

绿色制造技术在传统肉制品现代化加工中的应用及发展前景

任晓璞^{1,2}, 朱玉霞¹, 鲍英杰¹, 刘世欣¹

(1.南京农业大学食品科技学院, 肉品加工与质量控制教育部重点实验室, 江苏 南京 210095;

2.塔里木大学生命科学学院, 新疆特色农产品深加工兵团重点实验室, 新疆 阿拉尔 843300)

摘要: 绿色制造技术 (green manufacturing technology, GMT) 是一种环保、健康的现代化加工方式, 将其应用于中国传统肉制品的加工能够生产出对环境和健康友好的肉制品。本文系统分析了肉制品传统加工方式的潜在危害, 同时全面介绍了以绿色制造为基础的肉制品“四非”加工工艺及其产品特点, 并对GMT在传统肉制品加工过程中的发展前景进行了展望。

关键词: 绿色制造技术; 传统肉制品; 现代化加工; 加工工艺

Application and Prospect of Green Manufacturing Technology in Modern Processing of Traditional Meat Products

REN Xiaopu^{1,2}, ZHU Yuxia¹, BAO Yingjie¹, LIU Shixin¹

(1.Key Laboratory of Meat Processing and Quality Control, Ministry of Education, College of Food Science and Technology, Nanjing Agricultural University, Nanjing 210095, China; 2.Production and Construction Group Key Laboratory of Special Agricultural Products Further Processing in Southern Xinjiang, College of Life Sciences, Tarim University, Alar 843300, China)

Abstract: Green manufacturing technology is an environmentally friendly, healthy modern processing method, which can be applied to traditional Chinese meat processing to produce environmentally friendly and healthy meat products. This article systematically analyzes the potential hazards of the traditional processing methods in meat production. Meanwhile, a comprehensive overview of the “four non” processing technology based on the green manufacturing and its product characteristics is presented. Finally, future prospects for the development of green manufacturing technology for traditional meat processing are discussed.

Key words: green manufacturing technology (GMT); traditional meat products; modern processing; processing technology
DOI:10.7506/rlyj1001-8123-201711010

中图分类号: TS251.5

文献标志码: A

文章编号: 1001-8123 (2017) 11-0060-05

引文格式:

任晓璞, 朱玉霞, 鲍英杰, 等. 绿色制造技术在传统肉制品现代化加工中的应用及发展前景[J]. 肉类研究, 2017, 31(11): 60-64.
DOI:10.7506/rlyj1001-8123-201711010. <http://www.rlyj.pub>

REN Xiaopu, ZHU Yuxia, BAO Yingjie, et al. Application and prospect of green manufacturing technology in modern processing of traditional meat products[J]. Meat Research, 2017, 31(11): 60-64. DOI:10.7506/rlyj1001-8123-201711010. <http://www.rlyj.pub>

我国传统肉制品的历史悠久, 至今已达3 000余年, 因其独特的色、香、味、形而闻名于世, 是世界珍贵历史文化遗产的重要组成部分。按照不同的产品特征和加工工艺可以将传统肉制品分为肠类肉制品 (中式香肠、熏煮香肠等)、火腿肉制品 (干腌火腿、熏煮火腿等)、腌腊肉制品 (腊肉、咸肉等)、酱卤肉制品 (白煮肉、酱卤肉等)、熏烧烤烤肉制品 (熏烤肉、烧烤肉等)、干肉制品 (肉松、肉干等)、油炸肉制品 (挂糊

炸肉、清炸肉等)、调制肉制品 (生鲜、冷冻肉制品等) 及其他类肉制品 (鱼罐头等) 九大类^[1]。随着我国食品工业的快速发展以及国民生活水平的不断提高, 对加工肉制品品质提出了更高的要求, 我国传统肉制品不仅需要实现工业化, 还要满足消费者对营养、安全、绿色、健康肉制品的需求, 因此, 在加工工艺和技术理论方面存在诸多问题亟待改进和解决。例如, 加工设备简陋、工艺落后, 工业化生产难以实现; 卫生条件差, 产

