

腊肉的食用安全性及其有害物质控制

朱新鹏^{1,2*}, 梁如^{1,2}, 张伟艺^{1,2}, 贾玮³, 徐曦³, 白增宝¹

(1. 安康学院现代农业与生物科技学院, 安康 725000; 2. 安康市富硒食品技术研发中心, 安康 725000;
3. 陕西科技大学食品与生物工程学院, 西安 710021)

摘要: 腊肉是我国传统的肉制品之一, 腊肉加工过程中由于高盐腌制, 以及烟熏、发酵等过程, 如果控制不当, 容易引起不利于人体健康的物质产生, 甚至出现有害物质超标情况。因此, 控制有害物质的产生, 是腊肉加工需要解决的重要问题。本文综述了腊肉中的有害物质及其来源, 提出了提高腊肉制品食用安全性的控制措施, 并对腊肉研究的发展趋势进行了分析。

关键词: 腊肉; 食用安全性; 有害物质; 控制

Food safety of cured meat and control of its harmful components

ZHU Xin-Peng^{1,2*}, LIANG Ru^{1,2}, ZAHGN Wei-Yi^{1,2}, JIA Wei³, XU Xi³, BAI Zeng-Bao¹

(1. School of Modern Agriculture and Biotechnology, Ankang University, Ankang 725000, China; 2. Ankang Selenium-rich Food Technology Research and Development Center, Ankang 725000, China; 3. School of Food and Biological Engineering, Shaanxi University of Science and Technology, Xi'an 710021, China)

ABSTRACT: Cured meat is one of China's traditional meat products. In the processing of cured meat, due to high salt curing, smoking, fermentation and other processes, it is easy to cause substances harmful to human health with improper control, and even exceeding the standard. Therefore, it is essential to control the production of harmful components during cured meat manufacturing. This paper summarized the harmful substances in cured meat and their sources, put forward the control measures to improve the safety of cured meat products, and analyzed the development trend of the research on cured meat.

KEY WORDS: cured meat; food safety; harmful components; control

1 引言

腊肉是我国传统的肉制品之一, 因其具有制作方便易行, 肉质紧密坚实, 滋味咸鲜可口, 风味独特, 便于携带, 耐贮藏等特点, 是湖北、湖南、四川、云南、贵州、江西、甘肃陇西、陕西南部等地的特产, 深受当地人们喜爱, 是我国著名的猪肉腌腊制品^[1]。早期的腊肉制作主要目的是为了贮藏, 现在腊肉成了肉制品加工的一种独特产品。

腊肉虽然美味可口, 具有肉制品的营养价值, 但在加工制作过程中由于高盐腌制, 以及烟熏、发酵等过程, 如果控制不当, 容易引起不利于人体健康的物质产生, 甚至出现有害物质超标情况。所以, 腊肉的食用安全性是广为人们关注的焦点, 也是腊肉研究的重点内容。本文对腊肉的食用安全性、有害物质及其来源和腊肉食用安全性控制进行综述, 并分析腊肉研究的发展趋势, 以期促进腊肉产业发展。

基金项目: 安康学院科研项目(2020AYQN08)

Fund: Supported by Research projects of Ankang University (2020AYQN08)

***通讯作者:** 朱新鹏, 教授, 主要研究方向为食品资源开发利用研究。E-mail: zxp5298@sina.com

***Corresponding author:** ZHU Xin-Peng, Professor, Ankang University, No. 92 Yucai Road, Ankang 725000, China. E-mail: zxp5298@sina.com

2 腊肉的食用安全性

腊肉作为一种具有特色的肉制品,在加工过程中水分减少,脂肪和蛋白质等成分会发生氧化、降解,维生素会有一定的损失,但仍然具有一定的营养价值,具有开胃祛寒、消食等功效。腊肉符合 GB 2730-2015《食品安全国家标准 腌腊肉制品》^[2]或企业标准的要求,就是合格产品,食用安全性可以得到保障。但其较高的食盐含量和一定的熏烟成分等,仍然使其不宜经常食用。

3 腊肉中的有害物质及其来源

3.1 原料肉中存在的安全隐患

原料肉中存在的安全隐患主要有 4 个方面,1 是不法加工者采用不合格的病死肉、腐败肉,以及为防止腐败使用禁止使用的敌敌畏、敌百虫等剧毒农药或化学制剂处理原料肉,或为掩盖变质而违法使用色素、香精、超量使用防腐剂等;2 是在养殖过程中的兽药残留,如滥用磺胺类、氟喹诺酮类、抗生素等抗菌兽药或使用未经认可甚至违禁的药物作为饲料添加剂来喂养动物等^[3];3 是腐败菌和致病菌的污染,如沙门氏菌、副溶血弧菌、金黄色葡萄球菌、李斯特菌、志贺氏菌、肉毒梭菌等;4 是生猪肉养期由于环境污染、饲料有害物超标等所致,如饲料中含铅量较高,而肉制品经腌制加工后铅含量并不会随之减少^[4]。

