang Academy of Agricultural and Forestry Sciences, Shijiazhuang 050041, China)

Abstract: Foodborne diseases are of major concern for public health. A study on pork products was undertaken to assess the safety status of pork products in China market based on spot check data of pork products in China from 2015 to 2019 ($n = 22\,340$). The results showed that the percentage of unqualified pork products was decreased from 10.87% in 2015 to 2.44% in 2019 which meant the safety of pork products in China was improved greatly in recent years. According to the statistics on the main factors affecting the safety of pork products, it was found that additives were the main factors affecting the safety of pork products since the detection rate of the additive was 1.62%. It was mainly affected by the type of pork products and the production process. The results also showed that microbial contamination and veterinary drug residues were the main factors affecting the safety of pork products. However, different from microbial contamination, which was affected by season and temperature, the level of veterinary drug residues was mainly related to animal diseases. In addition, heavy metal pollution may have a lasting impact on product safety in a long period of time compared with other factors for it was closely related to environmental pollution of raw material cultivation, although it accounted for only 0.17% of all sampling products.

Key words: pork products; food spot check data; food safety; influence factor

0 引言

猪肉一直是我国肉类消费的主要部分。据国家

统计局数据显示,2018 年猪肉消费占肉类消费总量的 63.4%。作为我国居民餐桌上的主要肉制品,其安全性一直受到关注。食品安全是一个全球性的公

收稿日期: 2021-07-17 修回日期: 2021-09-10

基金项目: 北京市科委科技计划项目(Z191100008619007)

作者简介: 陶莎(1985—),女,副教授,主要从事农产品安全信息管理与智能处理技术研究,E-mail: taosha20070608@163.com

共问题。我国的食品安全状况也并不乐观,比如2008年的三聚氰胺牛奶丑闻^[1],2011年的地沟油犯罪^[2]和莱克多巴胺事件^[3]，“牛肉膏”、“瘦肉精”等肉制品安全事件^[4]相继发生。近年来,我国政府实施了一系列确保食品安全的行动计划,如颁布、实施和修订食品安全法,严厉处罚食品违法行为,召回不合格产品,建立食品追溯体系,实行行政体制改革等,充分发挥国家市场监督管理总局的集中管理职能。

一些研究试图通过分析环境污染来探索当地食品的安全性^[5-6]和食源性疾病^[7],但很少有研究使用国家抽样数据来分析我国肉制品的总体安全性。食品安全抽检由国家 and 地方市场监管机构组织,由食品检验机构按照食品安全标准要求对食品质量进行检验,包括食品包装标识和食品质量指标。此前有学者分析了2016年的全国食品抽查数据,几乎涵盖了市场上所有种类的食品,发现食品添加剂的过度使用、微生物污染和食品质量指标不达标是影响食品安全性的主要因素^[8]。也有学者分析了2017年至2018年的全国抽检不合格报告数据,并将食品与抽检项目关系、抽检地点关系和抽检项目聚类关系分别进行了可视化分析^[9]。但这些研究并不是针对某一种食物,而是整体分析食品安全问题的原因,并且没有对这些年来数据变化进行比较,或者只是对数据进行简单的可视化分析,也没有对趋势进行分析。抽样检验数据对于发现食品安全隐患、筛查食品安全风险具有重要作用。然而,目前抽样检验数据并没有得到很好的利用和分析。

为使我国猪肉产品质量得到进一步提升,制定有效的猪肉安全生产措施,需在全国范围内了解猪肉不合格因素及其来源。本文对2015—2019年我国猪肉产品抽查数据进行收集和分析,以了解我国加强食品安全监管后猪肉产品的安全状况,并对目前影响我国猪肉产品安全的主要因素进行分析。

1 原材料与方法

1.1 数据源

所爬取的抽查数据来源于国家市场监督管理总局网站(<http://sac.nifdc.org.cn/>),其中数据源属性包括食品类别、检测样品数量、食品生产企业及其生产地点、不合格产品数量、不合格产品认定原因等。

1.2 数据采集

使用Python程序模拟用户对网页的操作,实现对抽查数据的抓取。主要流程如图1所示:

(1)程序驱动谷歌Chrome通过webdriver访问

目标网站。Chrome(selenium library中驱动浏览器的方法)通过find_element_by_xpath(selenium library中的元素定位方法)获取食物编号和公司名称,并保存在本地。