收稿日期: 2017-07-26

作者简介: 任晓璞 (1985—), 男, 讲师, 博士研究生, 研究方向为肉品加工与质量控制。E-mail: alarxp@126.com



品质量不稳定；生产周期长、出品率低、成本高，不利于市场竞争；地域条件影响大等^[2-4]。在我国传统肉制品现代化进程中，越来越多的研究人员认识到所面临的问题并及时进行多方位、全面、系统的研究，以推进我国传统肉制品现代化的快速发展，具体包括改进和完善传统肉制品配方及加工工艺、研发新型加工设备、应用新型包装材料及包装技术、推广先进的贮藏保鲜技术等^[5-6]。加工肉制品绿色制造技术（green manufacturing technology, GMT）是对传统肉制品加工技术的一次革新。

1 肉制品GMT的提出

早在20世纪90年代，世界癌症研究基金会专家组就指出，肉类经油炸、烧烤或烟熏后会产生食源性致癌、致突变物，且与未经处理肉类中的含量差异很大，没有令人信服的证据支持现有的油炸、烟熏或烧烤等加热方法能改变其致癌风险这一说法。世界卫生组织国际癌症研究机构（International Agency for Research on Cancer, IARC）基于肌肉食品传统加热技术的研究，对红肉及加工肉制品的致癌性进行了评价，将肠类制品、腌制火腿、培根等加工肉制品列为1类致癌物，且认为加热是导致食源性致癌、致突变物形成的主要决定因素^[7]。

传统特色肉制品一直深受消费者的青睐，而其加工方式主要涉及烧烤、油炸、烟熏、卤煮等工艺，加热温度通常在160~250℃，在加热过程中，肉中的天然组分，如蛋白质、肽类、氨基酸、还原糖、脂肪和维生素等，发生降解反应和美拉德反应，在赋予肉制品良好色泽及风味的同时也不可避免地导致有害物质的产生，如3,4-苯并芘、杂环胺、反式脂肪酸、甲醛、胆固醇氧化物和油脂氧化物等。例如，肉类在高温油炸过程中会不同程度地产生杂环胺和反式脂肪酸等，其中许多杂环胺类化合物属于对人类“很可能致癌物（2A级）”或“潜在致癌物（2B级）”^[8-9]。油炸产生的油烟排入大气会造成环境污染，经常食用熏制及烧烤牛肉、羊肉、猪肉、鱼肉等肉类食品使人体摄入多环芳烃、杂环胺等化合物的几率大大增加^[10]。随着老卤（老汤）使用次数的增加，酱卤肉制品中杂环胺和胆固醇氧化物的含量也不断提高。与此同时，油炸、烧烤和烟熏等传统加工方式也会向大气中排放大量PM 2.5（细颗粒物）和甲醛等。食品工业和餐饮业采用的传统油炸和烧烤加热方法排放的PM 2.5质量浓度高达1 800~2 440 μg/m³，甲醛质量浓度达0.167~0.270 mg/m³，而且这类PM 2.5颗粒物中还携带高浓度的3,4-苯并芘和杂环胺等有害物质^[11]。据不完全统计，北京周边地区每年因烧鸡生产就会排放200 t细颗粒物。另一方面，厨房油烟也不容忽视，虽然厨房油烟净

化器能过滤掉大部分油烟物质，但是对于PM 2.5而言，净化器的效果并不理想，长期暴露于高温油炸油烟、烧烤油烟和厨房小环境油烟使人们罹患肺癌的风险增加2~3倍^[12-13]。

营养、健康和安全是保证加工肉制品健康消费的重要前提。为了减少或消除由油炸、烟熏或烧烤等传统加热方法对环境与健康带来的风险，肉制品GMT的研究和应用正在日益受到研究者和生产者的广泛关注。绿色制造是一种环保、健康的现代化制造方式，能最大程度地减少加工过程中产生的有害物质，生产对人类和环境有益的食品。

2 “四非”肉制品GMT

GMT隶属于绿色化学范畴，绿色化学代表着从最根本的层面解决为实现可持续发展过程中的挑战所做出的关键努力，在生产、转化和利用化工类产品时重新审视、设计并创建科学的工具，以提高效率和效能，同时尽量减少浪费和危害^[14]。GMT是指利用绿色化学原理对传统工艺进行改造，是现代食品科学发展的必然趋势。加工肉制品绿色制造是指以优质肉为原料，利用绿色化学原理和手段对产品进行绿色工艺设计，从而在加工、包装、贮运及销售过程中把产品对人体健康和环境的危害降到最低，并使经济效益和社会效益得到协调优化的一种现代化制造方法或途径^[15-16]。

