

天然提取物在传统肉制品加工中的应用研究进展

王 丽¹, 李 雪¹, 李 亮², 郭 振³, 刘光宪^{1*}

(1. 江西省农业科学院农产品加工研究所, 南昌 330200; 2. 宜春市餐饮服务保健食品化妆品监督所, 宜春 336000;
3. 江西煌上煌集团食品股份有限公司, 南昌 330200)

摘 要: 传统肉制品凭借浓厚的文化底蕴、独特的风味及加工工艺, 深受消费者欢迎, 但其在加工贮藏过程中易出现氧化酸败、腐败变质、亚硝胺超标等安全问题。这在一定程度制约了传统肉制品加工产业的发展。如何在保持传统风味与特色的同时, 能有效降低传统肉制品的安全隐患, 达到迎合市场营养健康饮食理念的目的, 已然成为传统肉制品加工研究的热门话题。近年来, 天然提取物因具有安全、防腐、抗氧化等特性而广泛应用于传统肉制品中。为此, 本文结合国内外相关研究成果, 对传统肉制品分类、主要存在的安全问题、天然提取物在传统肉制品中的应用研究及其作用机制进行概述, 旨在为传统肉制品加工研究提供参考与借鉴。

关键词: 天然提取物; 传统肉制品; 氧化酸败; 亚硝胺

Research progress on the application of natural extracts in the processing of traditional meat products

WANG Li¹, LI Xue¹, LI Liang², GUO Zhen³, LIU Guang-Xian^{1*}

(1. Institute of Food Science and Technology, Jiangxi Academy of Agricultural Sciences, Nanchang 330200, China;
2. Yichun Catering Service Health Food and Cosmetics Supervision Office, Yichun 336000, China;
3. Jiangxi Huangshanghuang Group Food Co., Ltd, Nanchang 330200, China)

ABSTRACT: Traditional meat products are popular with consumers due to their rich cultural deposits, unique flavor and processing technology. However, they are prone to safety problems such as oxidation rancidity, corruption and deterioration, and excessive levels of nitrosamine in the process of processing and storage, which restrict the development of traditional meat processing industry to a certain extent. How to effectively reduce the safety risks of traditional meat products while maintaining the traditional flavor and characteristics, and to meet the market's nutritional and healthy diet concept has become a hot topic in the research on the processing of traditional meat products. In recent years, natural extract has been widely used in traditional meat products because of its safety, anti-corrosion, anti-oxidation and other characteristics. Therefore, based on the related research results at home and abroad, this paper summarized the classification of traditional meat products, the main safety problems, the application of natural extract in traditional meat products and its mechanism, in order to provide reference for the research of traditional meat products processing.

KEY WORDS: natural extract; traditional meat products; oxidative rancidity; nitrosamines

基金项目: 江西省农业科学院博士启动基金(2019CBS001)、江西现代农业科研协同创新专项项目(JXBTCXQN201905)

Fund: Supported by Doctoral program of Jiangxi academy of Agricultural Sciences (2019CBS001), Jiangxi Modern Agricultural Scientific Research Collaborative Innovation Special Project (JXBTCXQN201905)

*通讯作者: 刘光宪, 博士, 副研究员, 主要研究方向为畜禽加工。E-mail: liugx178@163.com

*Corresponding author: LIU Guang-Xian, Ph.D, Associate Professor, Institute of Food Science and Technology, Jiangxi Academy of Agricultural Sciences, No.265, Nanlian Road, Nanchang 330200, China. E-mail: liugx178@163.com

1 引 言

传统肉制品又称为中式肉制品, 凭借浓厚的文化底蕴和独特的“色、香、味、形”及加工工艺而成为一种中华饮食文化的符号, 深受消费者的青睐, 并以此而闻名于世^[1]。我国传统的肉制品距今已有 3000 多年历史, 是古代先祖为了便于贮藏、改善风味、丰富产品类型等为目的而世代相传发展的传承肉制品^[2], 单品质优良且有名的传统肉制品就高达 500 多种^[3]。并逐渐形成了具有中国传统饮食特色的肉制品, 如烟熏腊肉、腊肠、火腿等, 占据在我国肉制品份额的“半壁江山”, 起到举足轻重的作用。