(2)该程序将食品编号和公司名称结合生成抽查数据页面的URL,然后通过谷歌Chrome浏览器访问,获取抽查数据的详细信息并保存在本地。

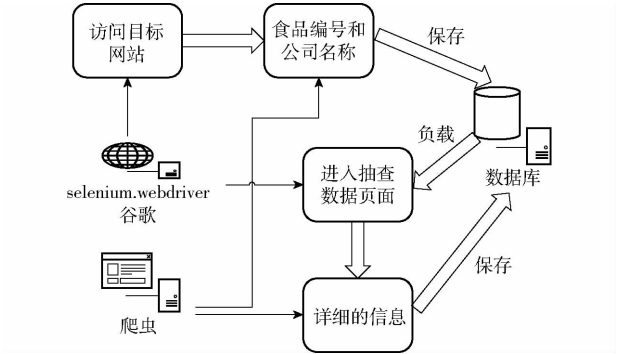


图1 数据爬取工作流程示意图

Fig.1 Data crawl workflow diagram

每个数据记录中包含的属性有:食品编号、食品名称、标称生产企业名称、抽检次数、合格次数、被检验单位名称、被检验单位所在省份、商标、标称生产企业地址、生产日期/批号、规格型号、抽检结果。与合格产品相比,不合格产品的数据记录还包括:检测项目名称、标准值和检测值。

1.3 统计分析

所有统计评估均采用描述性统计和卡方检验,0.05的概率水平被认为具有统计学意义。在Windows上使用IBM SPSS 22.0统计软件进行统计分析。

2 分析与结果

2.1 抽查数据

如表1所示,抽查数据几乎涵盖了我国所有种类的猪肉产品,以及每种猪肉产品抽查的相关项目和类别。污染物检测是一项强制性内容,但各类肉制品的污染物指标各不相同,例如新鲜(冷冻)肉类的抽样检测侧重于兽药残留,各种熟肉产品的抽样监测侧重于食品添加剂,预包装食品抽样监测增加了微生物污染指数。

酸性橙Ⅱ是一种需要进行检测的非法添加剂。酸性橙Ⅱ是一种化学染料,主要用于羊毛、皮革、丝绸、尼龙和纸张的染色,添加到食品中会导致食物中毒,长期食用甚至会导致癌症^[10]。因此,在食品行业中,酸性橙Ⅱ是非食品色素,是被禁止作为食品添加剂使用的。然而,添加酸性橙会使腌肉产品看起来明亮,所以经常被一些生产商非法使用。基于以