肉制品GMT是“非油炸、非烧烤、非烟熏、非卤煮”的“四非”技术，倡导“不用一滴油、不用一缕烟、不用一丝一毫化学合成的香精色素”的绿色加工理念，是健康友好型和环境保护型的现代加工技术。开展加工肉制品绿色制造研究要探索肌肉食品原料及其组分在加热过程中的化学变化，阐明主要组分的热变化机理和规律，揭示其相互作用规律。肌肉食品原料和添加物的热变化非常复杂，在加热过程中既能产生对健康有益的物质，又能形成对健康有害的物质。

3 “四非”肉制品GMT的应用

GMT产品将随着公众健康和安全意识的增强而迎来更大的需求。以绿色制造为基础的肉制品“四非”加工工艺是对传统产业进行的现代化改造，有效地提高了产品的食用品质及安全性，同时实现了传统肉制品的配方科学化、工艺现代化和产品健康化，这对指导肉制品安全加工、促进我国肉制品加工业产业结构的调整，使其健康、稳定、快速发展意义重大。

3.1 非油炸技术

油炸食品是我国的传统食品之一，因其色泽金黄、



质地酥脆及特有的风味与口感成为国内外消费者广泛接受的一大类食品。但是近年来的研究表明,油炸食品的安全性存在很大问题,经常食用油炸食品对身体健康极为不利^[17]。经过高温油炸后的肉制品富含油脂及其氧化产物,并且会产生多环芳烃类和杂环胺类等致癌、致突变物^[18];同时,油在高温下反复使用会产生反式脂肪酸和丙烯酰胺^[8],油炸产生的油烟中含有3,4-苯并芘和甲醛等有害物质^[11],这些物质均为直接的或潜在的致癌致畸物,严重威胁人类的健康。

绿色制造非油炸技术主要包括制备增香液、腌渍入味、热力场干燥及喷淋风味料包等过程^[19-20],其加工工艺主要包括2个阶段:1)干燥阶段,此时产品失去部分水分,有利于产品的着色和产品形态的形成;2)着色阶段,此时在较低温度下向产品喷淋风味料包进行着色和增香^[21]。采用绿色制造非油炸技术能有效提高加工肉制品的色泽和风味,显著减少致癌致畸物等有害物质的产生,大大降低PM 2.5的排放量,提高加工肉制品的安全性、卫生性和食用品质,符合消费者健康、安全的饮食需求,并且有利于提高相关企业的经济效益,为加工肉制品的绿色制造开辟了新的途径。

3.2 非卤煮技术

酱卤肉制品在我国已有几千年历史,它是我国传统加工肉制品的典型代表,其产品外形美观、色泽鲜亮、风味醇厚、美味可口,深受消费者的欢迎和喜爱。老卤对酱卤肉制品而言不可或缺,它是反复煮制后的卤汤。传统观念认为,随着老卤连续使用时间的延长,原料肉中的可溶性蛋白质、呈味核苷酸等物质会越来越多地溶解在老卤中,产品的风味就越浓厚;企业在生产加工时也极为强调老卤的质量,认为老卤愈老愈好,常将“百年老卤”视为珍品并积极宣传^[22]。但随着人们对食品安全问题的重视,传统酱卤工艺中的老卤由于反复使用而产生的安全隐患逐渐引起关注,其主要有害物质为杂环胺,这已得到多位研究人员的证实^[23-24]。

绿色制造非卤煮工艺采用腌渍入味和热力场干燥技术,在保证畜禽肉制品传统风味的同时极大地减少了产品中有害物质的形成。腌渍入味是根据不同地区消费者的饮食习惯选择不同种类和比例的香辛料,制备香辛料包底物^[25],其后采用循环热力场干燥技术,分3个阶段对肉制品进行干燥。在节约产品制备时间的同时,能够通过控制热风速度和温度、注射保水剂及添加护色剂等方式调控原料肉表皮的温湿度,在一定时间内调控原料肉的质构和色泽,使其经过高温灭菌后仍能保持脆嫩的口感^[26]。

