

食品安全标准及监督管理

我国肉制品食品安全风险现状及监管建议

闵宇航,刘美,何绍志,王涛,余晓琴

(四川省食品检验研究院,国家市场监督管理总局重点实验室白酒监管技术,四川成都 611731)

摘要:我国是肉制品生产和消费大国,肉制品质量安全关系着经济发展和人民的健康。肉制品产业链较长,涉及到养殖、屠宰、加工、运输、销售等多个环节,每个环节都会存在质量安全风险,这就造成了肉制品中安全风险的多样性,影响因素的复杂性。本文以各机构抽检监测数据和生产工艺为基础,系统地分析了肉制品的化学性、物理性和生物性风险及其成因,梳理了我国肉制品监管存在的问题。针对肉制品中存在的食品风险和监管问题,提出了监管技术创新的探讨,旨在优化监管资源,扩大监管范围,提高监管效能,保障肉制品的质量安全,促进行业的健康发展。

关键词:肉制品;安全风险;监管建议

中图分类号:R155

文献标识码:A

文章编号:1004-8456(2023)01-0113-07

DOI:10.13590/j.cjfh.2023.01.017

Food safety risks and supervision suggestions of meat products in China

MIN Yuhang, LIU Mei, HE Shaozhi, WANG Tao, YU Xiaoqin

(Sichuan Institute of Food Inspection, Key Laboratory of Baijiu Supervising Technology for State Market Regulation, Sichuan Chengdu 611731, China)

Abstract: Because of the large production and consumption of meat products in China, the food safety of meat products is related to the development of national economy and people's health. The industrial chain of meat production includes breeding, slaughtering, processing, transportation and sales. The safety risks may exist in all parts of the industrial chain. It brings the safety risks diversity and complexity. The chemical, biological and physical risks of meat products and the causes of these risks are analyzed based on sampling data and processing technologies. The weaknesses of the supervision are summarized. The discussion on the technological innovation in supervision is proposed taking into account the risks and weaknesses in meat products. The technological innovation aims to optimize regulatory resources, expand regulatory scope, improve regulatory efficiency, ensure food safety and promote the development of meat industry.

Key words: Meat products; safety risks; supervisory suggestions

我国是肉制品生产和消费大国。根据国家统计局数据显示,2016—2021年,我国的肉类产量分别为8 628.33、8 654.43、8 624.63、7 758.78、7 748.38、8 887.00万吨,稳居世界第一^[1]。国家统计局编制的2020年中国统计年鉴的数据显示,我国居民人均肉制品消费量从2013—2020年分别为25.6、25.6、26.2、26.1、26.7、29.5、26.9、24.8 kg^[2]。

肉制品质量是保障肉制品行业健康平稳发展的重要基石,贯穿于肉制品的生产、加工、销售

等各个环节。国家市场监督管理总局发布的全国食品抽检数据显示,2018—2021年上半年,肉制品的抽检不合格率分别为1.99%(2 559/128 316)^[3-6]、1.49%(2 490/167 409)^[7-9]、1.26%(2 224/177 072)^[10]、1.44%(866/59 931)^[11]。梳理肉制品食品安全风险和做好监管工作十分重要。

1 我国肉制品食品安全风险类型

1.1 化学性风险

1.1.1 兽药残留

目前我国的畜禽养殖中面临着养殖密度过大、环境卫生差、畜禽疫病多样化的难题,造成了养殖户盲目用药、过量用药等问题^[12-13]。

抗生素类药物是肉制品及畜禽肉中常见的兽药,主要有喹诺酮类、磺胺类、氯霉素类、硝基咪唑

收稿日期:2021-12-28

基金项目:四川省市场监督管理局科技计划项目(SCSJS2022005)

作者简介:闵宇航 男 工程师 研究方向为食品检测与分析

E-mail:minyuhang1@126.com

通信作者:余晓琴 女 高级工程师 研究方向为食品检测与分析

E-mail:113343838@qq.com

类等^[14-15]。农业农村部在2021年发布的《农产品质量安全简报第5期》通报畜禽产品恩诺沙星不合格率为24.03%,氧氟沙星不合格率为7.47%,磺胺类兽药不合格率为11.71%,硝基咪唑类、四环素类、氯霉素以及甲硝唑类不合格率分别为4.73%、3.11%、2.37%、2.24%^[16]。

β -受体激动剂可以分解脂肪并抑制脂肪沉积^[17],促进其肌肉纤维的生长^[18]、提高瘦肉率^[19]。《农产品质量安全简报第5期》通报牛肉、羊肉的 β -受体激动剂不合格率为10.46%^[16]。对济南市397批次畜肉进行监测, β -受体激动剂超标率达到了20.15%,其中克伦特罗超标率为15.62%;牛、羊肉的检出率远高于猪肉,分别为30.12%和29.41%;内脏的样品的检出率明显高于肌肉样品^[20]。

1.1.2 农药残留

肉及肉制品中常见的农药残留主要为有机磷和有机氯农药,主要来源于两方面,一方面是经过食物链和生物富集作用聚集在动物的脂肪组织^[21-22],另一方面是不法厂家生产反季节火腿、腊肉等肉制品时,喷洒敌敌畏或者敌百虫来灭鼠驱虫和防止食材腐败变质^[23-24]。

