

风险评估

天津市市售畜肉及肝脏中 β -受体激动剂残留状况及膳食暴露风险评估

罗莎,赵帅,高春海,纪艳,马洁
(天津市疾病预防控制中心,天津 300011)

摘要:目的 了解天津市市售畜肉及肝脏中 β -受体激动剂残留水平及人群膳食暴露风险。方法 2016—2021年在天津市超市、网店和农贸市场采集市售猪、牛、羊肉及肝脏样品583份。按照《国家食品污染和有害因素风险监测工作手册》的相关标准程序进行克伦特罗、莱克多巴胺、沙丁胺醇和特布他林4种 β -受体激动剂的检测,结合居民食物消费量采用食品安全指数法评价人群膳食暴露风险。结果 583份样品总检出率为13.89%(81/583)。克伦特罗为主要检出的 β -受体激动剂,占总检出样品的98.77%(80/81),仅1份样品检出沙丁胺醇,而其他两种 β -受体激动剂则均未检出。检出率位于前3位的食品种类为牛肝33.96%(36/106)、羊肉15.79%(18/114)、牛肉13.22%(16/121),猪肉、猪肝检出率较低,分别为1.19%(1/84)、2.00%(1/50),差异有统计学意义($\chi^2=56.11, P<0.05$)。农贸市场采集样品检出率显著高于超市及网店($\chi^2=10.91, P<0.05$)。暴露评估结果显示,天津市居民通过猪肉、牛肉、羊肉的 β -受体激动剂的平均暴露量范围为0.0001~0.0004 $\mu\text{g}/\text{kg}\cdot\text{BW}$;食品安全指数(IFS)范围为0.0220~0.0950, IFS值均小于1。结论 天津市市售畜肉及肝脏中 β -受体激动剂存在一定程度的检出,但通过猪肉、牛肉、羊肉 β -受体激动剂的平均膳食暴露的食品安全风险处于较低水平。

关键词:畜肉; β -受体激动剂; 克伦特罗; 膳食暴露; 食品安全指数

中图分类号:R155 文献标识码:A 文章编号:1004-8456(2023)11-1600-05

DOI:10.13590/j.cjfh.2023.11.008

The dietary exposure assessment and occurrence of β -receptor agonist residues in livestock meat and liver marketed in Tianjin City

LUO Sha, ZHAO Shuai, GAO Chunhai, JI Yan, MA Jie
(Tianjin Centers of Disease Control and Prevention, Tianjin 300011, China)

Abstract: Objective This study aimed to assess the risk of dietary exposure and study the residues of β -receptor agonists in livestock meat and liver marketed in Tianjin City. **Methods** A total of 583 samples of pig, beef, mutton, and liver were randomly collected from supermarkets, online stores, and farmers' markets in Tianjin City from 2016 to 2021. The β -receptor agonists clenbuterol, ractopamine, salbutamol, and terbutaline were tested by the relevant standard operating procedures of Manual China National Food Contamination and Harmful Factors Risk Monitoring, combined with residents' food consumption data, using the index of food safety (IFS) to assess the health risk. **Results** The overall detection rate of the 583 samples was 13.89% (81/583). The main β -receptor agonist detected was clenbuterol, which accounted for 98.77% (80/81) of all the detected samples. Only 1 sample was detected with salbutamol, and the other 2 β -receptor agonists were not detected. The top 3 food categories in terms of detection rate were beef liver, 33.96% (36/106); mutton, 15.79% (18/114); and beef, 13.22% (16/121), while the detection rate of pork and pig liver was 1.19% (1/84) and 2.00% (1/50), respectively; the difference between the detection rates of the different categories was statistically significant ($\chi^2=56.11, P<0.05$). The detection rate of β -receptor agonists in samples collected from farmers' markets was significantly higher than that collected from supermarkets and online shops ($\chi^2=10.91, P<0.05$). The exposure risk assessment showed that the average exposure of pork, beef, and mutton ranged from 0.0001 to 0.0004 $\mu\text{g}/\text{kg}\cdot\text{BW}$. The IFS ranged from 0.0220 to 0.0950, and the IFS values were less than 1. **Conclusion** A certain detection degree of β -receptor agonists was observed in livestock meat and liver marketed in Tianjin City, but the average exposure risk of β -receptor agonists was low from the dietary exposure of pig, beef, and mutton.