3.3 非烟熏技术

烟熏肉制品在国内外均有悠久的历史,它是指用木材不完全燃烧时生成的挥发性物质对原料肉进行熏制的过程^[27]。由于饮食习惯的差异,世界不同地区对不同浓

度烟熏味的爱好不同,我国湖南、四川、重庆、贵州及云南等地对烟熏味尤其青睐。烟熏在使肉制品获得烟熏味的同时,还能够使其获得一些其他优良特性,如使肉制品脱水,并产生特有香味、改善肉制品色泽、具有一定的防腐和抗氧化作用、延长肉制品的贮藏期和货架期等^[28]。但是传统烟熏肉制品在形成烟熏风味和色泽的同时,也受到许多有害物质的污染,如多环芳烃、甲醛等强致癌致畸物^[29-30]。液熏技术的应用大大减少了多环芳烃的污染,但甲醛的污染仍未得到有效控制。在中华人民共和国卫生部新颁布的《食品添加剂使用标准》中明确删除了甲醛等品种,不允许其再在食品中使用。因此,绿色制造非烟熏技术的应用显得尤为重要,其能够实现烟熏肉制品在保持传统烟熏风味的同时不含有害物质,做到真正的安全、健康。

绿色制造非烟熏技术的核心是无甲醛、无3,4-苯并芘、色味安全三效烟熏液的研制^[31]。目前普遍认为熏烟及烟熏液中的主要成分为酚类、羰基类、有机酸类、醇类和酯类化合物等^[32],将这些物质按一定比例进行复配,采用配方均匀设计配制烟熏液,再结合分段式热力场干燥技术制备无甲醛、无3,4-苯并芘的烟熏肉制品^[33]。采用绿色制造非烟熏工艺制作的肉制品在色、香、味方面与采用传统工艺制作的烟熏肉制品基本一致,甚至更优;同时大大降低了甲醛及3,4-苯并芘等有害物质的含量,提高了产品品质,也解决了传统工艺导致的肉制品表面结痂、干硬的问题,简化并优化了传统烟熏工艺,缩短了工艺时间,降低了生产成本。

3.4 非烧烤技术

烧烤肉制品因其独特的风味而受到世界各地人民的欢迎,在欧美又被称作“BBQ (barbecue)”,是欧美国家最主要的肉品加热方式。在我国,烧烤文化的发展更是源远流长,汉代期间就有民间炙烤羊肉串的记载,到后来的魏晋、明清时期烤羊肉串已广负盛名。烧烤是以空气或燃料为热源,直接或间接对食物进行加热的一种加热方式,其加热温度一般在190~260℃之间,在此温度下食物发生一系列生物化学反应,产生特有的烧烤香味和色泽,其中美拉德反应、脂质氧化和硫胺素的降解在烧烤风味的形成过程中起重要作用^[34]。但由于烧烤通常在高温条件下进行,很容易导致杂环胺、3,4-苯并芘等致癌、致畸、致突变物及其他有害物质的产生^[35]。

绿色制造非烧烤技术是将原料肉置于110~120℃范围内的热力场干燥条件下,基于美拉德反应定向控制的基本原理,使原料肉中的烧烤香味前体物与底物混合物产生良好色泽和特殊烧烤风味的过程^[36]。前体物的添加和美拉德反应的定向控制能够使非烧烤肉制品保持传统烤肉的色泽和质构品质,具有良好的烧烤风味和传统特色烧烤产品的感官品质。同时,香辛料的腌制作用和低



表1 GMT与传统加工技术肉制品的特点及有害物质含量对比

Table 1 Comparison of harmful substances in meat products between green manufacturing technology and traditional processing technology

加工技术	产品	油炸、烧烤、卤煮	加工温度/℃	产品特点	有害物质含量			
					3,4-苯并芘 ^[36,38] (μg/kg)	杂环胺 ^[17,19] (μg/kg)	反式脂肪酸 ^[17,19] (g/kg)	PM 2.5 ^[11,37] (μg/m ³)
传统加工技术	熏鱼	是	170~260	有氧化味, 高温灭菌后咀嚼感欠佳	1.30~15.20	20.89~108.00	53.46~130.96	1 500~2 500
GMT	禽类	否	120~130	无氧化味和油炸味, 高温灭菌后口感脆嫩	0.11~0.32*	0.98~1.50	未检出	100~200