传统肉制品营养价值高, 蛋白质、脂肪、必需氨基酸、矿物质等含量丰富^[4], 但其加工储藏过程中易出现氧化酸败、腐败变质、亚硝胺超标等突出的安全问题^[5-7]。从而严重制约传统肉制品的产业发展。为此, 如何在保持传统风味与特色的同时, 能有效降低传统肉制品的安全隐患, 达到迎合市场营养健康饮食理念的目的, 已然成为传统肉制品研究的热门话题。近年来, 天然提取物因具有安全、防腐抗氧化等特性而广泛应用于传统肉制品中^[8]。本文通过对传统肉制品及天然提取物在传统肉制品中应用的国内外相关研究成果进行概述, 旨在为传统肉制品研究提供参考与借鉴。

2 传统肉制品概述与分类

我国传统肉制品历史悠久, 具有浓厚的文化底蕴, 距今已有 3000 多年的历史, 在《周礼》、《易经》、《礼记》、《齐民要术》等古代书籍中, 均有与肉制品储藏加工的相关记录^[1]。我国传统肉制品在历史的沉淀下, 凝聚着古代先祖们的智慧, 并逐渐形成了具有中国传统饮食特色的肉制品, 也是世界上珍贵的非物质饮食文化遗产, 在推动我国肉制品的发展有着举足轻重的作用^[3]。

目前, 传统肉制品凭借着品种多样性、风味独特性、分布广泛性等特征, 而形成相对独立的肉品体系。根据原产地及风味的差异性, 传统肉制品可分为北味(京式)、南味(苏式)、广味(广式)、川味(云、贵、川、湖南) 4 大类, 分别在北京、南京、岭南及成都地区形成区域特色。其中, 不同原产地的典型风味代表传统肉制品见表 1^[9]。根据不同的加工工艺, 传统肉制品可分为腌腊制品、火腿制品、灌肠制品、熏烤制品、酱卤制品、干制制品、油炸制品 7 大类。其中, 不同加工工艺的典型代表传统肉制品见表 2^[10,11]。

表 1 不同产地的典型风味传统肉制品 Table 1 Typical flavors of traditional meat products from different regions		
种类	风味特征	典型风味代表
北味	新鲜、酥脆	北京烤鸭、酱肉、白煮肉
南味	口味醇厚、甘甜	金华火腿、如皋火腿、盐水鸭干、酱排
广味	爽口、鲜嫩	广味香肠、腊肉、烤鹅、烤乳猪
川味	麻、辣、鲜、香	川味香肠、腊肉、蝴蝶鼻、灯影牛肉干

3 天然提取物的概述

天然提取物普遍以水果、蔬菜、香辛料等为原料, 采用适当的辅助方法协同溶剂提取。由于提取物原料来源广、活性物质含量高、安全、抗氧化活性强等, 常作为天然抗氧化剂广泛用于食品、医药等行业。

天然抗氧化剂根据溶解性可分为水溶性和脂溶性 2 大类。其中, 常见水溶性有: 维生素 C、茶多酚、原花青素等; 脂溶性有: 维生素 E、番茄红素、胡萝卜素等。按照其物质功能性结构可分为: 黄酮类、单宁、维生素族、含氮化合物、植酸等。

表 2 不同加工工艺的传统肉制品 Table 2 Traditional meat products with different processing techniques		
种类	加工工艺	典型代表
腌腊制品	预先酸洗、调味, 再风干或烘焙而成	咸肉、腊肉、风干肉
火腿制品	采用无骨猪腿为原料, 经过腌制、熏制、干燥、发酵等工艺而成	干腌火腿、熏煮火腿
灌肠制品	预先将肉糜调味后灌肠, 再经干燥处理而成	发酵香肠、烟熏香肠
熏烤制品	预先腌制或煮熟, 再烟熏或烘烤而成	熏烤肉、烧烤肉
酱卤制品	经预煮后, 再用香辛料和调味料加水煮制而成	白煮肉类、酱卤肉类、糟肉类
干制制品	预先烹调或调味, 再经过干燥处理而成	肉松、肉丁、肉干
油炸制品	用油炸或油(高温)浇制而成	挂糊炸肉、清炸肉