收稿日期:2022-11-04

基金项目:天津市卫生健康科技项目(TJWJ2021QN031);天津市医学重点学科(TJYXZDXK-050A)

作者简介:罗莎 女 主管医师 研究方向为食品安全风险监测与评估 E-mail:luosha6@tj.gov.cn

通信作者:马洁 女 副主任医师 研究方向为食品安全风险监测与评估 E-mail:majie605@163.com

Key words: Livestock-meat; β-receptor agonist; clenbuterol; dietary exposure; index of food safety

随着社会经济的发展,动物性食品在居民每日膳食结构中的比重不断增加^[1-2],其产量及安全性尤为重要。兽药是把双刃剑,科学合理使用对保障动物健康及产量具有重要作用,但一些不法商家为了牟利,超量、超范围使用甚至使用违禁药物则对人体健康构成威胁,其中β-受体激动剂即为违禁药物的典型代表^[3]。β-受体激动剂(俗称“瘦肉精”),常见类型包括盐酸克伦特罗、莱克多巴胺、沙丁胺醇、特布他林等。研究资料显示,通过膳食途径暴露β-受体激动剂可对人体产生多种急、慢性毒性作用^[4-7]。而目前关于天津市动物源性食品中β-受体激动剂残留的安全性评价研究较少。为切实了解天津市动物性食品中β-受体激动剂污染水平,引导居民合理消费,本研究对天津市市售畜肉及其肝脏样品中β-受体激动剂残留量进行检测,并运用食品安全指数(Index of food safety, IFS)初步评估其人群膳食暴露风险。

1 材料与方法

1.1 样品采集

2016—2021年,在天津市16个监测区采集市售畜肉及其肝脏样品583份,包括猪肉84份、牛肉121份、羊肉114份、猪肝50份、牛肝106份、羊肝108份。采样环节覆盖农贸市场、超市、网店,各环节样品量分别为344份、210份、29份。

1.2 主要仪器与试剂

HPLC-MS-8045液质联用仪(日本岛津), ACQUITY UPLC BEH C18色谱柱(美国Waters, 100 mm×2.1 mm, 1.7 μm), MCX阳离子交换固相萃取柱(美国Waters, 60 mg/3 mL), 漩涡振荡器(赛默飞世尔, M37610-33CN), 分散均质机(上海昂尼, AD300L-H), 旋留浓缩仪(美国Zymark, Turbovap)。标准物质: 特布他林(纯度99.65%)、克伦特罗(纯度99.3%)、沙丁胺醇(纯度99.9%)、莱克多巴胺(纯度95.0%), 德国Dr. Ehrenstorfer。

1.3 方法

检测项目包括克伦特罗、莱克多巴胺、沙丁胺醇、特布他林4项β-受体激动剂指标。检测方法按照《国家食品污染和有害因素风险工作手册》^[8]要求,采用动物源性食品中β-受体激动剂残留测定的标准操作程序LC-MS/MS法进行检测,2016年各β-受体激动剂检出限均为0.1 μg/kg,定量限为0.3 μg/kg,其余年份为0.5 μg/kg,定量限为1.5 μg/kg。

1.4 低水平数据处理及评价依据

低水平数据依据全球环境监测规划(食品)-欧洲第二次会议通过的《食品中低水平污染的可靠性评价》中的处理原则,当样品未检出率>60%时,对小于检出限(Limit of detection, LOD)的未检出数据用LOD替代;当样品未检出率≤60%时,未检出数据采用1/2LOD替代^[9-10]。结果判定按照《中华人民共和国农业农村部第250号公告 食品动物中禁止使用的药品及其他化合物清单》^[11]规定,上述4种β-受体激动剂在所有动物性食品中不得检出。