3.2 腌制配料带来的不利于健康因素

3.2.1 食盐

食盐是维持人体正常生理机能所必须的成分,是腊肉加工必不可少的配料,可以起到调味、改善腊肉质地、抑制有害菌生长等作用。但过高的食盐摄入对人健康不利,有导致发生高血压、中风和冠心病等心血管疾病的风险^[5]。腊肉属于高盐食品,含盐量基本在 6%以上^[6],会增加食盐的摄入量,从而不利于人体健康。

3.2.2 亚硝酸盐

亚硝酸盐或硝酸盐是腊肉腌制时常用的配料之一,主要是起到发色作用,使肉制品呈鲜艳的色泽,赋予特殊的风味,具有抗氧化作用,并能起到抑制肉毒梭菌的作用,但过量使用将会导致急性中毒、致畸、致癌等威胁人类健康的安全问题^[7,8]。在 GB 2760-2014《食品安全国家标准 食品添加剂使用标准》^[9]中规定腊肉中以亚硝酸钠(钾)计残留量 ≤ 30 mg/kg,一般按食品添加剂使用标准要求使用不会导致超标。但可能出现超量添加、误加、添加不均匀等现象,导致腊肉亚硝酸钠(钾)残留量超标。

3.3 烟熏过程产生的有害物质

腊肉加工一般要经过烟熏过程,可以起到促进制品发色、脱水干燥、赋予特殊的风味和色泽、杀菌防腐等作用。烟熏方法有传统的烟熏法,以及电熏法、液熏法等,但

广泛使用的是传统的烟熏法。熏烟成分复杂,有酚类、醇类、烃类、有机酸类、羰基化合物等。其中有害物质主要有多环芳烃类、亚硝胺和甲醛。

3.3.1 多环芳烃类

多环芳烃类中有很多致癌物质,其中苯并芘(又称苯并[a]芘或 3,4-苯并芘)被国际癌症研究机构(International Agency for Research on Cancer, IARC)归为强致癌物质,可作为多环芳烃中的指标化合物^[10,11]。

3.3.2 亚硝胺

亚硝胺是一种致癌物,熏烟可能引致亚硝胺的形成。熏制时,一氧化氮与食品表面的仲胺直接相互反应或间接于表面形成亚硝酸盐或硝酸盐,气相中一氧化二氮的存在也能使烟熏食品中亚硝胺与硝酸盐增加^[12]。

3.3.3 甲醛

甲醛在腊肉中主要存在于制品的表层,具有杀菌作用,能提高制品的耐储藏性。甲醛也被 IARC 列为一类致癌物,是影响腊肉食用安全性的重要因素之一。摄入大量甲醛会导致严重腹痛、呕吐,甚至使人昏厥死亡。腊肉在烟熏时产生的甲醛会大量吸附在制品的表面^[13]。

3.4 发酵过程污染的有害微生物

腊肉在发酵过程中,细菌(主要是乳酸菌、微球菌和葡萄球菌等^[14,15])、霉菌(产黄青霉、纳地青霉、扩展青霉、灰绿青霉、简单青霉,以及木霉属、根霉属、毛霉属等)和酵母菌(汉逊氏德巴里酵母、假丝酵母等)等微生物不断演替赋予腊肉独特的风味^[16]。但如果控制不当,会导致腐败菌和致病菌等有害微生物大量繁殖,危害食品安全。如沙雷氏菌、拉恩氏菌属、梭杆菌属、乳球菌属、不动杆菌属和莫拉氏菌属等可产生胺类、硫化物、有机酸等,既形成不良风味,又造成食品安全隐患^[17-19]。

3.5 腊肉加工中生物氧化和降解产生的有害物质

腊肉在加工和储藏过程中,会发生复杂的生物化学变化。这些变化有些是形成腊肉特有感官品质必不可少的,但有的变化会带来食用安全隐患。

3.5.1 脂肪氧化

腊肉加工过程中在接近中性 pH 值、特定食盐浓度、一定程度光照、有氧条件下,脂肪会发生酶解、氧化等反应,反应适度会产生独特的风味与滋味,有利于产品风味品质形成,反应过度会造成产品出油、变色、哈败等现象。发生严重的变质哈败时,所产生的醛、酮、酸会破坏脂溶性维生素,导致肠胃不适、腹泻并损害肝脏,有增加心脑血管疾病和癌症的风险^[20-23]。