4 天然提取物在传统肉制品品质安全控制中的应用

传统肉制品加工方式有腌制、熏烤、发酵、酱卤、油炸等,在加工储藏过程中易出现氧化酸败、腐败变质、亚硝酸超标等突出的安全问题。主要原因有 2 个方面:(1) 生产加工易受原料、加工场地卫生状况、操作方式、包装形式、贮藏环境、生产管理等外在因素影响;(2) 传统肉制品营养价值高,蛋白质、脂肪、必需氨基酸、矿物质等含量丰富,这为有害微生物生长提供优良的基质。由于天然提取物具有较强的抗氧化性,因此,在传统肉制品加工中起到了抗氧化酸败、抑菌防腐、部分替代亚硝酸盐降低亚硝酸残留量及抑制杂环胺危害物形成等作用。

4.1 抗脂肪氧化酸败

传统腌腊肉制品生产周期较长,与空气、光照接触充足,脂肪氧化极易发生,一定的脂肪氧化有利于形成特征风味,但脂肪过度氧化,特别是多不饱和脂肪酸的过度氧化易带来安全隐患,会诱发人体衰老、心血管疾病等。如何控制肉品脂肪氧化程度,保证其风味,而又不产生有害的氧化产物是肉品加工过程中需解决的问题。

防控氧化酸败的方法主要有添加合成或复配的抗氧化剂、优化包装与贮藏方式、添加具有抗氧化活性的香辛料等,其中添加抗氧化剂是肉品脂肪氧化调控的有效方法^[12]。抗氧化剂分为合成、天然 2 大类,其中合成类以丁基羟基茴香醚(butylated hydroxyanisole, BHA)、二丁基羟基甲苯(butylated hydroxytoluene, BHT)、没食子酸丙酯(propyl gallate, PG)和特丁基对苯二酚(tert-butylhydroquinone, TBHQ)等为主;天然的抗氧化剂以植物多酚、黄酮、多糖等为主^[13,14]。合成类抗氧化剂由于存在副作用^[15],为此天然抗氧化剂的应用越来越广泛。曹云刚等^[16]研究发现石榴皮提取物能明显减缓猪肉饼冷藏过程中的脂肪氧化,随着石榴皮提取物添加量的增加,其脂肪氧化抑制效果增强。Faisal^[17]研究了绿茶提取物对牛肉脂肪氧化的影响,发现绿茶提取物添加量为 1%~2%时可减少牛肉脂肪氧化程度。廖婵等^[18]指出在迷迭香、茶多酚及维生素 E 中,迷迭香对火腿的抗氧化性最佳,而复合剂的相乘效用比单一使用表现出更好的抗氧化效果,其效果与 BHT 相当。Jones 等^[19]将洛依柏丝茶(rooibos)提取物用于羊肉香肠氧化实验研究中,研究显示该提取物具有显著的氧化稳定性,除此,还有嘉定果皮提取物^[20]、葡萄提取物^[21]、鼠尾草提取物^[22]、芦荟提取物^[23]、姜黄素^[24]、石榴籽提取物^[25]等在肉品加工中均具有抗氧化能力和抑制氧化酸败的作用。

4.2 抑菌防腐

传统腌腊制品加工过程中易受到微生物污染,原料肉中含有丰富的蛋白质,为微生物和常见食源性致病菌的生长和繁殖提供了较好的营养基质。导致肉品腐败的微生物

主要有:细菌、霉菌、酵母菌、金黄色葡萄球菌、单核细胞增生李斯特菌、沙门氏菌、志贺氏菌等。腐败变质的肉品在色泽上通常表现为致腐微生物所分泌的颜色,如绿色、黄色、白色、灰白色、粉红色等;外感方面,变质肉表面发粘,这是由于乳杆菌、假单胞菌、产碱菌属、芽孢菌、微球菌等大量繁殖后产生的;除了色泽、表面发粘,微生物作用下的变质肉品最为直接的表现是腐败味、外观松软等。不同的加工方式、产品类型,导致腐败变质的微生物菌群具有一定的差异性^[26]。食用了微生物导致的腐败肉品后危害较大,轻者上吐下泻、重者危及生命。在生产环节对微生物和常见食源性致病菌的有效防控是肉品加工中高度重视的问题。