1.5 评估方法

采用食品安全指数法对畜肉及其肝脏中β-受体激动剂残留的人群膳食暴露风险进行评估,公式如下^[12-13]:

$$EDIc = \frac{R \times F \times E \times P}{BW} \quad \text{式(1)}$$

$$IFSc = \frac{EDIc \times f}{SIc} \quad \text{式(2)}$$

式中:c为检测的某种β-受体激动剂;EDIc为某种β-受体激动剂的每日暴露量估算值(μg/kg·BW);R为畜肉或肝脏中某种β-受体激动剂的残留量(μg/kg);F为畜肉或肝脏的每日平均膳食消费量(g/d),参照2019年天津市居民家庭人均蔬菜及食用菌和肉类消费量情况数据分析报告^[14];E为食物的可食用部分因子,以1计;P为食物的加工处理因子,以1计;IFSc为某种β-受体激动剂的安全指数;SIc为某种β-受体激动剂的安全摄入量(μg/kg·BW),本研究采用国际食品法典委员会(Codex Alimentarius Commission, CAC)规定的每日容许摄入量(Acceptable daily intake, ADI)表示,克伦特罗和沙丁胺醇ADI值均为0.004 μg/kg·BW^[15-16];f为药物安全摄入量的校正因子,以1计;BW为人体平均体质量(kg),以60 kg计。

若IFSc≤1时,表明该药物残留对人体安全风险可接受;若IFSc>1,表明该药物残留对人体安全风险超过可接受限度。

1.5 统计学分析

采用Excel 2016进行数据录入,SPSS 24.0软件进行统计分析。污染物的含量以均值、P₅₀、P₇₅、P₉₅、P_{97.5}、最大值进行描述,并以污染物残留量均值及消费量均值进行慢性膳食暴露风险评估;组间检出率比较采用卡方检验,组间残留量比较采用Kruskal-Wallis非参数检验,检验水准α=0.05。

2 结果

2.1 总体情况

2016—2021年,采集的市售猪、牛、羊肉及肝脏样品583份中共81份样品检出 β -受体激动剂,检出值范围为0.14~869 $\mu\text{g}/\text{kg}$,总检出率13.89%

(81/583)。其中,80份样品检出克伦特罗,检出率13.72%(80/583),占全部检出样品的98.77%(80/81);仅1份样品检出沙丁胺醇,检出率0.17%(1/583);莱克多巴胺、特布他林均未检出,见表1。

表1 2016—2021年天津市市售畜肉及肝脏中 β -受体激动剂检测

Table 1 Detection of β -receptor agonist drugs in livestock meat and liver sold in Tianjin City from 2016 to 2021

药物品种	样品数/份	检出数/份	检出率/%	结果/($\mu\text{g}/\text{kg}$)					
				均值	P_{50}	P_{75}	P_{95}	$P_{97.5}$	最大值
克伦特罗	583	80	13.72	7.19	0.50	0.50	16.06	51.02	869.00
沙丁胺醇	583	1	0.17	0.50	0.50	0.50	0.50	0.50	1.40

2.2 不同畜肉及肝脏的检出情况

6年间,共检测猪肉样品84份、牛肉样品121份、羊肉样品114份、猪肝样品50份、牛肝样品106份、羊肝样品108份。检出率位于前3位的分别为牛肝33.96%(36/106)、羊肉15.79%(18/114)、牛肉13.22%(16/121),猪肉、猪肝检出率较低,分别为

1.19%(1/84)、2.00%(1/50),检出率差异有统计学意义($\chi^2=56.11, P<0.05$)。经Kruskal-Wallis检验,不同畜肉及肝脏中 β -受体激动剂含量差异有统计学意义($\chi^2=69.64, P<0.05$),进一步两两比较,牛、羊肉及肝脏中 β -受体激动剂含量显著高于猪肉及肝脏($P<0.05$),见表2。