表 1 猪肉产品抽查项目
Tab.1 Spot check of pork products

猪肉产品	抽查点	
	类型	项目
干腌肉	理化指标	三甲胺氮含量、过氧化值、n-二甲基亚硝胺含量
	污染物	铅、镉、铬、砷含量
	食品添加剂	亚硝酸盐、苯甲酸及其钠盐、山梨酸及其钾盐、脱氢乙酸及其钠盐、胭脂红含量
	兽药	氯霉素含量
酱汁炖肉	污染物	铅、镉、铬、砷含量
	食品添加剂	亚硝酸盐、苯甲酸及其钠盐、山梨酸及其钾盐、脱氢乙酸及其钠盐、胭脂红、糖精钠含量
	兽药	氯霉素含量
	微生物（仅限于预包装食品）	菌落总数,大肠菌群、沙门氏菌、金黄色葡萄球菌、单核增生李斯特菌含量
	非法添加物	酸性橙Ⅱ含量
烟熏烤肉制品	污染物	铅、镉、铬、砷、苯并芘含量
	食品添加剂	亚硝酸盐、苯甲酸及其钠盐、山梨酸及其钾盐、脱氢乙酸及其钠盐、胭脂红含量
	兽药	氯霉素含量
	微生物（仅限于预包装食品）	菌落总数,大肠菌群、沙门氏菌、金黄色葡萄球菌、单核增生李斯特菌含量
熏煮香肠与火腿制品	污染物	铅、镉、铬、砷含量
	食品添加剂	亚硝酸盐、苯甲酸及其钠盐、山梨酸及其钾盐、脱氢乙酸及其钠盐、胭脂红、糖精钠含量
	兽药	氯霉素含量
	微生物（仅限于预包装食品）	菌落总数,大肠菌群、沙门氏菌、金黄色葡萄球菌、单核增生李斯特菌含量
猪肉罐头	污染物	铅、镉、铬、砷含量
	食品添加剂	苯甲酸及其钠盐、山梨酸及其钾盐、脱氢乙酸及其钠盐、亚硝酸盐、糖精钠含量
	微生物	是否商业无菌
猪肉	理化指标	挥发性碱氮含量
	污染物	铅、镉、砷和汞含量
	兽药	克伦特罗、沙丁胺醇、莱克多巴胺、特布他林、呋喃唑酮代谢物、呋喃妥因代谢物、氯霉素、氟苯尼考、土霉素、恩诺沙星、洛美沙星、培氟沙星、氧氟沙星、诺氟沙星、磺胺、五氯酚酸钠含量
猪肝	污染物	铅、镉、砷和汞含量
		克伦特罗、沙丁胺醇、莱克多巴胺、特布他林、呋喃酮代谢物、呋喃酮代谢物、呋喃西林代谢物、氯霉素、氟苯尼考、土霉素、恩诺沙星、洛美沙星、培氟沙星、氧氟沙星、诺氟沙星、磺酰胺类、五氯酚酸钠、阿莫西林含量
	兽药	
猪肾	污染物	铅、镉、砷和汞含量
		克伦特罗、沙丁胺醇、莱克多巴胺、特布他林、呋喃酮代谢物、呋喃酮代谢物、呋喃西林代谢物、氯霉素、氟苯尼考、多西环素、土霉素、恩诺沙星、洛美沙星、培氟沙星、氧氟沙星、诺氟沙星、磺胺、五氯酚酸钠、阿莫西林含量
	兽药	
猪的头、颈、肠、胃、蹄、耳等副产品	污染物	铅、砷和汞含量
	兽药	克伦特罗、沙丁胺醇、莱克多巴胺、特布他林、呋喃酮代谢物、呋喃酮代谢物、呋喃西林代谢物、氯霉素、土霉素、洛美沙星、培氟沙星、氧氟沙星、诺氟沙星、五氯酚酸钠含量

上原因,酸性橙Ⅱ被列为酱卤肉制品抽样检测的抽样项目之一。

表 2 为 2015—2019 年全国猪肉产品抽查数据。共检出样品 22 340 份,猪肉产品合格率为 85.86% ~ 100%,不同产品类别的合格率差异有统计学意义 ($P<0.05$)。与鲜(冻)肉相比,熟肉产品的不合格率普遍较高。在所有抽样的结果中,烟熏烤肉类产品不合格率最高,其次是烟熏水煮香肠和火腿类产品,所有的猪肉罐头产品都是合格的。

2.2 影响猪肉产品安全的因素

造成产品不合格的因素及各因素所占百分比见表 3。数据记录显示,我国猪肉产品抽样数量逐年增加,但自 2015 年以来不合格率逐年下降。这种现象可能与 2012 年三聚氰胺奶粉事件后我国政府加强食品安全管理措施有关。表 3 中 2015—2019 年的统计数据显示,过度使用食品添加剂、微生物污染和兽药残留是造成我国猪肉产品不合格的主要因素。其中,食品添加剂的过度使用占不合格总因素

表 2 各类猪肉产品的不合格率

Tab.2 Unqualified rate of all kinds of pork products			
猪肉产品	检验样品	不合格样	不合格率/
	数量	品数量	%
干腌肉	2 102	154	7. 33
酱汁炖肉	5 122	317	6. 19
烟熏烤肉制品	403	57	14. 14
熏煮香肠与火腿制品	3 825	335	8. 75
猪肉罐头	165	0	0
猪肉	7 409	123	1. 66
猪肝	724	30	4. 14
猪肾	810	9	1. 11
猪的头、颈、肠、胃、蹄、耳等	1 780	17	0. 96
副产品			
总计	22 340	1 042	4. 66

的 1.62%,成为猪肉产品不合格的首要原因。在所有食品添加剂中,亚硝酸盐的检出率最高,呈上升趋势,其次是防腐剂和着色剂。2016 年前后,防腐剂检出率达到峰值,之后呈下降趋势。从表 4 的数据还可以看出,胭脂红是主要的颜色滥用类型,在