2013年,全国9省的863份腌腊肉有机磷农药总检出率为4.40%,以敌敌畏检出率最高,为4.17%,敌百虫和三唑磷次之,分别为2.34%和1.97%,9个省份中以云南省的检出率最高,达到了24.27%,采样环节以农贸市场的检出率最高,达到了8.19%^[25]。

1.1.3 食品添加剂

肉制品中超量、超范围使用食品添加剂的情况较为普遍,其中散装肉制品尤为突出。相较于预包装肉制品,散装肉制品的生产者多为个体经营户,多而散的特点使得监管难度较大。

2016—2019年9月,分析全国抽检的190308批次肉制品数据,食品添加剂不合格样品占总体不合格样品的31.75%,不合格指标主要有亚硝酸盐、山梨酸、苯甲酸、人工合成着色剂^[26]。对重庆市763份肉制品亚硝酸盐进行监测,亚硝酸盐超标率为2.62%;腌腊肉及肠类的检出率显著高于其他肉制品;熟肉制品中超标的样品均来自于个体经营户^[27]。散装熟肉制品中违规添加防腐剂的情况以夏季最为明显,宁波市6月份的散装熟肉制品中的苯甲酸、山梨酸和脱氢乙酸的检出率分别为9.93%、11.26%和5.96%^[28]。广西壮族自治区810批次酱卤肉制品中的合成着色剂总体检出率为13.58%;以柠檬黄、胭脂红和日落黄最为突出,检出率分别为69.09%、27.27%和21.82%;主要存在于

农贸市场和菜市场^[29]。

1.1.4 重金属

肉制品中的重金属一方面来自于环境污染,动物饲料和饮水中重金属含量增加,导致畜禽体内残留量升高;另一方面来自于肉制品生产加工、贮藏、运输过程中使用的金属器械、管道、容器和包装材料等。根据重金属对人体危害性程度,肉及肉制品中监控的重金属污染元素主要有铅、镉、铬、汞和砷。

对2015—2017年我国各地区共计10500份畜禽肉样本中的铅、镉、铬、汞及砷的含量进行监测,超标率依次为1.61%、1.31%、1.87%、1.03%和0.70%;猪、牛、羊、鸡、鸭的重金属超标率依次为7.00%、4.90%、5.86%、8.14%和6.71%;西南地区畜禽肉中铅、镉、铬及汞的污染水平高于其他地区,东北地区的砷污染高于其他地区^[30]。对广州市879份畜禽肉样品中的铅、镉含量进行检测,铅、镉的超标率分别为5.46%和2.58%^[31]。贵阳市市售的330份熟肉制品中铅和汞的超标率分别为7.27%和3.94%^[32]。

1.1.5 加工过程产生的化学危害物

亚硝胺类化合物可以引发人体细胞癌变和畸变^[33]。肉制品中的亚硝胺类化合物主要来源有两个,一是亚硝酸盐的添加量^[34],二是肉制品的加工工艺,如油炸、煎炸的等高温加工方式可以使亚硝胺的含量明显增加^[35-36]。广东地区腊肠的亚硝胺的检测结果显示,N-二甲基亚硝胺、N-亚硝基二丁胺、N-亚硝基吗啉的检出率均达到了100%,N-二甲基亚硝胺的超标率达到了15.00%^[37]。

多环芳烃类化合物是食品中的一类具有强致癌性的污染物,其中苯并[α]芘毒性最强,也是食品中多环芳烃产生的主要标志物质。熏烤肉制品中多环芳烃的污染最为突出,影响因素主要包括工艺条件、烟熏木料种类以及原料肉^[38]。江苏省418批次熏烤肉制品4种多环芳烃(苯并[α]芘、苯并[α]蒽、苯并[b]荧蒽以及1,2-苯并菲)的检出率达到了86.12%^[39]。

杂环胺类化合物是肉制品在经过高温加热处理后,产生的一类致癌、致突变的芳香族化合物^[40]。不同的热加工方式形成肉制品中的杂环胺类化合物的含量不同的最主要因素,比较烤制、熏制和炸制的加工方式,炸制热加工方式形成的杂环胺的含量最高,并随加工温度升高而增加^[41]。烤羊肉中的杂环胺含量可达到246.5 ng/g,2-氨基-1-甲基-6-苯基咪唑并[4,5-b]-吡啶含量占到了60.75%^[42]。烘烤的鸡肉、猪肉、牛肉中的杂环胺含量可分别达到

352.84、219.43、14.10 ng/g^[43]。

1.2 生物性风险

1.2.1 微生物污染

肉制品中生产加工、运输、贮存过程中都可能受到微生物的污染。2016—2019年全国抽检的190308批次肉制品中微生物不合格样品占总体不合格样品的55.19%，不合格指标菌落总数、大肠菌群、单核细胞增生李斯特氏菌、沙门氏菌和金黄色葡萄球菌^[26]。吉林省9274份肉与肉制品中10种致病菌的总检出率为3.95%，单核细胞增生李斯特氏菌、金黄色葡萄球菌、沙门氏菌检出率最高，分别为9.41%、5.51%和1.47%，其中调理肉制品的致病菌检出率最高，达到了13.04%^[44]。

