

1998—2017 年淮河流域水资源变化趋势分析

刘晓林^{1,2}, 洪磊³, 冯棣^{1*}

(1. 山东省高校设施园艺重点实验室/ 潍坊科技学院, 山东寿光 262700; 2. 蚌埠市水利勘测设计院, 安徽蚌埠 233000; 3. 青岛市水利勘测设计研究院有限公司, 山东青岛 266061)

摘要 为改善淮河流域水资源状况, 流域已经实施最严格的水资源管理制度多年。为明确实施管理制度前后淮河流域用水量、用水结构以及水质变化状况, 总结了近 20 年淮河流域水资源量、供水量、用水量以及河水水质的变化趋势。结果表明, 该流域年人均水资源量近 20 年均值仅为 581.5 m³, 水资源十分匮乏; 该区域洪涝灾害多发, 严重影响到水资源量的稳定性, 但有利于跨区域调水, 供水量得到一定程度保障; 用水量表现为农业>工业>生活>生态, 其中农业和工业用水量较为稳定, 生活用水量不断提高, 生态用水量快速增长; 2012 年开始实施管理制度后, I~III 类水的占比大幅增加, V~劣 V 类水质占比大幅降低。综上, 开始实施最严格的水资源管理制度后, 淮河流域农业和工业用水量得到控制, 生活和生态用水量有所增加, 河水水质显著改善。

关键词 淮河流域; 降雨量; 供水量; 用水量; 水质

中图分类号 TV 21 **文献标识码** A

文章编号 0517-6611(2020)13-0207-04

doi: 10. 3969/j. issn. 0517-6611. 2020. 13. 055



开放科学(资源服务)标识码(OSID):

Analysis on the Change Trend of Water Resources in Huaihe Basin from 1998 to 2017

LIU Xiao-lin^{1,2}, HONG Lei³, FENG Di¹ (1. Facility Horticulture Laboratory of Universities in Shandong/ Weifang University of Science and Technology, Shouguang, Shandong 262700; 2. Bengbu Survey and Design Institute of Water Conservancy, Bengbu, Anhui 233000; 3. Qingdao Water Conservancy Survey and Design Institute Co., Ltd., Qingdao, Shandong 266061)

Abstract To improve the water resources situation, the strictest water resources management system (SWRMS) has been implemented for many years in Huaihe Basin. In order to clarify the changes of water consumption, water use composition and water quality in the Huaihe Basin before and after the implementation of SWRMS, this study summarized the changes of water resources, water supply, water consumption and water quality in the Huaihe Basin in the past 20 years. The results showed that the annual per capita water resource was only 581.5 m³, and water resources were very scarce. Floods and waterlogging were frequent in Huaihe Basin, which had seriously affected the stability of water resources. Fortunately, due to inter-regional water transferred, the water supply was guaranteed to a certain extent. Water consumption was shown as agriculture > industry > domestic > ecology, of which agricultural and industrial water consumption were relatively stable, domestic water consumption increased continuously, and ecological water consumption increased rapidly. Since the implementation of SWRMS from 2012, the proportion of class I - III water has increased significantly and the proportion of class V -worse than class V water quality has decreased significantly. In a word, after the implementation of SWRMS, the agricultural and industrial water consumption in the Huaihe Basin has been controlled, the domestic and ecological water consumption increased, and water quality has improved significantly.

Key words Huaihe Basin; Precipitation; Water supply; Water consumption; Water quality