2015—2019 年的相同年份内,甜味剂的检出率低于防腐剂、着色剂。

微生物污染问题是不合格产品的第二大原因,占总不合格产品的 1.44%,见表 3。其中菌落总数和大肠菌群总数占不达标微生物样品总数的 96.26%,表明这两个参数是微生物检测的重要指标,见表 5。此外,近几年,也有少量的产品被沙门氏菌、李斯特菌、金黄色葡萄球菌等致病菌所污染。对当年 4 个季度微生物超标的猪肉产品数量进行对比分析,结果显示:第 2 季度和第 3 季度的微生物不合格样品占当年总不合格样品的77.57%;说明微生物繁殖与环境温度密切相关。

由表 3 可知,兽药残留是造成产品不合格的第三大原因。根据 2015—2019 年我国猪肉产品兽药残留超标情况详细统计(表 6),虽然猪肉产品中兽药残留超标的总体情况逐年好转,但不同类别的兽药残留超标比较存在显著差异。由于近年来合成抗生素和抗生素的广泛使用,检测出的样品中含有超

表 3 2015—2019 年猪肉产品安全影响因素数量及所占百分比

Tab.3 Influencing factors and percentage of pork product safety from 2015 to 2019						
因素	2015 年 (n = 1 012)	2016 年 (n = 3 250)	2017 年 (n = 4 570)	2018 年 (n = 7 102)	2019 年 (n = 6 406)	总计 (n = 22 340)
非食品物质的检测	0 (0)	0 (0)	0 (0)	0 (0)	0 (0)	0 (0)
过度使用食品添加剂	22 (2.17%)	66 (2.03%)	73 (1.60%)	123 (1.73%)	79 (1.23%)	363 (1.62%)
兽药残留	20 (1.98%)	46 (1.42%)	53 (1.16%)	58 (0.82%)	43 (0.67%)	220 (0.98%)
金属元素污染	9 (0.89%)	14 (0.43%)	8 (0.18%)	5 (0.07%)	3 (0.05%)	39 (0.17%)
食物质量指标差	17 (1.67%)	44 (1.35%)	11 (0.24)	16 (0.23%)	11 (0.17%)	99 (0.44%)
微生物污染	42 (4.15%)	64 (1.96%)	116 (2.53%)	79 (1.11%)	20 (0.31%)	321 (1.44%)
总计	110(10.87%)	234 (7.2%)	261 (5.71%)	281 (3.96%)	156 (2.44%)	1024 (4.66%)

表 4 各类食品添加剂造成的不合格样品数量及百分比

Tab.4 Percentage of unqualified samples caused by various food additives							
类别	名称	2015 年 (n = 22)	2016 年 (n = 66)	2017 年 (n = 73)	2018 年 (n = 123)	2019 年 (n = 79)	总计 (n = 363)
防腐剂	苯甲酸	3 (13.64%)	11 (16.67%)	1 (1.37%)	2 (1.63%)	0 (0)	17 (4.68%)
	山梨酸	4 (18.18%)	22 (33.33%)	15 (20.55%)	16 (13.01%)	12 (15.19%)	69 (19.01%)
	防腐剂超标	1 (4.55%)	2 (3.03%)	11 (15.07%)	7 (5.69%)	0 (0)	21 (5.79%)
	无水醋酸	0 (0)	1 (1.52%)	4 (5.48%)	2 (1.63%)	2 (2.53%)	9 (2.48%)
	总和	8 (36.36%)	36 (54.55%)	31 (42.47%)	27 (21.95%)	14 (17.72%)	116 (31.96%)
颜色固定剂	亚硝酸盐	11 (50.00%)	23 (34.85%)	32 (43.84%)	68 (55.28%)	59 (74.68%)	193 (53.17%)
	总和	11 (50.00%)	23 (34.85%)	32 (43.84%)	68 (55.28%)	59 (74.68%)	193 (53.17%)
甜味剂	环己基氨基磺酸	1 (4.55%)	1 (1.52%)	0 (0)	0 (0)	0 (0)	2 (0.55%)
	糖精钠	0 (0)	1 (1.52%)	0 (0)	0 (0)	1 (1.27%)	2 (0.55%)
	总和	1 (4.55%)	2 (3.03%)	0 (0)	0 (0)	1 (1.27%)	4 (1.10%)
着色剂	胭脂红	1 (4.55%)	3 (4.55%)	9 (12.33%)	28 (22.76%)	5 (6.33%)	46 (12.67%)
	柠檬黄	0 (0)	0 (0)	1 (1.37%)	0 (0)	0 (0)	1 (0.28%)
	日落黄	0 (0)	1 (1.52%)	0 (0)	0 (0)	0 (0)	1 (0.28%)
	诱惑红	1 (4.55%)	0 (0)	0 (0)	0 (0)	0 (0)	1 (0.28%)
	苋属植物	0 (0)	1 (1.52%)	0 (0)	0 (0)	0 (0)	1 (0.28%)
	总和	2 (9.09%)	5 (7.58%)	10 (13.70%)	28 (22.76%)	5 (6.33%)	50 (13.77%)