表2 2016—2021年天津市市售不同动物畜肉及肝脏中 β -受体激动剂检出情况

Table 2 Detection of β -receptor agonists in different livestock meat and liver sold in Tianjin City from 2016 to 2021

食品种类	药物品种	样品数/份	检出数/份	检出率/%	结果/($\mu\text{g}/\text{kg}$)					
					均值	P_{50}	P_{75}	P_{95}	$P_{97.5}$	最大值
猪肉	沙丁胺醇	84	1	1.19	0.50	0.50	0.50	0.50	0.50	1.40
猪肝	克伦特罗	50	1	2.00	0.50	0.50	0.50	0.50	0.54	0.55
牛肉	克伦特罗	121	16	13.22	0.97	0.50	0.50	3.39	6.38	29.10
牛肝	克伦特罗	106	36	33.96	22.31	0.50	5.96	139.30	214.90	869.00
羊肉	克伦特罗	114	18	15.79	2.84	0.50	0.50	17.70	32.69	66.80
羊肝	克伦特罗	108	9	8.33	12.34	0.50	0.50	26.48	210.82	580.00

2.3 不同采样场所的检出情况

从农贸市场、超市、网店各环节分别采集样品344、210、29份。结果显示,农贸市场检出率

(17.73%, 61/344)显著高于超市(9.05%, 19/210)及网店(3.45%, 1/29)检出率($\chi^2=10.91, P<0.05$),见表3。

表3 2016—2021年天津市不同采样场所畜肉及肝脏中 β -受体激动剂检出情况

Table 3 Detection of β -receptor agonists in livestock meat and liver at different sampling sites in Tianjin City from 2016 to 2021

采样场所	药物品种	样品数/份	检出数/份	检出率/%	结果($\mu\text{g}/\text{kg}$)					
					均值	P_{50}	P_{75}	P_{95}	$P_{97.5}$	最大值
超市	克伦特罗	210	19	9.05	7.46	0.50	0.50	5.97	56.43	580
农贸市场	克伦特罗	344	60	17.44	7.01	0.50	0.50	21.28	50.70	869
市场	沙丁胺醇	344	1	0.29	0.50	0.50	0.50	0.50	0.50	1.40
网店	克伦特罗	29	1	3.45	7.31	0.50	0.5	99.25	186.30	198

2.4 膳食暴露风险评估

消费量数据参照2019年天津市居民家庭人均蔬菜及食用菌和肉类消费量情况数据分析报告^[14],天津市居民猪肉、牛肉、羊肉年平均消费量分别为16.80、2.90、2.70 kg,换算成日平均摄入量则为46.03、7.95、7.40 g/人·d。污染物含量数据选取均值计算人群平均暴露量,结合ADI进行IFS值计算,结果如表4所示。天津市居民通过猪肉、牛肉、羊肉的平均暴露量范围为0.000 1~0.000 4 $\mu\text{g}/\text{kg}\cdot\text{BW}$;IFS范围为0.022 0~0.095 0,IFS值均小于1。由于猪肝、牛肝、羊肝人群消费量数据的缺乏,尚无法开

展膳食暴露风险评估。

3 讨论

本研究对2016—2021年天津市售猪、牛、羊肉及肝脏样品中 β -受体激动剂残留情况进行监测,结果显示81份样品检出 β -受体激动剂,总检出率13.89%(81/583)。对比国内各省、市研究结果,本研究中 β -受体激动剂检出率低于李士凯等^[17]对2014—2019年济南市市售畜肉的检出率20.15%(80/397),高于张惠珠和张慧^[18]对2018—2020年菏泽市猪、牛、羊肉的检出率6.58%(35/532)。本

表4 2016—2021年天津市市售畜肉及肝脏中β-受体激动剂膳食暴露水平及食品安全指数

Table 4 Dietary exposure levels and food safety indexes of β-receptor agonists of livestock meat and liver sold in Tianjin City from 2016 to 2021