中国正面临严峻的水资源问题, 为改善水资源状况, 淮河流域已经实施最严格的水资源管理制度多年, 并且在不断完善制度体系^[1-3]。此外, 关于淮河流域水资源状况的研究也在不断开展。赵丹等^[4]分析了淮河流域 1959—2016 年的降水特征, 发现流域内降水南北差异显著, 由西北向东南递增, 且细述了不同级别降水的时空分布特征。潘扎荣等^[5]利用 1956—2008 年实测径流资料分析了淮河流域径流时空变化特征, 发现除上游区径流表现出不显著的上升趋势外, 大部分地区呈现下降趋势。风险评估结果显示, 淮河流域水资源短缺风险较高, 且呈缓慢增长趋势^[6]。用水量方面, 陈新颖等^[7]认为总水量的变化受农业用水比例变化的影响程度较大。水质状况方面, 杨琴等^[8]研究发现淮河流域(河南段) 2009—2017 年水质有所改善, 但部分地区水污染问题仍比较严重, 污染物主要来源于工业废水、市政污水及农业灌溉排水。此外, 每年的《淮河片水资源公报》都对流域水资源状况进行了统计。综上所述, 关于淮河流域的水资源量、用水量和水质方面的研究和报道较为丰富, 然而关于执行最严格的水资源管理制度前后淮河流域用水量、用水结构以及水质变

化的报道鲜见。为此, 笔者拟开展相关研究, 总结规律, 发现趋势, 以期为流域水资源管理提供借鉴。

1 材料与方法

1.1 研究区概况 淮河流域是我国七大流域之一, 包括安徽、湖北、河南、山东、江苏 5 省 40 个地(市), 181 个县(市), 面积为 27 万 km², 总人口为 1.65 亿, 平均人口密度高达 611 人/km², 是我国大江大河流域人口密度最大的^[9-10]。该流域是我国南北气候过渡带, 人均水资源占有量低, 属水资源短缺地区, 但因介于长江和黄河两流域之间, 有着引外水补源的有利条件。此外, 该流域存在着水环境恶化问题, 不仅进一步加剧了水资源短缺矛盾, 还严重威胁到居民的饮水安全和健康^[11]。

1.2 数据来源 研究数据主要来源于 1998—2017 年《淮河片水资源公报》, 包括淮河流域近 20 年降雨量、地表水资源量、地下水资源量、地下与地表水资源不重复量、水资源总量、供水量、用水量及河水水质。

2 结果与分析

2.1 近 20 年淮河流域水资源量变化 如图 1 所示, 淮河流域 1998—2017 年降雨量呈降低趋势, 近 20 年平均降雨量为 855.6 mm, 与多年(1959—2016 年)均值 840 mm^[6]相比有所增加, 但降雨量较大值(如 1998、2000、2003、2005 和 2007 年)

作者简介 刘晓林(1987—), 男, 安徽蚌埠人, 工程师, 硕士, 从事水利规划及结构设计研究。* 通信作者, 副教授, 博士, 从事水土资源高效利用研究。

收稿日期 2019-10-11

均发生洪水,降雨被急排,利用率很低。该流域年人均水资源量近20年均值仅为 581.5 m^3 ,约占同期全国平均水平的

28%,可见淮河流域人均水资源量已经处于十分匮乏的水平,水资源量不足是该流域发展的主要制约因素之一。

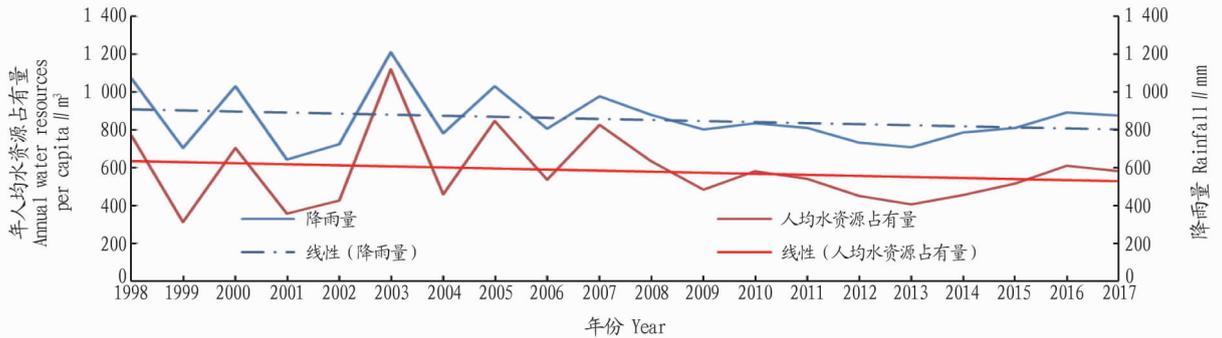


图1 淮河流域1998—2017年地表水资源在水资源总量中占比及降雨量

Fig. 1 Ratio of surface water resources to total water resources and rainfall in Huaihe Basin from 1998 to 2017