表 5 2015—2019 年中国猪肉产品微生物污染情况

Tab. 5 Microbial contamination of pork products in China from 2015 to 2019

因素	2015 年 (<i>n</i> = 42)	2016 年 (<i>n</i> = 64)	2017 年 (<i>n</i> = 116)	2018 年 (<i>n</i> = 79)	2019 年 (<i>n</i> = 20)	总计 (<i>n</i> = 321)
菌落总数	25 (59.52%)	48 (75.00%)	102 (87.93%)	70 (88.61%)	17 (85.00%)	262 (81.62%)
大肠杆菌	16 (38.10%)	13 (20.31%)	10 (8.62%)	6 (7.59%)	3 (15.00%)	47 (14.64%)
沙门氏菌	0 (0)	1 (1.56%)	3 (2.59%)	0 (0)	0 (0)	4 (1.25%)
李斯特菌	0 (0)	0 (0)	0 (0)	2 (2.53%)	0 (0)	2 (0.62%)
金黄色葡萄球菌	1 (2.38%)	0 (0)	0 (0)	0 (0)	0 (0)	1 (0.31%)
其它	0 (0)	2 (3.13%)	1 (0.86%)	1 (1.27%)	0 (0)	4 (1.25%)

表 6 2015—2019 年存在兽药残留不合格猪肉产品数量及百分比

Tab. 6 Number and percentage of pork products with unqualified veterinary drug residues from 2015 to 2019

类别	兽药名称	2015 年 (<i>n</i> = 20)	2016 年 (<i>n</i> = 46)	2017 年 (<i>n</i> = 54)	2018 年 (<i>n</i> = 57)	2019 年 (<i>n</i> = 43)	总计 (<i>n</i> = 220)
人工合成的抗菌药物	磺胺类药	3 (15.00%)	5 (10.87%)	11 (20.37%)	8 (14.04%)	13 (30.23%)	40 (18.18%)
	恩诺沙星	0 (0)	2 (4.35%)	4 (7.41%)	7 (12.28%)	7 (16.28%)	20 (9.09%)
	喹乙醇代谢物	3 (15.00%)	0 (0)	1 (1.85%)	1 (1.75%)	0 (0)	5 (2.27%)
	呋喃	2 (10.00%)	5 (10.87%)	4 (7.41%)	2 (3.51%)	1 (2.33%)	14 (6.36%)
	氧氟沙星	0 (0)	0 (0)	0 (0)	2 (3.51%)	4 (9.30%)	6 (2.73%)
	总和	8 (40.00%)	12 (26.09%)	20 (37.04%)	20 (35.09%)	25 (58.14%)	85 (38.64%)
抗生素	强力霉素	0 (0)	1 (2.17%)	0 (0)	1 (1.75%)	2 (4.65%)	4 (1.82%)
	氧四环素	0 (0)	2 (4.35%)	1 (1.85%)	0 (0)	1 (2.33%)	4 (1.82%)
	氟苯尼考	0 (0)	0 (0)	1 (1.85%)	1 (1.75%)	1 (2.33%)	3 (1.36%)
	氯霉素	4 (20.00%)	5 (10.87%)	19 (35.19%)	19 (33.33%)	10 (23.26%)	57 (25.91%)
	总和	4 (20.00%)	8 (17.39%)	21 (38.89%)	21 (36.84%)	14 (32.56%)	68 (30.91%)
瘦肉精	莱克多巴胺	3 (15.00%)	17 (36.96%)	3 (5.56%)	2 (3.51%)	1 (2.33%)	26 (11.82%)
	舒喘灵	4 (20.00%)	5 (10.87%)	9 (16.67%)	2 (3.51%)	1 (2.33%)	21 (9.55%)
	瘦肉精	0 (0)	1 (2.17%)	0 (0)	9 (15.79%)	2 (4.65%)	12 (5.45%)
	非诺特罗	1 (5.00%)	0 (0)	0 (0)	0 (0)	0 (0)	1 (0.45%)
	总和	8 (40.00%)	23 (50.00%)	12 (22.22%)	13 (22.81%)	4 (9.30%)	60 (27.27%)
镇静剂	氯丙嗪	0 (0)	3 (6.52%)	1 (1.85%)	3 (5.26%)	0 (0)	7 (3.18%)