1.2.2 动物疫病

动物疫病主要有口蹄疫、非洲猪瘟、禽流感、狂犬病等。肉制品中动物疫病的风险主要来自于采购病肉、劣肉、腐败肉或者没有检疫合格证明和肉品质检验合格证明的肉作为企业的原料肉。发酵肉制品和生食肉制品由于没有加热工艺，疫病风险会更高。青海省主要动物疫病监测结果显示，非洲猪瘟的阳性率达到0.83%，高致病性猪蓝耳病阳性率为0.63%，高致病性禽流感、新城疫、口蹄疫的检测结果为阴性^[45]。

1.3 物理性风险

肉制品中物理性风险主要来自于原辅料带入；生产加工过程引入；在修整、分割、切片过程中刀具等金属工具可能崩碎，进入肉制品中；原料肉、半成品、成品接触的设备与器具部分材料脱落，从而引入金属、不锈钢、橡胶等异物；由工作人员引入，由进入生产现场的人员直接或间接接触原辅料、设备和器具、包装或未包装的产品而造成^[46-47]。

2 我国肉制品监管存在的问题

2.1 检测技术薄弱

原料肉品质是决定肉制品质量的一个关键因素，我国对肉类品质的检测还多以感官评定为主，缺乏先进检测技术的支撑。肉制品的抽检多以单一或少量有害组分的“靶向”监管为主，而在有害物的“非靶向”高通量筛查技术上，还存在前处理通用性差，筛查数据库较小、数据智能化处理水平较低等问题。在未知有害成分的分析方面，没有形成稳定通用的体系。在掺杂掺假方面，基于液相色谱串联高分辨质谱的代谢组学分析技术尚停留在研究阶段，存在实验样本有限、建模分析难度大、标准物是否准确等问题^[48]。肉制品中常用的动物源性成分鉴定的PCR技术，目前只能做到痕量的定性检

测，无法完成准确的定量分析，无法排除由于生产线污染、运输、销售等过程中造成的交叉污染而带来的假阳性问题^[49]。

2.2 食品安全追溯体系不完善

食品安全追溯体系可以详细的记载食品生产链条上各环节的信息，发生食品安全事故时，能第一时间找出问题环节，明确责任人，快速精准地召回问题产品。目前食品安全追溯体系不够完善，主要是由于政府投入有限，无法保证追溯系统的全面覆盖和可持续运行；部分关键数据采集不到；企业出于成本、效率和商业保密的角度出发，缺乏参与的动机和积极性^[50]。

2.3 监管风险分级评价技术单一

适用于肉制品风险分级有定量分析模型iRISK系统、风险矩阵方法、BP(back propagation)神经网络以及其他各种大数据挖掘方法^[51-52]。目前我国肉制品安全风险等级评价技术不够完善，模型数据量不够大，造成分级结果缺乏代表性；评价模型里的风险指标的选择和权重分析可能存在一定的主观性；评价模型里采集的数据质量较低，不能描述所有环节的风险指标，造成评价方法的覆盖面不够；评价数据的滞后性，造成评价方法的时效性较差；肉制品品种、工艺的多样性，造成评价方法的精准度不够。

2.4 监管主体单一

我国肉制品行业中小企业数量庞大，分布很广，生产的流动性和隐蔽性很强，仅靠政府作为单一的监管主体对其实施全面监管，很难监管到位。目前肉制品监管中社会力量的参与度较低，行业协会、新闻媒体和广大的消费者主动配合政府进行监管的意识不强。

3 对我国肉制品监管的建议

3.1 发展检测新技术

肉制品中指标检测需要从定向检测转变为非定向大通量的筛查。建议采用新型的技术，净化材料采用通用的前处理方法，结合质谱技术，做到对肉制品中农兽药残留等危害物的高效大通量的筛查^[53-54]。在非靶向筛查技术的基础上，建议研究各类化合物的质谱裂解规律^[55-56]，建立未知风险化合物系统的鉴定体系，增强肉制品中未知风险的发现和确证能力。

发展肉制品中原料肉品质的快速无损分析技术，从源头提升肉制品品质。计算机视觉系统(Computer vision system, CVS)可形成一套肉类品质的快速分析系统，用于肉色、肌内脂肪含量、嫩度和

背膘厚度等品质指标检查,做到对肉品的快速分级和缺陷检测^[57]。

进一步研究发展代谢组学结合核磁共振波谱和质谱技术,在肉制品样本中分析尽可能多的代谢物,以获得更为全面的非靶向代谢指纹,用于检测不同肉类样本之间代谢物的差异,建立肉制品掺杂掺假的高灵敏度、准确、成熟的鉴别方法^[58-59]。发展对物种特异性多肽的测定技术,做到肉制品中掺假成分的相对定量分析^[60]。进一步完善肉制品中定量 PCR 技术^[61-62]。

3.2 优化食品安全追溯体系

监管部门应该持续优化肉制品食品安全追溯体系,保障体系的两个核心功能——信息的记录和共享^[50]。落实追溯体系各环节主体责任制,肉制品链条上的生产、加工、运输、销售各环节主体应建立完善的信息档案;加强追溯体系中的信息共享和整合;提升追溯系统的科技水平,推广电子化和标签化,保障数据安全。