目前,围绕微生物防腐的方法主要有:低温贮藏、气调包装、辐照、添加抑制剂。根据不同的加工产品类型及其易生长的微生物种类,使用较多的抑制剂主要有乳酸链球菌素、山梨酸、山梨酸钾、D-异抗坏血酸钠等。天然植物提取物的应用研究也较为广泛,宁诚等^[27]研究了艾叶提取物与荷叶提取物的抑菌及其对肉肠的保鲜作用。7.5 g/kg 艾叶提取物和 7.5 g/kg 荷叶提取物复合处理组的细菌总数最低,艾叶、荷叶提取物可抑制肉肠中细菌的繁殖。何荣荣等^[28]研究表面茶皂素通过破坏菌体形态,破坏细胞膜、细胞壁阻隔性,使碱性磷酸酶和细胞内容物外泄对沙门氏菌、枯草芽孢杆菌、金黄色葡萄球菌等起到抑制效果。姜黄素添加至猪肉汉堡包中,可以抑制需氧菌和假单胞菌的生长^[29]。一些植物精油如肉桂、丁香、迷迭香、大蒜、百里香等对金黄色葡萄球菌、革兰氏阳性菌、革兰氏阴性菌等具有抑制效果^[30-32]。

4.3 降低亚硝酸残留量

传统腊肉腌制过程中往往会添加食盐和亚硝酸钠,改善肉品质构与风味的作用,还可护色、防腐。亚硝酸盐是亚硝胺类化合物的前体物质,生产中添加的亚硝酸钠会与肉中的胺类反应产生致癌物亚硝胺。医学研究表明亚硝胺可以引起动物体所有器官得肿瘤,其中以消化系统肿瘤最为严重,致癌率最高的部位是肝脏、食道及咽部。控制亚硝胺的危害除了减少亚硝酸盐的添加量外,还应采用有效的措施给予阻断亚硝胺形成途径。

近年来,天然植物提取物抑制亚硝胺类物质生成及部分替代亚硝酸盐的应用研究较多,且相关研究为肉品绿色加工提供了理论依据。杨华等^[33]研究发现以 20%茶多酚溶液、6%白芷、6.27%桂皮浸提液、6%柚皮浸提液和 4.6%的洋葱原汁加入火腿之中,可以降低亚硝胺和亚硝酸钠含量。植物多酚添加到火腿制品当中,可以降低亚硝酸盐的含量,从而阻断添加亚硝酸盐引起的致癌物质亚硝胺和亚硝酸钠的产生,延缓火腿制品的腐败,并提升火腿制品肉色、香气等品质。王永丽^[34]研究了培根腌制风干过程中茶多酚、葡萄籽提取物对亚硝胺残留量的影响,研究表明茶多酚、葡萄籽提取物能显著降低亚硝胺的残留量,抑制亚

硝基化,可以控制 N-二甲基亚硝酸胺的形成。

4.4 抑制杂环胺类形成

杂环胺类物质是肉品在加工过程中蛋白质、氨基酸热解而产生的一类小分子有机化合物^[35]。一般热解过程中,300℃以下生成氨基咪唑氮杂芳烃类的杂环胺,300℃以上生成氨基咪唑类的杂环胺。这些杂环胺类化合物具有强烈的致突变性,可诱发肿瘤^[36],目前已发现的杂环胺类化合物有30多种,其中以2-氨基-1-甲基-6-苯基-咪唑并[4,5-b]吡啶(PhIP)最为常见^[37]。

国内外相关研究显示,天然植物提取物在肉品加工过程中杂环胺类物质的生成中发挥着重要的作用。Salazar等^[38]研究表明,具有间位羟基的多酚类化合物对杂环胺PhIP的抑制效果最好。Meurillon等^[39]研究表明一些天然植物源黄酮类化合物对杂环胺的形成具有抑制作用。赵磊等^[40]研究了槲皮素、槲皮苷、山柰酚、儿茶素、表儿茶素、高良姜素、杨梅素、芹菜素、木犀草素、柚皮素、橙皮素、染料木素、大豆苷元、葛根素15种黄酮类物质烤鸡胸肉中5种杂环胺含量的影响,研究表明不同类型的黄酮类物质对杂环胺均有不同的抑制效果,抑制率在20%~45%左右。Cheng等^[41]研究了12种酚类化合物对杂环胺类中氨基咪唑氮杂芳香烃的抑制效果,研究显示其对该组分的主要物质PhIP的生成具有抑制作用。苹果皮提取物^[42]、菊花提取物^[43]同样具有抑制杂环胺类化合物的形成。