表1给出了淮河流域1998—2017年的水资源量,可以看出,近20年淮河流域地表水资源量、水资源总量的年际波动很大,最大值较最小值分别多420.3%和259.8%;相比之下,地下水资源和地下与地表水资源不重复量变动较小,最大值较最小值分别多110.2%和57.8%。此外,与地下水资源相比,地表水资源量相对丰富。结合表1中的备注可以看出该区域洪涝灾害多发,严重影响到水资源量的稳定性。

2.2 1998—2017年淮河流域供用水量变化 淮河流域近20年供水量和用水量情况如表2和图2所示,可以看出,地表

水供水量由地表净水和跨区域调水两部分组成,其在洪水发生年份较低,其余年份基本稳定,这主要得益于跨区域调水对流域供水提供的保障(图2a)。地下水供水量在年际间存在小幅波动,且从2012年后通过控制地下水开采,其供水量出现下降趋势。其他水源是指污水处理再利用量和集雨工程供水量,随着政府对污水处理再利用和集雨工程的重视和加大投入,这部分水源的供水量迅猛上升,在提高供水保障率方面起到了积极作用。在各项供水量中,地表水占比最大,其次是地下水,其他水源供水量占比很小。

表1 1998—2017年淮河流域水资源量

Table 1 Water resources in Huaihe Basin from 1998 to 2017

年份 Year	地表水资源量 ($Q_{\text{地表}}$) Surface water resources 亿 m^3	地下水水资源量 ($Q_{\text{地下}}$) Groundwater resources 亿 m^3	地下与地表水资源 不重复量($Q_{\text{不重复}}$) Non-repeated amount of underground and surface water resources//亿 m^3	水资源总量 ($Q_{\text{总}}$) Total water resources 亿 m^3	备注 Note
1998	927.00	462.10	342.60*	1 269.60	发生洪水
1999	292.30**	285.60**	222.40	514.70**	淮河流域发生严重干旱
2000	828.90	458.30	335.76	1 164.66	发生严重春旱和秋汛
2001	374.96	313.86	217.12**	592.08	发生春夏干旱,淮河断流 176 d
2002	445.36	343.69	256.64	702.00	沂沭泗河水系南四湖地区特大干旱
2003	1 520.75*	600.47*	330.90	1 851.65*	发生自 1954 年以来最大洪水
2004	511.57	391.94	244.48	756.05	国务院在蚌埠召开淮河流域水污染防治现场会
2005	1 111.25	508.08	288.37	1 399.62	淮河上游及部分支流发生洪水
2006	634.06	383.08	248.34	882.40	淮河临淮岗洪水控制工程完工
2007	1 086.25	484.24	280.64	1 366.89	6月下旬至7月发生流域性大洪水
2008	782.14	430.59	265.06	1 047.20	国家防总批复了《淮河洪水调度方案》
2009	543.50	390.52	256.35	799.85	年初发生大旱
2010	709.85	412.41	253.08	962.93	国务院召开治淮工作会议,提出用 5~10 年时间解决淮河治理 5 个方面的突出问题
2011	643.33	398.96	249.22	892.55	中央一号文件明确提出开始实行最严格的水资源管理制度
2012	522.94	352.91	223.06	746.00	淮委出台《“十二五”期间淮河流域推动落实最严格水资源管理制度工作方案》
2013	451.55	345.58	219.69	671.24	水利部印发《关于加快开展全国水生态文明城市建设试点工作的通知》
2014	510.11	355.82	237.88	747.99	淮河干流上游大一型水库出山店水库在信阳开建
2015	607.26	374.24	246.96	854.22	建立跨部门水环境保护协作机制
2016	732.58	428.12	276.97	1 009.55	开展全流域生态流量试点工作
2017	699.82	419.21	258.78	958.60	流域河长制全面建立
均值 Meam	696.77	406.99	262.72	959.49	
标准偏差 Stand- ard deviation	291.08	72.33	37.31	321.59	