3.3 开发风险分级评估技术

建议监管部门提升已有数据的利用率,扩充监测数据库,结合多种评估技术,进行多维度的风险评估。建立一套肉制品新风险挖掘方法体系,加强监管的前瞻性和靶向性,提升新风险的发现能力。可以通过 Citespace5. 6. R2 软件中的 WoS 数据分析模块对期刊数据库以不同主题进行论文检索分析,分析食品安全领域的研究前沿和热点问题^[63]。同时可以检索进出口通报信息,搜集国外新的食品风险因子。

3.4 提升社会共治水平

鼓励生产者、消费者和其他社会主体共同参与到肉制品安全的监管体系中,建立高效的沟通机制,促进主体多元化以增加社会共治的创造力。联合高校、研究机构、行业协会和大型企业更多地参与到肉类标准的制修订中,完善肉类食品标准体系的建设,提升社会共治水平。

参考文献

- [1] 中华人民共和国国家统计局. 年度数据[DB/OL]. (2021-10-18) [2021-12-28]. <https://data.stats.gov.cn/easyquery.htm?cn=C01&zb=A0D0P&sj=2021>.
National Bureau of Statistics of the People's Republic of China. Annual data [DB/OL]. (2021-10-18) [2021-12-28]. <https://data.stats.gov.cn/easyquery.htm?cn=C01&zb=A0D0P&sj=2021>.
- [2] 中华人民共和国国家统计局. 中国2020年统计年鉴[DB/OL]. (2020-09-23) [2021-12-28]. <http://www.stats.gov.cn/tjsj/ndsj/>.
National Bureau of Statistics of the People's Republic of China.

China Statistical Yearbook of 2020 [DB/OL]. (2020-09-23) [2021-12-28]. <http://www.stats.gov.cn/tjsj/ndsj/>.

- [3] 中华人民共和国国家市场监督管理总局. 市场监管总局关于2018年第一季度食品安全监督抽检情况分析报告的通告[EB/OL]. (2018-04-26) [2021-12-28]. https://gkml.samr.gov.cn/nsjg/bgt/201902/t20190222_291063.html.
State Administration for Market Regulation of the People's Republic of China. Notice of the State Administration for Market Regulation on analysis of the sampling inspection of Food safety Supervision in the first quarter of 2018 [EB/OL]. (2018-04-26) [2021-12-28]. https://gkml.samr.gov.cn/nsjg/bgt/201902/t20190222_291063.html.
- [4] 中华人民共和国国家市场监督管理总局. 市场监管总局关于2018年第二季度食品安全监督抽检情况分析报告的通告[EB/OL]. (2018-09-13) [2021-12-28]. https://gkml.samr.gov.cn/nsjg/bgt/201902/t20190217_288898.html.
State Administration for Market Regulation of the People's Republic of China. Notice of the State Administration for Market Regulation on analysis of the sampling inspection of Food safety Supervision in the second quarter of 2018 [EB/OL]. (2018-09-13) [2021-12-28]. https://gkml.samr.gov.cn/nsjg/bgt/201902/t20190217_288898.html.
- [5] 中华人民共和国国家市场监督管理总局. 市场监管总局关于2018年第三季度食品安全监督抽检情况分析报告的通告[EB/OL]. (2018-10-31) [2021-12-28]. https://gkml.samr.gov.cn/nsjg/bgt/201902/t20190217_288891.html.
State Administration for Market Regulation of the People's Republic of China. Notice of the State Administration for Market Regulation on analysis of the sampling inspection of Food safety Supervision in the third quarter of 2018 [EB/OL]. (2018-10-31) [2021-12-28]. https://gkml.samr.gov.cn/nsjg/bgt/201902/t20190217_288891.html.
- [6] 中华人民共和国国家市场监督管理总局. 市场监管总局关于2018年第四季度食品安全监督抽检情况分析报告的通告[EB/OL]. (2019-01-29) [2021-12-28]. https://gkml.samr.gov.cn/nsjg/bgt/201902/t20190217_288773.html.
State Administration for Market Regulation of the People's Republic of China. Notice of the State Administration for Market Regulation on analysis of the sampling inspection of Food safety Supervision in the fourth quarter of 2018 [EB/OL]. (2019-01-29) [2021-12-28]. https://gkml.samr.gov.cn/nsjg/bgt/201902/t20190217_288773.html.
- [7] 中华人民共和国国家市场监督管理总局. 市场监管总局关于2019年第一季度食品安全监督抽检情况分析报告的通告[EB/OL]. (2019-04-28) [2021-12-28]. https://gkml.samr.gov.cn/nsjg/spcjs/201905/t20190506_293422.html.
State Administration for Market Regulation of the People's Republic of China. Notice of the State Administration for Market Regulation on analysis of the sampling inspection of Food safety Supervision in the first quarter of 2019 [EB/OL]. (2019-04-28) [2021-12-28]. https://gkml.samr.gov.cn/nsjg/spcjs/201905/t20190506_293422.html.
- [8] 中华人民共和国国家市场监督管理总局. 市场监管总局关于2019年第二季度食品安全监督抽检情况分析报告的通告[EB/OL]. (2019-07-26) [2021-12-28]. https://gkml.samr.gov.cn/nsjg/spcjs/201906/t20190606_293422.html.