标抗生素的百分比从 2015 年的 60.00% 上升到 2019 年的 90.70%。从表 6 可以看出,氯霉素的添加非常严重,但由于氯霉素的毒性和副作用,我国早在 2000 年就将氯霉素从《中国兽药典》中删除并将其列为禁药。此外,国家市场监督管理总局规定了动物源性食品中兽药的最大残留限量,明确禁止使用氯霉素,在动物性食品中不允许被检测到^[11]。在这样严格的限制下,氯霉素凭借其价格低、见效快等特点,仍然会被农民非法使用。在 2019 年所有兽药残留不合格样品中,氯霉素含量不合格样品的百分比达到 23.26%。我国相关监管部门自 2016 年起采取“禁止使用瘦肉精”专项整治措施,2017 年以来检测到的瘦肉精数量有了明显的降低。

食品质量指标差和金属元素污染也是产生不合格产品的重要原因,主要由于原材料生产、储存和运输过程中管理不善。例如,在肉制品的生产、储存或运输过程中,温度和时间控制不佳导致高酸值,部分

地区的水体和土壤存在重金属污染,并通过种植和养殖进入食物链。

3 讨论

猪肉产品安全与产地、工艺和食用材料密切相关。由于产地的地域气候、产品类型和风俗习惯,我国的猪肉产品在很长一段时间内发展出了多种风味。在制作这些类别的过程中,追求独特风味往往会有意无意地造成食品污染,例如,亚硝酸盐超标问题在卤肉制品中尤为显著。文献[12]调查研究发现,山西省经常使用亚硝酸盐制作酱卤肉、腌肉、烟熏烤肉和火腿等各种猪肉食品,因为亚硝酸盐能够让酱汁炖肉制品产生独特的风味,在抑菌、显色和抗氧化作用上也有很好的效果。该团队共检测了 165 份肉制品样品,发现亚硝酸盐的平均检出率为 83.6%,平均超标率为 2.42%。酱卤肉制品的亚硝酸盐超标率为 2.67%,显著高于烟熏烤肉制品的

1.74%、腌肉制品的1.19%和烟熏香肠火腿制品的0.52%。

重金属残留量是影响食品安全的另一个重要指标,重金属主要是在生产原料和食品加工的过程中产生的。例如,我国最常用的食用材料是猪的内脏,在2015—2019年肉制品安全抽样检查数据中,内脏食品抽样3 038例,其中重金属超标的样品百分比为0.59%,显著高于非内脏食品的0.11%。这一结论与不同重金属在不同动物器官中积累的差异有关。文献[13]分析了动物体内某些重金属的积累水平,发现肾脏、肝脏、脾脏和心脏的重金属含量最高。根据相关研究,铜、锌、镉和铅在肝脏中高于肌肉组织;汞在肾脏的残留量是最高的,其次是在肝脏和相对较少的肌肉^[14-17]。

猪肉产品中重金属残留的主要原因是生猪养殖区的环境污染,以及原料管理不善和生产过程中金属元素从设备向食品的迁移。有学者对我国不同地区的不同农场、批发市场、自由市场和超市的不同畜禽肉类的重金属检测结果进行了比较分析。有研究发现,西南地区畜禽肉类中铅、镉、铬、汞、砷的污染水平高于其他地区^[18]。其原因是这些省份具有丰富的铁、铜、锰、镍、锌、铅、锑等有色金属矿床,许多金属冶炼厂也建在矿区附近。采矿过程中产生的尾矿和矿渣中含有大量的重金属,雨水冲刷后进入土壤和地下水,从而造成重金属污染。据国家统计局发布的统计数据和其他相关数据,重金属如铜、铅、锌、镉、铬和镍在空气和污泥主要分布在京津冀地区、环渤海地区和珠江三角洲地区;而北方则是砷、汞含量较高。土壤重金属含量最高的地区为西南地区,其次为广东省、广西壮族自治区和辽宁省^[19]。