注: $Q_{\text{总}}=Q_{\text{地表}}+Q_{\text{不重复}}$; *代表1998—2017年最大值, **代表最小值

Note: $Q_{\text{总}}=Q_{\text{地表}}+Q_{\text{不重复}}$; * represents the maximum value from 1998 to 2017, ** represents the minimum value

从近 20 年用水量(表 2)来看,农业用水量最大,其余各项用水量表现为工业>生活>生态。际年间,农业和工业用水量略有波动,但整体较为稳定;生活用水量在 1998—2002 年间波动较大,从 2003 年开始逐年小幅增长,与 1998 年相比,2017 年生活用水量增加了 43.1%;生态用水量统计是从 2002 年开始的,在 2012 年之前整体表现为上升趋势,2013 和 2014 年连续 2 年降低后,从 2015 年开始快速回升,至 2017 年生态用水量达到了 22.47 亿 m³,占总用水量的 3.6%。各项用水量占比也表现出相似的变化趋势(图 2b)。此外,由图 2b 还可以看出工业与生活用水量占比已经十分接近,生活用水量有追上并超过工业用水量的趋势。形成以上趋势的主要原因是:首先,虽然流域内灌溉农田面积在增加,但是近年来国

家对流域内已老化的中小型灌溉水利工程进行改造,并新建一批灌溉基础设施,使全流域农业灌溉渠系利用系数得到了提高,以及实行种植结构调整等措施,从 2013 年开始,已经起到了非常显著的节水效果,保证了农业用水量不增加;其次,随着人们生活水平的不断提高,生活用水量不断提高,同时一批供水保障工程的建成(例如安徽淮水北调工程),使生活用水量能得到保障;再次,在区域产业结构调整过程中淘汰了一批落后的“三高”污染企业,并且在企业生产工艺升级、用水效率提高的共同作用下,淮河流域工业用水量自 2013 年开始显著降低;最后,随着人们对良好生态环境需求的增长,以及对生态环境保护意识的不断增强,一些湿地得以恢复,森林、公园及绿化带等构成生态景观的生态用水量快速增长。

表 2 1998—2017 年淮河流域供水水量

Table 2 Water supply and consumption in Huaihe Basin from 1998 to 2017

年份 Year	供水量 Water supply // 亿 m ³				用水量 Water consumption // 亿 m ³				
	地表水 Surface water	地下水 Groundwater	其他 Other	总供水量 Total water supply	生活 Life	工业 Industry	农业 Agriculture	生态 Ecology	总用水量 Total water consumption
1998	390.52	177.28	0	567.80	62.24	95.20	409.51	0	565.64
1999	416.11	182.13	2.09	600.33	61.60	101.74	434.51	0	597.85
2000	374.02	178.22	3.77	555.65	64.32	99.56	387.65	0	551.75
2001	425.98	195.35	2.61	624.16	69.42	97.90	456.84	0	624.16
2002	420.87	189.50	1.87	612.22	71.58	93.21	447.51	0.19	612.19
2003	322.08	154.15	0.94	477.16	59.17	95.85	317.40	4.75	477.16
2004	394.43	161.02	0.99	556.44	60.28	97.95	394.08	4.14	556.44
2005	384.94	157.73	1.16	543.83	62.53	105.29	370.98	5.01	543.82
2006	419.54	171.04	1.42	592.05	63.91	107.18	415.45	5.51	592.05
2007	387.77	164.72	1.89	554.38	67.78	99.60	380.59	6.41	554.38
2008	434.22	173.97	3.00	611.20	70.33	98.60	433.28	8.99	611.20
2009	458.73	177.97	2.98	639.67	72.63	97.91	460.74	8.38	639.67
2010	464.15	172.71	3.09	639.96	74.43	98.75	457.57	9.20	639.96
2011	474.29	178.68	4.66	657.63	77.35	104.10	461.27	14.82	657.63
2012	461.64	181.55	4.43	647.62	79.11	104.30	449.32	14.88	647.62
2013	458.44	176.18	5.65	640.28	80.67	104.23	445.19	10.19	640.28
2014	440.64	156.43	8.35	605.42	81.18	93.96	420.98	9.29	605.42
2015	437.97	159.00	10.15	607.11	82.40	92.52	420.08	12.10	607.11
2016	449.69	159.20	11.50	620.39	87.22	92.11	424.39	16.68	620.39
2017	451.17	152.33	12.71	616.21	89.09	90.17	414.47	22.47	616.21
均值 Mean	417.93	170.96	4.16	598.48	71.86	98.51	420.09	7.65	598.05
标准方差 Standard deviation	44.95	12.25	3.69	44.27	9.24	4.84	36.38	6.33	44.56