5 天然提取物在传统肉制品中的作用机制

天然植物提取物因具有安全、防腐抗氧化、抑菌及减少致癌物质的产生等多种特性而广泛应用于传统肉制品中,国内外学者就其作用机制进行研究,为拓宽天然植物提取物在传统肉制品应用奠定理论基础。

5.1 抗氧化机制

针对天然提取物在传统肉制品中的抗氧化机制,有学者认为,在脂肪氧化链式反应的引发过程中,不饱和脂肪酸被氧化成过氧游离基,天然植物提取物与过氧游离基反应,生成稳定的产物,有效阻止了链式反应的继续发生;肉品中的游离金属离子催化过氧化氢生成羟基自由基,天然植物提取物与游离的金属离子发生络合反应,抑制羟基自由基的生成,阻止脂肪氧化反应的发生^[44]。综上所述,天然植物提取物一般是通过降低氧浓度、清除过氧化物及其反应基质、络合金属离子和阻断脂肪酸的脱氢作用等实现减缓或阻止氧化反应的发生^[45,46]。

5.2 抑菌机制

Papuc等^[47]研究认为天然植物提取物抑菌机制主要体现在,天然提取物通过破坏细菌细胞完整性,改变细胞膜的流动性和通透性;抑制细胞膜的形成;抑制细菌酶的活性或与细菌酶竞争底物;螯合使得细菌缺铁等。从而达到

抑菌的作用。

5.3 抑制杂环胺机制

天然植物提取物抑制杂环胺生成的主要机制有:(1)天然提取的萜类物质可凭借其中的酚类通过电子转移清除自由基,实现杂环胺的抑制^[48];(2)天然植物提取物能够抑制美拉德反应中产生的吡啶、吡嗪等自由基,从而抑制杂环胺的生成^[49-51];(3)黄酮类化合物能够与苯乙醛反应,淬灭活性羰基,阻断苯乙醛与肌酸酐反应,间接抑制PhIP的生成^[41]。

6 结 论

近年来,随着城市化进程的推进,人员流动性较大,地方传统腌腊、烟熏、酱卤、烘烤等肉制品的消费承载着一种乡愁,具有一定的消费群体。但随着人们生活水平及健康意识的提升,对食品安全的关注越来越多,合理膳食、健康饮食成为了新的消费趋势。开发健康营养、安全美味、多样化的肉品是行业从业者共同的追求。天然提取物不仅能改善产品品质风味,还能抑制有害微生物生长、抗氧化、抑制化学危害物的生成。相关的研究成果已在生产中得到了广泛应用,但后续一些天然提取物在传统肉制品加工的应用机理仍需要进一步总结归纳,基础研究成果的转化应用研究仍需要进一步加强。

参考文献

- [1] 龙强. 宁乡花猪肉传统风干香肠品质特性及发酵剂对其影响研究[D]. 长沙: 湖南农业大学, 2017.
Long Q. Study on quality characteristics of traditional air-dried sausage of ningxiang pork meat and related influence by inoculating of starter cultures [D]. Changsha: Hunan Agricultural University, 2017.
- [2] 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.
Sun DY. The modernistic industrial processing development of Chinese traditional meat products [J]. Chin Food Addit, 2012, (5): 203-206.
- [3] 张小敏. 天然抗氧化剂与涂膜处理对宣威火腿抗氧化效果的影响[D]. 昆明: 云南农业大学, 2016.
Zhang XM. The effect of natural antioxidant and coating treatment on the quality of xuanwei ham [D]. Kunming: Yunnan Agricultural University, 2016.
- [4] Zhang WG, Xiao S, Samaraweera H, et al. Improving functional value of meat products [J]. Meat Sci, 2010, 86(1): 15-31.
- [5] 朱香, 林剑军, 白卫东. 肉制品天然抗氧化剂的研究进展[J]. 农产品加工, 2019, (16): 53-56.
Zhu X, Lin JJ, Bai WD. The research progress on natural antioxidants in meat products [J]. Farm Prod Process, 2019, (16): 53-56.
- [6] 李婉君. 传统肉制品加工过程中亚硝酸盐的控制技术[J]. 肉类研究, 2018, 32(5): 12-14.
Li WJ. The control technology of nitrite in the process of traditional meat products [J]. Meat Sci, 2018, 32(5): 12-14.
- [7] 陆逢贵, 邹玉峰, 刘登勇. 腊肉产业存在的问题及应对措施[J]. 食品