食品品种	药物种类	平均消费量/(g/d)	平均残留量/(μg/kg)	EDI/(μg/kg·BW)	ADI/(μg/kg·BW)	IFS
猪肉	沙丁胺醇	46.03	0.50	0.000 4		0.095 0
牛肉	克伦特罗	7.95	0.97	0.000 1	0.004 0	0.022 0
羊肉	克伦特罗	7.40	2.84	0.000 3		0.078 0

研究中检出β-受体激动剂类型主要为克伦特罗,占总检出样品98.77%(80/81),与上述报道基本保持一致。克伦特罗是一种肾上腺类神经兴奋剂,俗称“瘦肉精”,理化性质稳定,可在动物内脏及组织中残留,常规的烹调方式无法将其去除。人体一次大量摄入可造成急性中毒,表现为头晕、头痛、胸闷、心悸、四肢震颤、肌肉酸痛等症状;长期反复低剂量摄入可导致慢性中毒,表现为心血管和神经系统疾病,如心肌收缩加强,心率加快;内脏横纹肌和平滑肌兴奋性增高;血管壁弹性降低,血压升高;微循环血管膨胀,压迫刺激周围神经,引起头痛、头晕等,此外,可增加染色体畸变、肿瘤的发生风险^[19-21]。本研究中的牛、羊肉及肝脏中β-受体激动剂仍有检出,提示在牛、羊的饲养过程中非法使用β-受体激动剂的现象仍然存在,需引起重视。本次研究结果显示牛、羊肉及肝脏中克伦特罗检出率及含量均显著高于猪肉及猪肝中检出率及含量,尤其是牛肝及羊肝。究其原因可能在于猪肉多实行集中养殖、集中屠宰,监管措施相对完善,而牛、羊来源复杂,不易实行集中养殖、集中屠宰,相对更难监管^[22-23]。

膳食暴露风险评估结果显示,猪肉、牛肉、羊肉IFS值均小于1,提示通过膳食摄入猪肉、牛肉、羊肉平均水平暴露于β-受体激动剂的食物安全风险低。受限于猪、牛、羊肝脏人群食物消费量数据的缺乏,尚不能对其膳食暴露风险进行评估,而考虑到监测牛、羊肝样品β-受体激动剂的高检出率以及食源性疾病监测到的暴发事件,牛肝、羊肝的健康风险仍需持续关注。此外,研究还发现农贸市场采集样品检出率明显高于超市采集样品检出率,可能在于超市相较于农贸市场,经营管理更为规范、进货渠道更正规。以上现象与济南、菏泽等地^[17-18]研究结论基本保持一致。提示对牛、羊肉,尤其是肝脏的监管是控制动物性食品中β-受体激动剂污染的关键,农贸市场是监管的重点场所;同时也提醒消费者食用牛、羊肉及肝脏类食品时应从正规渠道购买食材,同时避免一次性大量摄入。

本研究中食物消费量数据来源于2019年天津市居民家庭人均蔬菜及食用菌和肉类消费量情况数据分析报告,仅有牛、羊、肉及肝脏人群消费量的平均数据,缺乏更为具体的个体数据,对于牛、羊、

肉及肝脏高消费量群体无法开展更进一步的风险评估;此外食品种类不全,仅有猪肉、牛肉、羊肉膳食消费量数据,无猪肝、牛肝、羊肝数据,致使不能对检出率相对更高的牛肝、羊肝进行膳食暴露风险评估,评估结果不能完全反映β-受体激动剂残留的人群健康风险;本研究仅评估单一肉类中β-受体激动剂残留风险,实际的食用情形是可能同时摄入牛肉和羊肉等多种肉类,对于多种肉类同时摄入的累加风险尚不可知,且文献资料显示β-受体激动剂存在急性毒性作用,本文仅对慢性膳食暴露风险进行评估,急性风险尚需进一步补充完善。此外,β-受体激动剂残留量数据来源于2016—2021年监测数据,而膳食消费量数据是2019年居民膳食摄入情况,检测与膳食数据不能完全匹配,一定程度上也会影响结果准确性,同时,β-受体激动剂残留数据时间跨度长,年度间采集样品不完全一致,可比性略差,无法开展年度变化趋势的研究。该研究采用的健康风险评价存在一定的局限性,后续需开展进一步的监测研究。