- OL]. (2019-08-01) [2021-12-28]. https://gkml.samr.gov.cn/nsjg/spcjs/201908/t20190802_305389.html.
- State Administration for Market Regulation of the People's Republic of China. Notice of the State Administration for Market Regulation on analysis of the sampling inspection of Food safety Supervision in the second quarter of 2019 [EB/OL]. (2019-08-01) [2021-12-28]. https://gkml.samr.gov.cn/nsjg/spcjs/201908/t20190802_305389.html.
- [9] 中华人民共和国国家市场监督管理总局. 市场监管总局关于2019年下半年食品安全监督抽检情况分析的通告[EB/OL]. (2020-01-22) [2021-12-28]. https://gkml.samr.gov.cn/nsjg/spcjs/202001/t20200123_310736.html.
- State Administration for Market Regulation of the People's Republic of China. Notice of the State Administration for Market Regulation on analysis of the sampling inspection of Food safety Supervision in the second half of 2019 [EB/OL]. (2020-01-22) [2021-12-28]. https://gkml.samr.gov.cn/nsjg/spcjs/202001/t20200123_310736.html.
- [10] 中华人民共和国国家市场监督管理总局. 市场监管总局关于2020年市场监管部门食品安全监督抽检情况分析的通告[EB/OL]. (2021-05-05) [2021-12-28]. https://gkml.samr.gov.cn/nsjg/spcjs/202105/t20210507_329236.html.
- State Administration for Market Regulation of the People's Republic of China. Notice of the State Administration for Market Regulation on analysis of the sampling inspection of Food safety Supervision in 2020 [EB/OL]. (2021-05-05) [2021-12-28]. https://gkml.samr.gov.cn/nsjg/spcjs/202105/t20210507_329236.html.
- [11] 中华人民共和国国家市场监督管理总局. 市场监管总局关于2021年上半年市场监管部门食品安全监督抽检情况分析的通告[EB/OL]. (2021-08-23) [2021-12-28]. https://gkml.samr.gov.cn/nsjg/spcjs/202108/t20210824_334022.html.
- State Administration for Market Regulation of the People's Republic of China. Notice of the State Administration for Market Regulation on analysis of the sampling inspection of Food safety Supervision in the first half of 2021 [EB/OL]. (2021-08-23) [2021-12-28]. https://gkml.samr.gov.cn/nsjg/spcjs/202108/t20210824_334022.html.
- [12] 孟令庄. 畜禽养殖业兽药使用存在问题及对策[J]. 畜牧兽医学: 电子版, 2019(13): 17-18.
- MENG L Z. Problems and countermeasures of veterinary drug use in livestock and poultry industry [J]. *Graziery Veterinary Sciences: Electronic Version*, 2019(13): 17-18.
- [13] 周迎春. 我国肉制品中兽药残留的危害及现状[J]. 肉类工业, 2020(7): 55-57.
- ZHOU Y C. Hazard and current situation of veterinary drug residues in meat products in China [J]. *Meat Industry*, 2020(7): 55-57.
- [14] 加娜依·亚森. 科学使用兽药抗生素[J]. 中国畜禽种业, 2021, 17(7): 67-68.
- JIANAYI YASEN. Scientific use of veterinary antibiotics [J]. *The Chinese Livestock and Poultry Breeding*, 2021, 17(7): 67-68.
- [15] 周永辉, 张翔, 赵子方, 等. 我国畜禽肉中抗生素残留的原因及对策[J]. 食品安全导刊, 2015(27): 148-149.
- ZHOU Y H, ZHANG X, ZHAO Z F, et al. Causes and countermeasures of antibiotic residues in livestock and poultry [J]. *China Food Safety Magazine*, 2015(27): 148-149.
- [16] 中华人民共和国农业农村部. 2020年食用农产品市场监管部门抽检不合格情况分析汇总[EB/OL]. (2021-01-15) [2021-10-08]. http://www.jgj.moa.gov.cn/gzjb/202102/t20210218_6361714.htm.
- Ministry of Agriculture and Rural Affairs of the People's Republic of China. Summary of the analysis of the unqualified situation of sampling inspection by the market supervision department of edible agricultural products in 2020 [EB/OL]. (2021-01-15) [2021-10-08]. http://www.jgj.moa.gov.cn/gzjb/202102/t20210218_6361714.htm.
- [17] TANG C H, ZHANG K, LIANG X W, et al. Application of a NMR-based untargeted quantitative metabolomic approach to screen for illicit salbutamol administration in cattle [J]. *Analytical and Bioanalytical Chemistry*, 2016, 408(17): 4777-4783.
- [18] ZVEREVA E A, ZHERDEV A V, XU C, et al. Highly sensitive immunochromatographic assay for qualitative and quantitative control of beta-agonist salbutamol and its structural analogs in foods [J]. *Food Control*, 2018, 86: 50-58.
- [19] SURARITDECHACHAI S, CHAROENPAKDEE C, YOUNG I, et al. Rapid detection of the antibiotic sulfamethazine in pig body fluids by paper spray mass spectrometry [J]. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 2019, 67(10): 3055-3061.
- [20] 李士凯, 孙婷, 张鑫, 等. 2014—2019年济南市市售畜肉中 β -受体激动剂含量调查[J]. 实用预防医学, 2020, 27(8): 943-946.
- LI S K, SUN T, ZHANG X, et al. Survey on contents of β -receptor agonists in livestock-meat marketed in Jinan City, 2014-2019 [J]. *Practical Preventive Medicine*, 2020, 27(8): 943-946.
- [21] ZENDE R, VAIDYA V, DESAI P, et al. Assessment of organochlorine and organophosphorus pesticides in various meats samples of Maharashtra-India using gas chromatography [J]. *Indian Journal of Comparative Microbiology, Immunology and Infectious Diseases*, 2021, 42(1): 84-95.
- [22] ARIOLI F, CERIANI F, NOBILE M, et al. Presence of organic halogenated compounds, organophosphorus insecticides and polycyclic aromatic hydrocarbons in meat of different game animal species from an Italian subalpine area [J]. *Food Additives & Contaminants: Part A*, 2019, 36(8): 1244-1252.
- [23] 吴俊铨, 周婵媛, 赵晓娟, 等. 腌腊肉制品化学污染物的危害及检测[J]. 食品工业, 2020, 41(1): 255-260.
- WU J Q, ZHOU C Y, ZHAO X J, et al. The harm and detection of chemical contaminants in cured meat products [J]. *The Food Industry*, 2020, 41(1): 255-260.
- [24] 祝红蕾. 肉和肉制品中农药残留的危害及控制措施[J]. 食品安全导刊, 2016(24): 39.
- ZHU H L. The hazards of pesticide residues in meat and meat products and control measures [J]. *China Food Safety Magazine*, 2016(24): 39.
- [25] 贺巍巍, 荫硕焱, 杨大进. 我国部分地区腌腊肉制品中有机磷农药含量调查[J]. 中国食品卫生杂志, 2016, 28(5): 667-670.
- HE W W, YIN S Y, YANG D J. Investigation and analysis of