- 安全质量检测学报, 2018, 9(20): 5281–5287.
- Lu FG, Zou YF, Liu DY. Problems existing in the bacon industry and countermeasures [J]. J Food Saf Qual, 2018, 9(20): 5281–5287.
- [8] 宋利国, 贺显书, 张红涛. 天然抗氧化剂在肉制品中的应用研究[J]. 中国畜牧兽医, 2013, 40(11): 221–224.
- Song LG, He XS, Zhang HT. Study on applications of natural antioxidants in meat products [J]. Chin Anim Husbandry Vet Med, 2013, 40(11): 221–224.
- [9] Zeng WC, Wen WT, Deng Y, *et al.* Chinese ethnic meat products: Continuity and development [J]. Meat Sci, 2016, 120: 37–46.
- [10] 周光宏. 畜产品加工学[M]. 北京: 中国农业出版社, 2011.
- Zhou GH. Animal products processing [M]. Beijing: China Agriculture Press, 2011.
- [11] 任晓镁, 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.
- Ren XP, Zhu YX, Bao YJ, *et al.* Application and prospect of green manufacturing technology in modern processing of traditional meat products [J]. Meat Sci, 2017, 31(11): 60–64.
- [12] 柯海瑞, 康怀彬, 蔡超奇. 脂肪氧化对肉品风味影响的研究进展[J]. 肉类工业, 2019, (10): 52–58.
- Ke HR, Kuang HB, Cai CQ. Research progress on the effect of fat oxidation on flavor of meat [J]. Meat Ind, 2019, (10): 52–58.
- [13] Rodríguez-Carpena JG, Morcuende D, Estévez M. Avocado by-products as inhibitors of color deterioration and lipid and protein oxidation in raw porcine patties subjected to chilled storage [J]. Meat Sci, 2011, 89(2): 166–173.
- [14] Moure A, Cruz JM, Franco D, *et al.* Natural antioxidants from residual sources [J]. Food Chem, 2001, 72(2): 145–171.
- [15] Chen H, Zhang Y, Lu X, *et al.* Comparative studies on the physicochemical and antioxidant properties of different tea extracts [J]. J Food Sci Technol, 2012, 49(3): 356–361.
- [16] 曹云刚, 李颖, 李春强, 等. 石榴皮提取物对猪肉饼冷藏过程中脂肪氧化稳定性的影响[J]. 肉类研究, 2018, 32(12): 14–18.
- Cao YG, Li Y, Li CQ, *et al.* Effect of pomegranate peel extract on lipid oxidative stability in pork patties during cold storage [J]. Meat Sci, 2018, 32(12): 14–18.
- [17] Faisal A. Effects of green tea extract on color and lipid oxidation in ground beef meat [J]. J Tikrit Univ For Agric Sci, 2013, 13(1): 351–354.
- [18] 廖婵, 靳国锋, 章建浩, 等. 迷迭香、茶多酚、VE 对干腌火腿贮藏过程中抗脂质氧化及护色效果的研究[J]. 食品工业科技, 2008, (8): 82–86.
- Liao C, Jun GF, Zhang JH, *et al.* Effect of rosemary extract, tea polyphenols, vitamin E on lipid oxidation and color stability during storage of dry-cured hams [J]. Sci Technol Food Ind, 2008, (8): 82–86.
- [19] Jones M, Hoffman LC, Muller M. Effect of rooibos extract (*Aspalathus linearis*) on lipid oxidation over time and the sensory analysis of blesbok (*Damaliscus pygargus phillipsi*) and springbok (*Antidorcas marsupialis*) droëwors [J]. Meat Sci, 2015, 103: 54–60.
- [20] Baldin JC, Micheline EC, Polizer YJ, *et al.* Microencapsulated jaboticaba (*Myrciaria cauliflora*) extract added to fresh sausage as natural dye with antioxidant and antimicrobial activity [J]. Meat Sci, 2016, 118: 15–21.
- [21] Corral S, Salvador A, Flores M. Effect of the use of entire male fat in the production of reduced salt fermented sausages [J]. Meat Sci, 2016, 116: 140–150.