兽药是把双刃剑,科学合理使用对动物健康及保障产量具有重要作用,但超范围、超量使用,甚至使用违禁药物则是对食品安全法和食品安全体系公信力的挑战,尤其是可能存在人群健康风险的情况下更应予以严厉打击,坚决杜绝,以切实维护人民群众生命健康安全。

参考文献

- [1] 高晶,唐增.基于食物当量的中国居民食物消费变化[J].中国食物与营养,2018,24(2):63-67.
GAO J, TANG Z. Changes in Chinese residents food consumption based on food equivalent [J]. Food and Nutrition in China, 2018, 24(2): 63-67.
- [2] 张翠玲.全球食物消费可持续性的时空演变[D].兰州:兰州大学,2021.
ZHANG C L. Temporal and spatial evolution of global food consumption sustainability [D]. Lanzhou: Lanzhou University, 2021.
- [3] 刘坤,王淑婷,李伟红,等.我国畜肉产品主要药物风险因素分析及控制[J].农产品质量与安全,2022(4):85-90.
LIU K, WANG S T, LI W H, et al. Analysis and control of main drug risk factors of livestock meat products in China [J]. Quality and Safety of Agro-Products, 2022(4): 85-90.

- [4] YIKILMAZ Y, KUZUKIRAN O, ERDOGAN E, et al. The determination of β -agonist residues in bovine tissues using liquid chromatography-tandem mass spectrometry [J]. *Biomedical Chromatography*, 2020, 34(10): e4926.
- [5] 项爱丽, 郑百芹, 郝立武, 等. 养殖业瘦肉精的危害及监管措施[J]. *中国畜禽种业*, 2022, 18(3): 12-13.
XIANG A L, ZHENG B Q, HAO L W, et al. Harm and supervision measures of lean meat essence in aquaculture[J]. *The Chinese Livestock and Poultry Breeding*, 2022, 18(3): 12-13.
- [6] LIEDTKE A G, LAVA S A G, MILANI G P, et al. Selective β -2-adrenoceptor agonists and relevant hyperlactatemia: Systematic review and meta-analysis [J]. *Journal of Clinical Medicine*, 2019, 9(1): 71.
- [7] MILANO G, CHIAPPINI S, MATTIOLI F, et al. β -2 agonists as misusing drugs? assessment of both clenbuterol- and salbutamol-related European medicines agency pharmacovigilance database reports[J]. *Basic & Clinical Pharmacology & Toxicology*, 2018, 123(2): 182-187.
- [8] 国家食品安全风险评估中心. 2016年国家食品污染和有害因素风险工作手册[Z]. 2016.
China National Center for Food Safety Risk Assessment. The national food contaminants and harmful factors risk monitoring manual of 2016[Z]. 2016.
- [9] WHO. GEMS/Food-EURO second workshop on reliable evaluation of low-level contamination of food [C/OL]. Kulmbach, Federal Republic of Germany, 1995. <http://toolbox.foodcomp.info/References/LOD/GEMS-Food-EURO%20%20-%20%20Reliable%20Evaluation%20of%20Low-Level%20Contamination%20of%20Food.pdf>.
- [10] Pest Management Regulatory Agency. Assigning values to nondetected/nonquantified pesticide residues in food [M]. Ottawa: Health Canada, 2009: 4-11.
- [11] 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250号 [EB/OL]. (2019-12-17) [2023-09-22]. http://www.moa.gov.cn/nybg/2020/202002/202004/t20200414_6341556.htm.
Ministry of Agriculture and Rural Affairs of the People's Republic of China. Announcement No.250 of Ministry of Agriculture and Rural Affairs of the People's Republic of China [EB/OL]. (2019-12-17) [2023-09-22]. http://www.moa.gov.cn/nybg/2020/202002/202004/t20200414_6341556.htm.