分别对不同省份计算了2015—2019年重金属采样检测数据,结果如表7所示。导致猪肉产品超标的主要重金属是镉、铬、铅和砷,云南、河北、福建、贵州、新疆等省区超标率较高。其中云南、贵州属于

西南地区,与我国重金属污染的空间分布基本一致。

表 7 不同产地猪肉制品重金属超标样本数量
Tab.7 Heavy metal content in pork products from different origins

省份	检验样品数量	重金属超标样品数量	不合格率/%
云南	206	3	1.46
河北	232	2	0.86
福建	240	2	0.83
贵州	1 166	7	0.60
新疆	733	4	0.55
江西	423	2	0.47
上海	497	2	0.40
广西	351	1	0.29
广东	1 129	3	0.27
甘肃	805	2	0.25
四川	1 458	3	0.21
北京	599	1	0.17
浙江	650	1	0.15
重庆	1 365	2	0.15
湖南	780	1	0.13
吉林	896	1	0.11
山东	2 124	2	0.09

与重金属和添加剂相比,猪肉产品中的兽药含量受动物疾病的影响,在动物疫情发生之前所指定的兽药限量值很可能在短时间内被取消并重新指定限量值。2018年8月3日,辽宁省沈阳市出现首例非洲猪瘟病例,截至2019年3月20日,疫情已迅速蔓延至河南、江苏、浙江、安徽、黑龙江、内蒙古、吉林、天津、山西、云南、湖南、贵州、广东、广西等28个省份79个城市,共暴发110次(包括3头野猪),死亡生猪100多万头,造成直接经济损失达数十亿元。为研究传染病对食品安全的影响,本文分为2017年8月3日至2018年8月2日(周期1)和2018年8月3日至2019年8月2日(周期2)两个采样周期。在抽样期间,对抗生素和抗菌药物超标准使用情况进行统计分析。分类如下:Ⅰ级($k \leq 3$),Ⅱ级($3 \leq k \leq 6$),Ⅲ级($6 \leq k \leq 9$),Ⅳ级($k \leq 9$),其中 k 为超标倍数,即检测值与标准值比值。结果如表8所示。

表 8 非洲猪瘟发生前后猪肉产品兽药超标情况
Tab.8 Situation of veterinary drug exceeding standard in pork products before and after outbreak of African swine fever

周期	等级Ⅰ	等级Ⅱ	等级Ⅲ	等级Ⅳ	总和	超标倍数平均值
1	8(72.73%)	2(18.18%)	1(9.09%)	0(0)	11	3.23
2	6(20.00%)	8(26.67%)	10(33.33%)	6(20.00%)	30	6.76

卡方检验是统计样本的实际观测值与理论推断值之间的偏差程度。实际观测值与理论推断值的偏差程度决定了卡方值的大小。卡方值越大,两者的偏离程度越大;否则,两者的偏差较小;如果两个值完全相等,则卡方值为零,说明理论值完全一致^[20]。

使用卡方检验来测量周期1和周期2的偏差。卡方检验统计量为 $\chi^2 = 10.75, P < 0.05$ 。结果表

明,抽样周期与兽药过度使用之间存在显著的统计学相关性,等级Ⅰ比重下降、等级Ⅱ、等级Ⅲ和等级Ⅳ比重上升。超标倍数平均值由3.23提高到6.76,增幅为109.29%。这表明,受非洲猪瘟影响,养猪户增加了抗菌药物和抗生素的使用,这直接增加了猪肉产品中兽药的残留。

近年来,我国政府为保障食品安全付出了巨大

努力,在 2009 年实施了《食品安全法》,2015 年首次修订《食品安全法》。2017 年,国家食品药品监督管理局在全国范围内抽样检测 233 300 批样品,总体平均抽样合格率 97.6%,比 2014 年提高 2.9 个百分点,具有显著的统计学意义。

4 结束语

猪肉产品的安全性正逐年提高,猪肉产品不合格率由 2015 年的 10.87% 下降到 2019 年的 2.44%,这是我国政府对食品安全问题的持续关注

和管理措施的不断制定和实施的结果。过量使用添加剂、微生物污染和兽药残留仍是影响猪肉产品安全的主要因素,添加剂问题主要与生产过程有关,与受季节和温度影响的微生物污染相比,值得关注的是兽药残留不合格样品数量将在相对较短的时间内迅速达到峰值,其原因主要与动物疾病有关。此外,虽然重金属污染仅占有所有抽样产品的 0.17%,但它与原料养殖的环境污染密切相关,因此与其他因素相比,重金属污染可能会对产品的安全产生持久影响。

参 考 文 献

[1] PEI X, TANDOM A, ALLDRICK A, et al. The China melamine milk scandal and its implications for food safety regulation[J]. Food Policy, 2011, 36(3):412-420.