- [22] Pintado T, Herrero AM, Jimenez-Colmenero F, *et al.* Strategies for incorporation of chia (*Salvia hispanica* L.) in frankfurters as a health-promoting ingredient [J]. Meat Sci, 2016, 114: 75–84.
- [23] Mancini S, Prezioso G, Bosco AD, *et al.* Effect of turmeric powder (*Curcuma longa*, L.) and ascorbic acid on physical characteristics and oxidative status of fresh and stored rabbit burgers [J]. Meat Sci, 2015, 110: 93–100.
- [24] Mancini S, Paci G, Fratini F, *et al.* Improving pork burgers quality using Zingiber officinale Roscoe powder (ginger) [J]. Meat Sci, 2017, 129: 161–168.
- [25] Emami A, Nasri MH, Ganjkanlou M, *et al.* Effects of dietary pomegranate seed pulp on oxidative stability of kid meat [J]. Meat Sci, 2015, 104: 14–19.
- [26] 李晓波. 微生物与肉类腐败变质[J]. 肉类研究, 2008, (9): 41–44.
- Li XB. Microorganisms and meat spoilage [J]. Meat Sci, 2008, (9): 41–44.
- [27] 宁诚, 李林贤, 刘正贤, 等. 艾叶/荷叶提取物的抑菌作用及其对肉肠保鲜作用的研究[J]. 食品安全质量检测学报, 2017, 8(6): 2028–2034.
- Nin C, Li LX, Liu ZX, *et al.* Effect of Artemisiae argyi/lotus leaf extract on the inhibition of bacteria and the fresh-keeping of sausage [J]. J Food Saf Qual, 2017, 8(6): 2028–2034.
- [28] 何荣荣, 谭运寿, 张美虹, 等. 茶皂素对沙门氏菌的抑菌机理及在鸡胸肉保鲜中的应用[J]. 热带生物学报, 2019, 10(2): 1–9.
- He RR, Tan YS, Zhang MH, *et al.* Antibacterial mechanism of tea saponin against Salmonella and its application in chicken breast preservation [J]. J Tropical Biol, 2019, 10(2): 1–9.
- [29] Mancini S, Paci G, Fratini F, *et al.* Improving pork burgers quality using Zingiber officinale Roscoe powder (ginger) [J]. Meat Sci, 2017, 129: 161–168.
- [30] Tiwari BK, Valdramidis VP, Odonnell CP, *et al.* Application of natural antimicrobials for food preservation [J]. J Agric Food Chem, 2009, 57(14): 5987–6000.
- [31] Tongnuanchan P, Benjakul S. Essential oils: Extraction, bioactivities, and their uses for food preservation [J]. J Food Sci, 2014, 79(7): 1231–1249.
- [32] Menezes NMC, Martins WF, Longhi DA, *et al.* Modeling the effect of oregano essential oil on shelf-life extension of vacuum-packed cooked sliced ham [J]. Meat Sci, 2018, 139: 113–119.
- [33] 杨华, 马俪珍, 王永辉. 茶多酚和柚子皮等复配对抗阻西式火腿中 N-亚硝基化合物合成的效果研究[J]. 肉类工业, 2006, (5): 22–27.
- Yang H, Ma LZ, Wang YH. Study on the nitrosamine reduction in western ham by adding tea polyphenol and citrus grandis peel [J]. Meat Ind, 2006, (5): 22–27.
- [34] 王永丽. 植物多酚及盐替代对干腌培根生物胺及亚硝酸盐调控机制研究[D]. 南京: 南京农业大学, 2015.
- Wang YL. The regulation mechanism of plant polyphenols and sodium replacement on biogenic amines and nitrosamines formation of bacon [D]. Nanjing: Nanjing Agricultural University, 2015.
- [35] Felton S, Fultz E, Dolbear FA, *et al.* Reduction of heterocyclic aromatic amine mutagens/carcinogens in fried beef patties by microwave [J]. Food Chem Toxicol, 1994, 32(10): 897–903.
- [36] Puangsombat K, Smith JS. Inhibition of heterocyclic amine formation in beef patties by ethanolic extracts of rosemary [J]. J Food Sci, 2010, 75(2): T40–T47.
- [37] Sinha R, Gustafson DR, Kuldorff M, *et al.*