注: *.德国标准中规定不超过1.0μg/kg, 而我国国家标准中规定低于5.0μg/kg。

温热力场干燥技术使产品中的杂环胺和3,4-苯并芘等有害物质的含量大大降低^[37-38]。

GMT研究人员在探索新型肉制品加工方法的同时, 积极完善加工肉制品中各种有害物质的检测方法。朱易^[39-40]、芮露明^[41]等通过优化实验条件, 建立了用气相色谱-质谱(gas chromatography-mass spectrometry, GC-MS)法测定烟熏肉制品中甲醛含量的方法; 邵斌等^[42]建立了固相萃取-高效液相色谱法同时测定传统禽肉制品中9种杂环胺类化合物的方法; 钱烨等^[43]完善了GC-MS法测定干腌火腿中胆固醇氧化物(cholesterol oxidation products, COPs)含量的方法。

3.5 绿色制造加工肉制品的特点

基于“四非”加工工艺的绿色制造加工肉制品保持了传统特色肉制品的良好风味和感官品质, 极大地降低了加工肉制品中有害物质的含量, 在满足人们追求营养、健康理念的同时, 促进了现代化加工技术在传统肉制品中的应用。绿色制造加工肉制品与传统加工肉制品的特点及有害物质的含量对比如表1所示。

4 加工肉制品GMT的发展前景

2016年8月中华人民共和国国务院发布的《“十三五”国家科技创新规划》^[44]中多次提到“绿色制造”, “十三五”时期将全面推进“创新、协调、绿色、开放、共享”发展, 确保全面建成小康社会。

“十三五”期间, 中国将全面推行绿色制造, 支持绿色金融、绿色产业的发展, 加快构建高效、清洁、低碳、循环的绿色制造体系, 引导消费朝着智能、绿色和健康的方向转变。这意味着大到国家层面, 小到科研工作者, 均看好绿色制造在中国的发展前景。开展加工肉制品绿色制造研究要探索加工过程中有害物质的形成机理和规律及有害物质产生的必要条件和充分条件。氨基酸、还原糖及其混合物在不同的加热方式下并非都会产生杂环胺化合物, 也并非在任何条件下都会产生人们不期望的物质。研究绿色制造的目的是要揭示风味物质、色素物质和有害物质形成之间的内在联系, 并在此基础上进行调控研究, 开发关键技术。开展加工肉制品绿色制造研究要探究肌肉食品原料加工过程中的物理变化、研究传热、传质对肌肉食品原料形态变化的影响规

律、揭示单向和双向传质过程中肌肉食品原料形态特征的变化规律以及风味和有害物质形成之间的规律、揭示传导、对流和辐射及其相对强度与风味、有害物质形成之间的规律、创新开发关键技术设备或操作单元, 使肌肉食品原料在较低的温度下产生人们期望的色泽、香气和味道, 并有效减少或消除加工过程中有害物质的产生及PM 2.5和有害气体的排放。要利用现代智能技术和机械装备武装肉类加工业, 最终实现加工肉制品的配方科学化、工艺现代化、生产标准化和产品健康化。

大力发展GMT对于调整产业结构、淘汰落后产能、促进产业技术升级换代、改善公众的营养健康状况以及加快生态文明建设具有重要的现实和历史意义。随着经济和社会的进步和科学技术的发展, 食品绿色化学这个新兴学科, 无论在理论还是实践方面必将得到长足的发展。

参考文献:

- [1] 周光宏. 畜产品加工学[M]. 北京: 中国农业出版社, 2011: 126-159.
- [2] 翁航萍, 宋翠英, 王盼盼. 对我国传统肉制品的探讨[J]. 肉类研究, 2007, 21(12): 3-5.
- [3] 周光宏, 赵改名, 彭增起. 我国传统腌腊肉制品存在的问题及对策[J]. 肉类研究, 2003, 17(1): 3-7.
- [4] 孙东跃. 中国传统肉制品现代化工业加工研究进展[J]. 中国食品添加剂, 2012(5): 203-206. DOI:10.3969/j.issn.1006-2513.2012.05.026.
- [5] 励建荣. 中国传统肉制品的现代化[J]. 食品科学, 2005, 26(7): 247-251.
- [6] 武晗, 刘怀伟. 中国传统肉制品发展新思路[J]. 肉类研究, 2007, 21(1): 25-27.
- [7] BOUVARD V, LOOMIS D, GUYTON K Z, et al. Carcinogenicity of consumption of red and processed meat[J]. Lancet Oncology, 2015, 16(16): 1599-1600. DOI:10.1016/S1470-2045(15)00444-1.
- [8] 卫璐琦, 刘彪, 张雅玮, 等. 油炸与油炸食品中的反式脂肪酸产生、危害及消减[J]. 肉类研究, 2014, 28(7): 32-37.
- [9] 刘彪, 彭增起, 张雅玮, 等. 油炸对鸡肉中反式脂肪酸含量及棕榈油品质的影响[J]. 食品工业科技, 2015, 36(16): 147-150. DOI:10.13386/j.issn1002-0306.2015.16.022.
- [10] 冯云, 彭增起, 崔国梅. 烘烤对肉制品中多环芳烃和杂环胺含量的影响[J]. 肉类工业, 2009(8): 27-30. DOI:10.3969/j.issn.1008-5467.2009.08.011.
- [11] 石金明, 彭增起, 朱易, 等. 烧鸡油炸烟气中PM 2.5浓度及有害物质含量的测定[J]. 肉类研究, 2013, 27(4): 36-39.
- [12] 倪合一. 警惕厨房油烟[J]. 食品与健康, 2006(6): 33.
- [13] 张晓, 杨琼英, 林国桢, 等. 大气污染与居民肺癌发病及死亡灰色关联分析[J]. 中国公共卫生, 2014, 30(2): 165-170. DOI:10.11847/zgggws2014-30-02-12.