- organic phosphorus pesticides residue in cured meat products in 9 provinces [J]. Chinese Journal of Food Hygiene, 2016, 28 (5): 667-670.
- [26] 朱平, 张秀宇, 何涛, 等. 2016—2019年国家肉制品监督抽检结果分析[J]. 食品安全质量检测学报, 2020, 11(16): 5594-5600.
- ZHU P, ZHANG X Y, HE T, et al. Analysis on the results of national supervision and sampling inspection of meat products in 2016-2019 [J]. Journal of Food Safety & Quality, 2020, 11 (16): 5594-5600.
- [27] 罗长琴, 吴英, 肖国生, 等. 重庆市肉制品中亚硝酸盐含量分析与评价[J]. 食品与发酵工业, 2020, 46(24): 228-233.
- LUO C Q, WU Y, XIAO G S, et al. Evaluation and analysis of nitrite content in meat products in Chongqing [J]. Food and Fermentation Industries, 2020, 46(24): 228-233.
- [28] 张胜男, 邢家溧, 傅晓, 等. 宁波市售散装熟肉制品中食品添加剂检测与风险分析[J]. 中国食品添加剂, 2020, 31(7): 1-4.
- ZHANG S N, XING J L, FU X, et al. Detection and risk analysis of food additives in homemade meat products [J]. China Food Additives, 2020, 31(7): 1-4.
- [29] 林葵, 江思华, 陈建红, 等. 广西酱卤肉制品中合成色素残留水平初步分析[J]. 食品研究与开发, 2016, 37(7): 142-144.
- LIN K, JIANG S H, CHEN J H, et al. Preliminary analysis on the residues' level of synthetic pigments in soy sauce and pot-roast meat products in Guangxi [J]. Food Research and Development, 2016, 37(7): 142-144.
- [30] 王雅洁, 杨冰, 何锦林, 等. 我国各地区畜禽肉中重金属污染物水平的安全评价及分布特征[J]. 食品安全质量检测学报, 2018, 9(9): 2258-2266.
- WANG Y J, YANG B, HE J L, et al. Safety assessment and distribution characteristics of heavy metal pollutants in livestock and poultry meats in different regions of China [J]. Journal of Food Safety & Quality, 2018, 9(9): 2258-2266.
- [31] 何洁仪, 李迎月, 余超, 等. 2006—2011年广州市禽畜肉中铅、镉污染状况分析[J]. 中国食品卫生杂志, 2013, 25(1): 64-67.
- HE J Y, LI Y Y, YU C, et al. Analysis of lead and cadmium contamination of livestock and poultry in Guangzhou city from 2006 to 2011 [J]. Chinese Journal of Food Hygiene, 2013, 25 (1): 64-67.
- [32] 于春, 李军, 王祺, 等. 贵阳市市售熟肉制品中重金属污染状况分析[J]. 山东化工, 2018, 47(11): 93-95.
- YU C, LI J, WANG Q, et al. Analysis of heavy metal pollution in the sale of cooked meat products in Guiyang city [J]. Shandong Chemical Industry, 2018, 47(11): 93-95.
- [33] 蔡鲁峰, 李娜, 杜莎, 等. N-亚硝基化合物的危害及其在体内合成和抑制的研究进展[J]. 食品科学, 2016, 37(5): 271-277.
- CAI L F, LI N, DU S, et al. Progress in hazards, synthesis and inhibition of N-nitroso compounds *in vitro* and *in vivo* [J]. Food Science, 2016, 37(5): 271-277.
- [34] HERRMANN S S, GRANBY K, DUEDAHL-OLESEN L. Formation and mitigation of N-nitrosamines in nitrite preserved cooked sausages [J]. Food Chemistry, 2015, 174: 516-526.