[2] SONG Y, XUEMEI L I, ZHANG L. Food safety issues in China[J]. Iranian Journal of Public Health, 2014, 43(9):1299-1300.

[3] ZHANG X, ZHAO H, YING X, et al. Colorimetric sensing of clenbuterol using gold nanoparticles in the presence of melamine [J]. Biosensors & Bioelectronics, 2012, 34(1):112-117.

[4] 张红梅. 我国食品安全监管研究[D]. 郑州:郑州大学,2012.

[5] ZHANG X, ZHONG T, LEI L, et al. Impact of soil heavy metal pollution on food safety in China[J]. Plos One, 2015, 10(8):e0135182.

[6] LU Y, SONG S, WANG R, et al. Impacts of soil and water pollution on food safety and health risks in China[J]. Environment International, 2015, 77:5-15.

[7] XUE J, ZHANG W. Understanding China's food safety problem: an analysis of 2387 incidents of acute foodborne illness[J]. Food Control, 2013, 30(1):311-317.

[8] LIU A, SHEN L, TAN Y, et al. Food integrity in China: insights from the national food spot check data in 2016[J]. Food Control, 2017, 84:403-407.

[9] 杨璐,张馨月,郑丽敏. 挖掘数据关系的食品抽检数据可视化分析图研究[J]. 农业机械学报, 2019, 50(6): 272-279. YANG Lu, ZHANG Xinyue, ZHENG Limin. Visual analysis graph research of food sampling data based on mining data relationship[J]. Transactions of the Chinese Society for Agricultural Machinery, 2019, 50(6):272-279. (in Chinese)

[10] 张凯. 酸性橙标准品的定性分析[J]. 食品安全导刊,2020(11):78-79.

[11] 李富根,廖先骏,朴秀英,等. 2021 版食品中农药最大残留限量国家标准(GB 2763)解析[J]. 现代农药,2021,20(3): 7-12.

[12] WANG L, WANG W J, HAO X H, et al. Detection and analysis of nitrites in the meat product[J]. Chinese Journal of Health Laboratory Technology, 2012, 22(5):1143-1144,1146.

[13] TUDOR L, MITRANESCU E, FURNARIS F, et al. The level of some heavy metals accumulation in animals reared in central area of Romania[J]. Bulletin of University of Agricultural Sciences and Veterinary Medicine Cluj-Napoca. Animal Science and Biotechnologies, 2009, 66(1-2):364-367.

[14] MAXIMINO H B. Cupper in animal tissues[J]. Nacameh, 2010, 4(Supp.): S1-S13.

[15] LE H, DEMETER I, HOLLÓS-NAGY K, et al. Pixe measurement of the cadmium content in animal tissues[J]. International Journal of Pixe, 1992, 2(3):397-403.

[16] SATO I, TSUJIMOTO T, YAMASHITA T, et al. A survey on contamination with cadmium, thallium and lead in wild fauna [J]. Journal of the Japan Veterinary Medical Association, 2007, 60(10):733-737.

[17] GERMANO A, RIBEIRO, et al. Development and validation of a method for the determination of Hg in animal tissues (equine muscle, bovine kidney and swine kidney, and poultry muscle) by direct mercury analysis (DMA) [J]. Microchemical Journal, 2015, 121:237-243.

[18] WANG Y J, TAO H, CHEN K, et al. Safety assessment and distribution characteristics of heavy metal pollutants in livestock and poultry meat from different regions of China[J]. Asian Agricultural Research, 2019, 11(1):76-82.

[19] 2020 中国统计年鉴[J]. 统计理论与实践, 2021(1):2.

[20] SHARPE D. Your chi-square test is statistically significant: now what? [J]. Research Evaluation, 2015, 20(8):1-10.