- 2-Amino-1-methyl-6-phenylimidazo [4, 5-b] pyridine, a carcinogen in high-temperature-cooked meat, and breast cancer risk [J]. J Nat Cancer Instit, 2000, 92(16): 1352–1354.
- [38] Salazar R, Arámbula-Villa G, Hidalgo FJ, *et al.* Structural characteristics that determine the inhibitory role of phenolic compounds on 2-amino-1-methyl-6-phenylimidazo [4, 5-b] pyridine (PhIP) formation [J]. Food Chem, 2014, 151: 480–486.
- [39] Meurillon M, Engel E. Mitigation strategies to reduce the impact of heterocyclic aromatic amines in proteinaceous foods [J]. Trends Food Sci Technol, 2016, 50: 70–84.
- [40] 赵磊, 张会敏, 李煜彬, 等. 15 种黄酮类化合物对烤鸡胸肉中杂环胺含量的影响[J]. 食品科学, 2019, 40(23): 19–25.
- Zhao L, Zhang HM, Li YB, *et al.* Effects of fifteen flavonoids on the contents of heterocyclic amines in roast chicken breast [J]. Food Sci, 2019, 40(23): 19–25.
- [41] Cheng KW, Chen F, Wang MF. Inhibitory activities of dietary phenolic compounds on heterocyclic amine formation in both chemical model system and beef patties [J]. Mol Nutr Food Res, 2007, 51(8): 969–976.
- [42] Sabally K, Sleno L, Jauffrit JA, *et al.* Inhibitory effects of apple peel polyphenol extract on the formation of heterocyclic amines in pan fried beef patties [J]. Meat Sci, 2016, 117: 57–62.
- [43] Khan IA, Liu M, Yao MJ, *et al.* Inhibitory effect of *Chrysanthemum morifolium* flower extract on the formation of heterocyclic amines in goat meat patties cooked by various cooking methods and temperatures [J]. Meat Sci, 2019, 147: 70–81.
- [44] 朱香鹜, 林剑军, 白卫东. 肉制品天然抗氧化剂的研究进展[J]. 农产品加工, 2019, (8): 53–56.
- Zhu XH, Lin JJ, Bai WD. The research progress on natural antioxidants in meat products [J]. Farm Prod Proc, 2019, (8): 53–56.
- [45] Labuza TP, Dugan LR. Kinetics of lipid oxidation in foods [J]. CRC Crit Rev Food Technol, 1971, 2(3): 355–405.
- [46] Sampaio GR, Saldanha T, Soares RA, *et al.* Effect of natural antioxidant combinations on lipid oxidation in cooked chicken meat during refrigerated storage [J]. Food Chem, 2012, 135(3): 1383–1390.
- [47] Papuc C, Goran GV, Predescu CN, *et al.* Plant polyphenols as antioxidant and antibacterial agents for shelf-life extension of meat and meat products: classification, structures, sources, and action mechanisms [J]. Comprehens Rev Food Sci Food Saf, 2017, 16(1): 1243–1268.
- [48] Lu F, Kuhnle GK, Cheng Q. The effect of common spices and meat type on the formation of heterocyclic amines and polycyclic aromatic hydrocarbons in deep-fried meatballs [J]. Food Control, 2018, 92: 399–411.
- [49] Cheng KW, Chen F, Wang M. Heterocyclic amines: chemistry and health [J]. Mol Nutr Food Res, 2010, 50(12): 1150–1170.
- [50] Rahman UU, Sahar A, Khan MI, *et al.* Production of heterocyclic aromatic amines in meat: Chemistry, health risks and inhibition: a review [J]. LWT-Food Sci Technol, 2014, 59(1): 229–233.
- [51] Alaejos MS, Afonso AM. Factors that affect the content of heterocyclic aromatic amines in foods [J]. Comprehens Rev Food Sci Food Saf, 2011, 10(2): 52–108.

(责任编辑: 韩晓红)

作者简介



王 丽, 研究实习员, 主要研究方向为畜禽加工。

E-mail: 294641397@qq.com



刘光宪, 博士, 副研究员, 主要研究方向为畜禽加工。

E-mail: liugx178@163.com