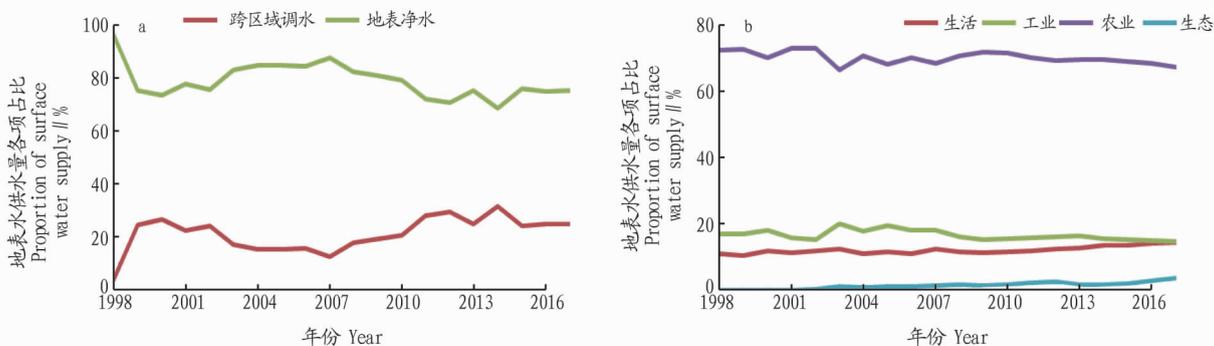


图 2 淮河流域 1998—2017 年地表水供水量(a)及用水量(b)各项占比

Fig. 2 Proportion of surface water supply (a) and water consumption (b) in Huaihe Basin from 1998 to 2017

2.3 1998—2017 年淮河流域河流水质变化 图 3 给出了淮河流域 1998—2017 年全年期河水水质情况,可以看出,I~Ⅲ类水的占比在 1999 年达到了最低值,为 21.6%,其占比从 2000

年开始缓慢波动上升,并于 2013—2017 年出现了大幅增长,至 2017 年占比已经上升到 56.4%;Ⅳ类水的占比表现为缓慢波动上升趋势,与 1998 年 13.7%的占比相比,2017 年已经上

升到 25.7%;2003 年之前淮河水水质极差, V~劣 V 类水质占比一直处于较高水平, 一度达到 63.5%(1999 年), 但从 2004 年开始水质向好, 其占比逐渐降低, 并且从 2013 年开始水质改善加速, 至 2017 年占比已经下降到 17.9%。综上, 自从 2004 年国务院在蚌埠召开淮河流域水污染防治现场会, 并于 2012 年开始实施最严格的水资源管理制度后, 淮河流域水质显著改善, 水环境保护工作已取得十分可喜的成就。未来进一步减少至彻底消除 V~劣 V 类水, 提升水质将是淮河流域水环境保护工作的努力方向。