- [12] 刘畅. 食品中兽药残留高通量筛查与检测平台的建立及膳食暴露评估研究[D]. 上海: 第二军医大学, 2013.
LIU C. Establishment of high-throughput screening and detection platform for veterinary drug residues in food and study on dietary exposure assessment [D]. Shanghai: Second Military Medical University, 2013.
- [13] JECFA. Residue evaluation of certain veterinary drugs [EB/OL]. (2011-11-08) [2023-01-09]. <http://www.fao.org/docrep/009/a0652e/a0652e00.htm>.
- [14] 天津旷维. 天津市城镇居民家庭人均蔬菜及食用菌和肉类消费量情况数据专题报告 2019 版 [EB/OL]. [2023-09-22]. <https://www.docin.com/p-2379474259.html>.
Tianjin Kuangwei. Special report on per capita consumption of vegetables, edible fungi and meat in urban households in Tianjin, 2019 edition [EB/OL]. [2023-09-22]. <https://www.docin.com/p-2379474259.html>.
- [15] CAC. Maximum residue limits for veterinary drugs in foods: CAC/MRL2-2012: 2012 [S/OL]. (2018-12-26) [2023-09-22]. <http://down.foodmate.net/standard/sort/11/33296.html>.
- [16] Food and Agriculture Organization of the United Nations, World Health Organization. Maximum residue limits (MRLs) and risk management recommendations (RMRs) for residues of veterinary drugs in foods: CX/MRL2-2018 [EB/OL]. (2020-10-26) [2023-10-01]. <http://www.fao.org/fao-who-codexalimentarius/codex-texts/maximum-residue-limits/zh/>.
- [17] 李士凯, 孙婷, 张鑫, 等. 2014—2019年济南市市售猪肉中 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.
- [18] 张惠珠, 张慧. 2018—2020年菏泽市猪、牛、羊肉中 β -受体激动剂残留风险评估[J]. *食品安全导刊*, 2022(3): 75-78.
ZHANG H Z, ZHANG H. Risk assessment of β -agonists residues in pig, beef and mutton in Heze from 2018 to 2020 [J]. *China Food Safety Magazine*, 2022(3): 75-78.
- [19] 黄文斌, 梁敏. 动物源性食品中盐酸克伦特罗的残留及危害[J]. *现代食品*, 2019(13): 19-21.
HUANG W B, LIANG M. Residues and hazards of clenbuterol hydrochloride in animal-derived foods [J]. *Modern Food*, 2019(13): 19-21.
- [20] MA J K, ZHU W J. Effects of the β 2-agonist clenbuterol on testicular steroidogenic acute regulatory protein mRNA expression in adult rats [J]. *Journal of Veterinary Pharmacology and Therapeutics*, 2010, 33(6): 558-563.
- [21] 张彩霞, 董相军. 瘦肉精研究综述[J]. *养殖与饲料*, 2007(1): 57-58.
ZHANG C X, DONG X J. Review of clenbuterol research [J]. *Animals Breeding and Feed*, 2007(1): 57-58.
- [22] 张永康, 李庆爱, 李翠萍, 等. 对屠宰环节“瘦肉精”监管的思考[J]. *中国动物检疫*, 2022, 39(5): 69-72.
ZHANG Y K, LI Q A, LI C P, et al. Thoughts on the supervision for “clenbuterol” in slaughtering [J]. *China Animal Health Inspection*, 2022, 39(5): 69-72.
- [23] 于海东. 牛羊肉产品兽药残留危害及对策[J]. *中国动物保健*, 2022, 24(7): 1-2.
YU H D. Harm of veterinary drug residues in beef and mutton products and its countermeasures [J]. *China Animal Health*, 2022, 24(7): 1-2.