- [14] LI C J, ANASTAS P T. Green chemistry: present and future[J]. Chemical Society Reviews, 2012, 41(4): 1413-1414. DOI:10.1039/c1cs90064a.
- [15] 彭增起, 吕慧超. 绿色制造技术: 肉类工业面临的挑战与机遇[J]. 食品科学, 2013, 34(7): 345-348. DOI:10.7506/spkx1002-6630-201307073.
- [16] 吕慧超, 彭增起, 刘彪. 绿色制造技术在我国肉类工业中的发展[J]. 肉类工业, 2013(6): 45-49. DOI:10.3969/j.issn.1008-5467.2013.06.015.
- [17] WANG Yuan, HUI Teng, ZHANG Yawei, et al. Effects of frying conditions on the formation of heterocyclic amines and trans fatty acids in grass carp (*Ctenopharyngodon idellus*)[J]. Food Chemistry, 2015, 167: 251-257. DOI:10.1016/j.foodchem.2014.06.109.
- [18] 邵斌, 张雅玮, 彭增起, 等. 传统烧鸡加工工业面临的挑战和机遇[J]. 肉类研究, 2011, 25(5): 33-36.
- [19] 王园. 传统熏鱼非油炸加工技术研究[D]. 南京: 南京农业大学, 2014: 49-68.
- [20] 闫利萍. 基于蛋白质水解技术和美拉德反应的鸡肉产品加工新技术的研究[D]. 南京: 南京农业大学, 2009: 41-55.
- [21] 彭增起, 惠腾, 王园, 等. 四非肉制品加工方法: 中国, 201210131864.8[P]. 2012-08-01.
- [22] 唐春红, 李海, 李侠, 等. 反复卤煮对老汤品质的影响研究[J]. 现代食品科技, 2015, 31(5): 187-192. DOI:10.13982/j.mfst.1673-9078.2015.5.030.
- [23] YAO Yao, PENG Zengqi, WAN Kehui, et al. Determination of heterocyclic amines in braised sauce beef[J]. Food Chemistry, 2013, 141(3): 1847-1853. DOI:10.1016/j.foodchem.2013.05.010.
- [24] 潘晗, 王振宇, 郭海涛, 等. 酱肉中 β -咔啉harman和norharman来源的研究[J]. 中国农业科学, 2013, 46(14): 3003-3009. DOI:10.3864/j.issn.0578-1752.2013.14.016.
- [25] 姚瑶, 彭增起, 邵斌, 等. 20 种市售常见香辛料的抗氧化性对酱牛肉中杂环胺含量的影响[J]. 中国农业科学, 2012, 45(20): 4252-4259. DOI:10.3864/j.issn.0578-1752.2012.20.015.
- [26] 彭增起, 惠腾, 王园, 等. 一种低钠脆嫩盐水禽肉制品的加工工艺: 中国, 201210564155.9[P]. 2013-03-13.
- [27] 汤定明. 肉制品加工中的烟熏技术[J]. 肉类工业, 2006(10): 36-39. DOI:10.3969/j.issn.1671-9646-C.2007.10.033.
- [28] 夏秀芳, 孔保华. 肉制品的烟熏技术[J]. 黑龙江畜牧兽医, 2005(3): 73-74. DOI:10.3969/j.issn.1004-7034.2005.03.047.
- [29] 朱易, 汪敏, 田锐花, 等. 烟熏肉制品的危害及控制[J]. 肉类研究, 2011, 25(12): 44-47.
- [30] 靳红果, 刘华琳, 张瑞, 等. 食品中甲醛及其检测方法[J]. 食品工业科技, 2013, 34(19): 373-377. DOI:10.13386/j.issn1002-0306.2013.19.058.
- [31] 彭增起, 朱易, 沈明霞. 一种色味安全三效食品烟熏液及其制备方法: 中国, 201110141175.0[P]. 2011-12-28.
- [32] 吕玉, 臧明伍, 史智佳, 等. 气相色谱-嗅闻-质谱联用分析烟熏液中的挥发性风味物质[J]. 肉类研究, 2012, 26(12): 5-7.
- [33] 汪敏, 彭增起, 崔昱清, 等. 正交试验优化无甲醛无3,4-苯并芘烟熏香肠工艺[J]. 肉类研究, 2014, 28(2): 5-11.
- [34] 刘森轩, 彭增起, 吕慧超, 等. 120℃条件下模型体系烤牛肉风味的形成[J]. 食品科学, 2015, 36(10): 119-123. DOI:10.7506/spkx1002-6630-201510024.
- [35] 吕慧超, 彭增起, 刘森轩, 等. 温和条件下模型体系中烧烤风味及杂环胺形成测定[J]. 食品科学, 2015, 36(8): 150-155. DOI:10.7506/spkx1002-6630-201508027.
- [36] 吕慧超. 基于定向美拉德反应和热力场干燥技术的烤猪肉挥发性风味物质研究[D]. 南京: 南京农业大学, 2015: 43-53.
- [37] 石金明. 传统烤鸭热力场干燥加工技术研究[D]. 南京: 南京农业大学, 2014: 51-64.
- [38] 刘森轩. 基于牛肉酶解和定向美拉德反应的烤牛肉风味物质形成[D]. 南京: 南京农业大学, 2015: 35-48.
- [39] ZHU Yi, PENG Zengqi, WANG Min, et al. Optimization of extraction procedure for formaldehyde assay in smoked meat products[J]. Journal of Food Composition and Analysis, 2012, 28(1): 1-7. DOI:10.1016/j.jfca.2012.07.002.
- [40] 朱易, 彭增起, 芮露明, 等. 烟熏肉制品中甲醛含量的测定[J]. 食品科学, 2012, 33(14): 171-174. DOI:10.7506/spkx1002-6630-201408028.
- [41] 芮露明, 彭增起, 汪敏, 等. GC-MS法测定烟熏腊肉中的甲醛含量[J]. 食品科学, 2014, 35(8): 142-146. DOI:10.7506/spkx1002-6630-201408028.
- [42] 邵斌, 彭增起, 杨洪生, 等. 固相萃取-高效液相色谱法同时测定传统禽肉制品中的9 种杂环胺类化合物[J]. 色谱, 2011, 29(8): 755-761. DOI:10.3724/SP.J.1123.2011.00755.
- [43] 钱烨, 彭增起, 周光宏. 干腌火腿中胆固醇氧化物含量研究[J]. 食品科技, 2017, 42(5): 116-119.
- [44] 中华人民共和国国务院. 国务院关于印发“十三五”国家科技创新规划的通知[EB/OL]. (2016-08-08) [2017-10-24]. http://www.gov.cn/jzhengce/content/2016-08/08/content_5098072.htm.