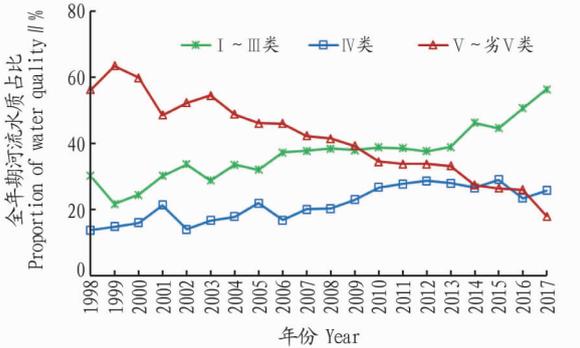


图3 淮河流域 1998—2017 年全年期河水水质(所评价流域按长度所占百分比)

Fig.3 River water quality of Huaihe Basin from 1998 to 2017 (percentage of evaluated river basin by length)

3 结论

(1) 淮河流域水资源十分匮乏且洪涝灾害多发, 严重影响水资源量的稳定性, 但得利于跨区域调水, 供水量得到

一定程度保障。自实施最严格的水资源管理制度起, 淮河流域农业和工业用水量得到控制, 生活和生态用水量得到保障、有所增加, 河流水质显著改善。

(2) 为提高淮河流域水资源质量, 提出 4 点建议: 加强雨、洪资源化利用; 优化用水结构, 提高农业和工业用水效率; 合理控制生活用水量增长速度; 强化点源和面源污染防治, 提升流域水体质量。