3.5.2 蛋白质降解和氧化

蛋白质是腊肉中的重要成分,在蛋白酶的作用下逐步降解为小肽、游离氨基酸和挥发性碳基化合物,有利于腊肉风味的形成。含有丰富蛋白质和氨基酸的食品,尤其

是发酵食品,在一定条件下经过发酵或生化反应便可生成生物胺。适量摄入生物胺具有重要的生理功能,但是过量摄入生物胺则会引起诸如头痛、恶心、心悸、血压升高、呼吸紊乱等过敏反应,甚至产生中毒现象,严重的还会危及生命。其中毒性强危害大的是组胺、酪胺,稳定性高,一旦形成很难在后期的加工、贮藏中去除,且高温烹饪下会形成有毒的氮氧化物。同时二级胺可以与亚硝酸盐反应可能生成强致癌物 N-亚硝胺^[23-26]。

4 提高腊肉制品食用安全性的控制措施

4.1 严格控制原料肉质量

由于原料肉的安全隐患有多种原因,腊肉加工企业首先应增强食品安全意识,加强食品安全管理,切实落实食品企业是道德良心企业的精神,建立健全原料采供制度。其次,把好原料采购关,做好检验,严防不合格原料进厂。并建立稳定的原料肉供应基地,抓好食品安全源头,杜绝不合格的病死肉、腐败肉,以及兽药残留、致病菌和重金属等超标的原料进厂。最后做好原料肉进厂后的冷冻保藏,严防出现食品安全事故。

4.2 降低腌制配料中不利于健康的食盐和亚硝酸盐用量

4.2.1 降低食盐用量

高食盐摄入,不利于人体健康,所以应降低腊肉中食盐用量。周明月等^[27]探索了川味腊肉加工中采用添加 2.5% 食盐等配料进行腌制,腊肉产品的氯化物含量(以干基计)为 5.13%,产品的含盐量低、产品风味和口感较好。付浩华^[28]采用复合盐进行腌制,可以使食盐含量下降大于 20%。采用 KCl 部分替代 NaCl 进行腌制,随着替代量的变化,会影响脂肪氧化^[6],以及蛋白质氧化、蛋白质降解及腊肉制品品质特性均发生着不同程度的改变^[29]。改变盐的物理形态可以减少盐的消耗,如在加入盐量相同的情况下,所加盐的结构不同将得到不同程度的咸味;改变盐的晶体形态让盐呈片状或者颗粒状,可以达到降低肉制品中食盐含量的目的^[30]。但降低腊肉制作过程中的食盐添加量,会引起贮藏期间腊肉的品质和菌相变化^[14],所以降低食盐使用量的同时,还需进一步研究降盐对腊肉品质、风味、安全性和菌群的影响。

4.2.2 少用或不用亚硝酸盐

亚硝酸盐因其在腊肉中具有的重要作用,而被广泛使用。但由于使用不当,容易引起超标的后果。黄苓等^[31]研究了一种零添加亚硝酸盐腌腊肉的加工工艺。实际上在一些山区,人们在制作腊肉时有很多并没有使用亚硝酸盐^[3]。人们不断探索亚硝酸盐的替代物,包括植物性替代物、微生物替代物、有机酸类替代物等,但单一的一种替代物因为不具备亚硝酸盐的全部功效并不能完全取代亚硝酸盐。因此,有效

的替代方案便是在肉制品腌制过程中使用低剂量的亚硝酸盐与其他物质或其他技术相结合发挥防腐抑菌、增色和增味的作用,并很大程度上保持肉制品的品质^[32,33]。

4.3 控制烟熏条件

烟熏温度在 100~400 °C 以上,可产生 200 种以上的成分。这些成分有的是形成腊肉风味的物质,有的与风味和防腐无关,有的则对人体有害。熏烟成分与供氧量、燃烧温度、木材种类有关。一般来说,硬木、竹类风味较佳,而软木或针叶树因树脂含量多,应避免使用。使用干的木柴,燃烧温度在 340~400 °C 及氧化温度在 200~250 °C 时所产生的熏烟质量最好,在 400 °C 燃烧能形成大量的酚,但同时有利于苯并芘等多环化合物的形成,因此实际燃烧温度以控制在 340~350 °C 左右为宜。另外,为控制苯并芘的产生,可采用湿烟法(高热的水蒸气和空气混合物通过木屑而生烟)、熏烟过滤法(熏烟经过过滤、冷水淋洗或静电沉淀处理,降低苯并芘含量)、隔离保护法(选择能使熏烟有用成分透过,而苯并芘等大分子不能透过的材料包在制品外,能防止制品遭受污染)和液熏法(用液态烟熏剂替代烟熏的方法)等^[12,34,35]。在烟熏烘烤阶段,亚硝胺的生成受温度影响很大,温度升高有利于亚硝胺生成^[36],因而控制烟熏温度是腊肉加工中的重要措施。