- [35] RYWOTYCKI R. The effect of baking of various kinds of raw meat from different animal species and meat with functional additives on nitrosamine contamination level [J]. Food Chemistry, 2007, 101(2): 540-548.
- [36] LI L, WANG P, XU X L, et al. Influence of various cooking methods on the concentrations of volatile N-nitrosamines and biogenic amines in dry-cured sausages [J]. Journal of Food Science, 2012, 77(5): C560-C565.
- [37] 余卫军, 邱月升, 王佩, 等. 气相色谱-三重四极杆质谱测定广东地区市售腊肠中9种挥发性亚硝胺 [J]. 肉类研究, 2016, 30(6): 29-34.
- YU W J, QIU Y S, WANG P, et al. Investigation of nine volatile nitrosamines in sausages marketed in Guangdong province by gas chromatography tandem triple quadrupole mass spectrometry (GC-MS-MS) [J]. Meat Research, 2016, 30(6): 29-34.
- [38] 黄昊龙, 马阳阳, 林菊, 等. 熏烤肉制品加工过程中多环芳烃来源及抑制研究进展 [J]. 肉类研究, 2021, 35(2): 48-55.
- HUANG H L, MA Y Y, LIN J, et al. Recent progress in the formation and inhibition of polycyclic aromatic hydrocarbons in smoked and grilled meat products [J]. Meat Research, 2021, 35 (2): 48-55.
- [39] 丁洪流, 徐一博, 金萍, 等. 江苏地区熏烧烤肉制品质量分析 [J]. 食品安全质量检测学报, 2020, 11(11): 3710-3714.
- DING H L, XU Y B, JIN P, et al. Quality analysis of smoked and barbecued meat products in Jiangsu province [J]. Journal of Food Safety & Quality, 2020, 11(11): 3710-3714.
- [40] PLEVA D, LÁNYI K, MONORI K D, et al. Heterocyclic amine formation in grilled chicken depending on body parts and treatment conditions [J]. Molecules: Basel, Switzerland, 2020, 25 (7): 1547.
- [41] 薛桂中, 黄现青, 宋莲军, 等. 高温肉制品杂环胺防控及体内代谢调控研究进展 [J]. 食品科学, 2022, 43(13): 256-266.
- XUE G Z, HUANG X Q, SONG L J, et al. Progress of heterocyclic amines preventions and regulation of metabolism in high temperature meat products [J]. Food Science, 2022, 43 (13): 256-266.
- [42] 侯慧文. 不同烤制程度下羊肉中杂环胺生成规律的研究 [D]. 锦州: 渤海大学, 2021.
- HOU H W. Study on the formation of heterocyclic amines in grilled mutton shashlik under different roasting degrees [D]. Jinzhou: Bohai University, 2021.
- [43] 李青, 王亚南, 秦之皓, 等. 高效液相色谱-质谱串联法检测中餐常见肉类中杂环胺含量 [J]. 现代食品科技, 2020, 36 (8): 354-364.
- LI Q, WANG Y N, QIN Z H, et al. Analysis of heterocyclic aromatic amines in common meat types for Chinese cuisines by high performance liquid chromatography-tandem mass spectrometry [J]. Modern Food Science and Technology, 2020, 36 (8): 354-364.
- [44] 李可维, 刘思洁, 赵薇, 等. 9 274 份肉及肉制品食源性致病菌监测结果分析 [J]. 食品安全质量检测学报, 2020, 11 (23): 9033-9038.
- LI K W, LIU S J, ZHAO W, et al. Analysis of monitoring results of foodborne pathogens in 9 274 meat and meat products [J].