参考文献

- 肖幼. 聚焦淮河流域水安全重大问题, 引领新时代治淮事业更好发展——在新时代治淮科技问题研讨会暨淮委科学技术委员会会议上的讲话[J]. 治淮, 2018(11): 4-7.
- 马天儒, 张慧. 淮河流域最严格水资源管理制度保障体系研究[J]. 治淮, 2018(4): 51-53.
- 王津, 张晓玲. 关于完善淮河流域突发水污染应急响应机制的框架构想[J]. 治淮, 2018(12): 65-66.
- 赵丹, 张叶晖, 刘俊杰. 淮河流域近 58 年降水特征分析[J]. 水电能源科学, 2018, 36(11): 9-13.
- 潘扎荣, 郭东阳, 唐世南. 淮河流域径流时空变化特征分析[J]. 水资源与水工程学报, 2017, 28(5): 8-14.
- 胡惠兰, 周亮广. 淮河流域水资源短缺风险评估与时空分析[J]. 南水北调与水利科技, 2017, 15(6): 59-65.
- 陈新颖, 董增川, 寇嘉玮, 等. 淮河流域总用水量与用水结构变化的响应[J]. 水电能源科学, 2019, 37(2): 35-38.
- 杨琴, 汤秋鸿, 张永勇. 淮河流域(河南段)水质时空变化特征及其与土地利用类型的关系[J]. 环境科学研究, 2019, 32(9): 1519-1530.
- 梁家贵. 一部淮河流域史研究的力作——吴海涛等著《淮河流域环境变迁史》评介[J]. 淮阴师范学院学报(哲学社会科学版), 2019(2): 207-209.
- 王辉. 淮河流域水质现状及对策研究[J]. 北方环境, 2013(4): 118-119.
- 王申芳, 王丽, 杨晓灵, 等. 珠江流域片省界缓冲区最严格水资源管理的研究[J]. 人民珠江, 2015(2): 16-19.
- DYKES G A, AMAROWICZ R, PEGG R B. Enhancement of nisin antibacterial activity by a bearberry (*Arctostaphylos uva-ursi*) leaf extract[J]. Food microbiology, 2003, 20(2): 211-216.
- BATPHO K, BOONSUPTHIP W, RACHTANAPUN C. Antimicrobial activity of collagen casing impregnated with nisin against foodborne microorganisms associated with ready-to-eat sausage[J]. Food control, 2017, 73: 1342-1352.
- 肖洁, 张秀琴, 杜文芳, 等. 茶多酚 EGCG 抑制大肠杆菌 O157:H7 生物膜研究[J]. 武汉轻工大学学报, 2017, 36(3): 33-36, 67.
- CHAN E W C, SOH E Y, TIE P P, et al. Antioxidant and antibacterial properties of green, black, and herbal teas of *Camellia sinensis*[J]. Pharmacognosy research, 2011, 3(4): 266-272.
- 李柯欣. 茶多酚的提取、抑菌作用与抑菌机理研究[D]. 成都: 西华大学, 2017.
- 董璐, 代增英, 韩晴, 等. 茶多酚对大肠杆菌抑菌机理的研究[J]. 生物学报, 2015, 32(1): 72-75.
- ANANG D M, MUSUL G, LING F H, et al. Inhibitory effects of lactic acid and lauricidin on spoilage organisms of chicken breast during storage at chilled temperature[J]. International journal of food microbiology, 2010, 144(1): 152-159.
- HUFFMAN R D. Current and future technologies for the decontamination of carcasses and fresh meat[J]. Meat science, 2002, 62(3): 285-294.
- ANANG D M, MUSUL G, BAKAR J, et al. Effects of lactic acid and lauricidin on the survival of *Listeria monocytogenes*, *Salmonella enteritidis* and *Escherichia coli* O157:H7 in chicken breast stored at 4 °C[J]. Food control, 2007, 18(8): 961-969.
- CHAIANE A, ARNAUD E, KONDOYAN A, et al. Effect of steam and lactic acid treatments on the survival of *Salmonella* Enteritidis and *Campylobacter jejuni* inoculated on chicken skin[J]. International journal of food microbiology, 2013, 162(3): 276-282.
- BOOTH I R. Regulation of cytoplasmic pH in bacteria[J]. Microbiological reviews, 1985, 49(4): 359-378.
- 杜小粉, 董全. 冷却肉的保鲜方法及其安全性研究进展[J]. 肉类研究, 2009(4): 35-38.
- VAN BA H, SEO H W, PIL-NAM S, et al. The effects of pre-and post-slaughter spray application with organic acids on microbial population reductions on beef carcasses[J]. Meat science, 2018, 137: 16-23.
- 李培迪, 张德权, 田建文. 天然保鲜剂在肉制品保鲜应用中的研究进展[J]. 食品工业, 2015, 36(2): 235-238.
- LUBELSKI J, RINK R, KHUSAINOV R, et al. Biosynthesis, immunity, regulation, mode of action and engineering of the model lantibiotic nisin[J]. Cellular and molecular life sciences, 2008, 65(3): 455-476.
- ROGERS L A, WHITTIER E O. Limiting factors in the lactic fermentation[J]. Journal of bacteriology, 1928, 16(4): 211-229.
- DE ARAUZ L J, JOZALA A F, MAZZOLA P G, et al. Nisin biotechnological production and application: A review[J]. Trends in food science & technology, 2009, 20(3/4): 146-154.
- COTTER P D, HILL C, ROSS R P. Bacteriocins: Developing innate immunity for food[J]. Nature reviews microbiology, 2005, 3(10): 777-788.
- 夏兵, 马宁. 茶叶活性成分食品保鲜机理及其在水产品、肉品中的应用现状[J]. 中国茶叶加工, 2016(2): 33-37.
- 王凤婷, 靳盼盼, 刘芳, 等. 乳酸对粪肠球菌的抑菌作用及作用机制[J]. 江苏农业学报, 2018, 34(1): 200-206.
- 楼明, 吴杏珊, 龙秀菊. 乳酸及乳酸钠在鲜肉保鲜中的应用[J]. 广州食品工业科技, 1995, 11(1): 19-21.
- 汪陈洁. 乳酸对常见食源性致病菌的抗菌活性与作用机理[D]. 武汉: 华中农业大学, 2014.
- CAO Y, WARNER R D, FANG Z X. Effect of chitosan/ nisin/ gallic acid coating on preservation of pork loin in high oxygen modified atmosphere packaging[J]. Food control, 2019, 101: 9-16.
- 王二霞, 赵健. Nisin 及其在冷却肉保鲜中的应用[J]. 肉类研究, 2008(2): 34-37.

(上接第 188 页)