- Journal of Food Safety & Quality, 2020, 11(23): 9033-9038.
- [45] 傅义娟, 王生祥, 林元清, 等. 青海省主要动物疫病“四定”监测结果与分析[J]. 黑龙江畜牧兽医, 2014(13): 139-141.
FU Y J, WANG S X, LIN Y Q, et al. Monitoring results and analysis of “Four definite” animal diseases in Qinghai Province [J]. Heilongjiang Animal Science and Veterinary Medicine, 2014(13): 139-141.
- [46] 尹蓉学, 王卫, 徐文华, 等. 肉制品加工企业产品安全风险及其防范[J]. 肉类研究, 2011, 25(12): 58-60.
YIN R X, WANG W, XU W H, et al. Safety risks and prevention of processed meat products [J]. Meat Research, 2011, 25(12): 58-60.
- [47] 张兆德. 浅谈肉制品生产过程中质量控制[J]. 肉类工业, 2021(6): 43-46.
ZHANG Z D. Brief talk on the quality control in the production process of meat products[J]. Meat Industry, 2021(6): 43-46.
- [48] 王冰峰, 徐雷, 徐贞贞, 等. 液相色谱-高分辨质谱技术在食品掺假鉴别研究中的应用[J]. 食品科学, 2021, 42(7): 301-310.
WANG B F, XU L, XU Z Z, et al. Recent progress in the application of liquid chromatography-high resolution mass spectrometry in the identification of food adulteration: A review [J]. Food Science, 2021, 42(7): 301-310.
- [49] 纪艺, 陈笑芸, 丁霖, 等. 肉类及肉制品中动物源性成分鉴别方法研究进展[J]. 生物技术进展, 2020, 10(6): 711-716.
JI Y, CHEN X Y, DING L, et al. Progress on identification methods of animal-derived ingredients in meat and meat products [J]. Current Biotechnology, 2020, 10(6): 711-716.
- [50] 李佳洁, 任雅楠, 王艳君, 等. 中国食品安全追溯制度的构建探讨[J]. 食品科学, 2018, 39(5): 278-283.
LI J J, REN Y N, WANG Y J, et al. Study on the construction of the food safety traceability system in China [J]. Food Science, 2018, 39(5): 278-283.
- [51] CHEN Y H, DENNIS S B, HARTNETT E, et al. FDA-iRISK: A comparative risk assessment system for evaluating and ranking food-hazard pairs: case studies on microbial hazards [J]. Journal of Food Protection, 2013, 76(3): 376-385.
- [52] ZHOU P P, LIU Z P, ZHANG L, et al. Methodology and application for health risk classification of chemicals in foods based on risk matrix [J]. Biomedical and Environmental Sciences: BES, 2014, 27(11): 912-916.
- [53] 王聪, 赵晓宇, 董喆, 等. 超高效液相色谱-四极杆串联飞行时间高分辨质谱法筛查和确证猪肉中117种兽药残留[J]. 食品安全质量检测学报, 2021, 12(9): 3684-3693.
WANG C, ZHAO X Y, DONG Z, et al. Screening and confirmation of 117 kinds of veterinary drugs residues in pork by ultra performance liquid chromatography-quadrupole tandem time-of-flight mass spectrometry [J]. Journal of Food Safety & Quality, 2021, 12(9): 3684-3693.
- [54] 魏丹, 国明. 磁性亲水亲脂平衡萃取材料辅助基质固相分散萃取-高效液相色谱-串联质谱法同时测定中药材中76种农药残留[J]. 色谱, 2022, 40(4): 313-322.
WEI D, GUO M. Simultaneous determination of 76 pesticide residues in the traditional Chinese medicine by magnetic hydrophilic-lipophilic-balanced materials assisted matrix solid phase dispersion extraction-high performance liquid chromatography-tandem mass spectrometry [J]. Chinese Journal of Chromatography, 2022, 40(4): 313-322.
- [55] 李露青, 李双, 王春芳, 等. 92种工业染料在四极杆/静电场轨道阱高分辨质谱中的离子化规律[J]. 理化检验: 化学分册, 2020, 56(3): 308-314.
LI L Q, LI S, WANG C F, et al. Regularities of ionization of 92 industrial dyestuffs by Q-orbitrap-high resolution mass spectrometry [J]. Physical Testing and Chemical Analysis: Part B: Chemical Analysis, 2020, 56(3): 308-314.
- [56] 贾玮, 徐曦, 石琳, 等. 基于质谱裂解机理的深加工羊肉制品中兽药残留非定向筛查技术研究[J]. 分析测试学报, 2019, 38(10): 1179-1186.
JIA W, XU X, SHI L, et al. Non-directional screening of veterinary drug residues in deep-processed lamb products based on mass spectrometry fragmentation [J]. Journal of Instrumental Analysis, 2019, 38(10): 1179-1186.
- [57] MA J, SUN D W, QU J H, et al. Applications of computer vision for assessing quality of agri-food products: A review of recent research advances [J]. Critical Reviews in Food Science and Nutrition, 2016, 56(1): 113-127.
- [58] ZHANG J, YI Y, PAN D D, et al. ¹H NMR-based metabolomics profiling and taste of boneless dry-cured hams during processing [J]. Food Research International, 2019, 122: 114-122.
- [59] PAVLIDIS D E, MALLOUCHOS A, ERCOLINI D, et al. A volatilomics approach for off-line discrimination of minced beef and pork meat and their admixture using HS-SPME GC/MS in tandem with multivariate data analysis [J]. Meat Science, 2019, 151: 43-53.
- [60] 康超娣, 王守伟, 张颖颖, 等. 液相色谱-串联质谱法对牛肉中掺假成分的相对定量分析[J]. 食品科学, 2022, 43(4): 270-276.
KANG C D, WANG S W, ZHANG Y Y, et al. Quantitative analysis of adulterants in beef by liquid chromatography-tandem mass spectrometry [J]. Food Science, 2022, 43(4): 270-276.
- [61] WANG W J, WANG X Y, WEI T A, et al. A multiplex real-time PCR approach for identification and quantification of sheep/goat, fox and murine fractions in meats using nuclear DNA sequences [J]. Food Control, 2021, 126: 108035.
- [62] 杨瑶, 斯能武, 严钰澳, 等. 实时荧光PCR定量检测肉制品中猪源性成分[J]. 食品工业科技, 2022, 43(3): 268-274.
YANG Y, SI N W, YAN Y A, et al. Detection of pork-derived ingredients based on real-time quantitative PCR [J]. Science and Technology of Food Industry, 2022, 43(3): 268-274.
- [63] 王新平, 魏秋实, 苏畅, 等. 基于WoS数据库与文献计量学的食品质量安全管理研究热点及演进分析[J]. 食品科学, 2021, 42(23): 325-332.
WANG X P, WEI Q S, SU C, et al. Research hotspots and evolution of food quality and safety management: A bibliometric analysis based on web of science database [J]. Food Science, 2021, 42(23): 325-332.