4.4 控制有害微生物生长

腊肉经过发酵可形成独特的风味。发酵微生物主要是细菌、酵母菌和霉菌,不同产地因为环境条件(主要是温度、空气、水等)、加工工艺、配料等的差异,使腊肉的微生物种群和菌相变化有较大的不同^[14,15,18,37,38]。在腊肉发酵过程中其中的发酵菌,如乳酸菌能抑制病原微生物的生长和毒素的产生,酵母菌能一定程度的抑制金黄色葡萄球菌的生长;霉菌可抑制好氧腐败菌的生长,其菌丝体在表面形成“保护膜”,减少制品感染杂菌的污染。但在腊肉中仍然可能存在有害微生物及其毒素,从而产生食品安全问题。如致病性蜡样芽孢杆菌、阪崎克罗诺杆菌、奇异变形杆菌和少量志贺氏菌、肺炎克雷伯菌等^[39],以及青霉菌及其产生的青霉素^[40]。控制有害微生物需要从原料肉入手,保证原料肉未受有害微生物污染;保证生产环境卫生,防止 2 次污染;严格加工过程,充分利用栅栏技术防止有害微生物的滋生。

4.5 防止生物氧化和降解产生的有害物质

腊肉加工过程中,由于加工周期较长,并且暴露在空气中,致使脂肪、蛋白质等成分发生氧化、降解等生物化学变化。这些变化有的是形成腊肉特征色泽、风味及质构品质的重要来源^[41-43],但也会产生对人体健康不利甚至中毒的产物。氧化、降解反应与温度、时间、食盐含量、抗氧化物质和菌群等因素有关。杨海峰等^[44]研究表明,常温

储藏条件下的腊肉油脂氧化程度显著高于冷藏和冷冻储藏。唐啸等^[45]研究表明,酸价的量变在畜肉类腌腊肉制品和禽肉类腌腊肉制品中均随时间增加而增高。食盐可以抑制蛋白质的降解、脂肪水解,但对脂肪氧化具有促进作用^[46,47]。安攀宇^[48]研究表明,抗氧化剂的添加有效控制了腊肉的脂肪氧化。李晓燕等^[49]综合了发酵微生物在腌腊肉制品的研究结果,认为应用发酵微生物对改善产品感官和风味、提升氨基酸和挥发性脂肪酸含量有利,并且可有效抑制腐败和致病微生物的生长繁殖,提升产品安全性。所以,在腊肉加工过程中,应尽可能降低温度,缩短加工时间,控制适当的含盐量,添加抗氧物和使用发酵剂(腊肉加工正常的菌群)等,提高腊肉的食用安全性。

4.6 建立食品安全管理体系

腊肉加工的各环节都有可能产生食品安全问题,所以腊肉生产企业应建立食品安全管理制度,严格控制可能出现的不安全事故,要遵循预防原则,最大限度地降低食品安全风险。可以引入危害分析与关键控制点(hazard analysis and critical control point, HACCP)、良好操作规范(good manufacturing practice, GMP)、良好卫生规范(good hygiene practice, GHP)等食品质量管理体系,加强对食品质量安全的控制管理。

4.7 加强市场监管

对不良甚至不法腊肉生产者,应严格市场监督管理,对不符合标准的生产者加大处罚力度,维护消费者合法权益。

5 腊肉研究的发展趋势

5.1 亚硝酸盐的替代研究

亚硝酸盐在肉制品中具有抑制有害细菌生长的重要作用,尤其是肉毒杆菌和单核细胞增生李斯特菌^[50]。尽管肉毒杆菌在肉类中的发生率很低,但如果处理不当仍然可能引起食品安全事故,目前使用亚硝酸盐或其他同样有效的化合物来提高安全性^[51]。鉴于亚硝酸盐对人体健康的危害作用,所以寻找有效的亚硝酸盐替代物是腊肉加工的重要研究问题之一。

5.2 烟熏设备和烟熏技术的改进

尽管液熏法使用的烟熏液经过处理,除去了多环芳烃类化合物等有害物质,但因其使用成本高、产品风味不及传统发酵的腊肉,所以使用不广泛。如何在传统烟熏技术基础上,通过烟熏设备和工艺技术的改进,在成本增加不大的情况下可以大幅度降低制品中的有害物仍然需要探索。

5.3 发酵微生物的高效利用

腊肉发酵微生物在发酵过程中演替变化极其复杂,既有发酵微生物之间的协同和演替,也有对有害微生物

的抑制,所以腊肉发酵微生物是腊肉研究的热点之一。今后应在发酵微生物的演替变化基础上,进一步研究对风味的促进作用、对有害生物氧化的抑制作用及其代谢产物对人体健康的作用等,为发酵微生物的高效利用提供依据。

5.4 有害生物氧化和降解的抑制

有害生物氧化和降解的产物威胁人体健康,导致腊肉腐败变质。通过添加具有抗氧化作用的天然产物或抗氧化剂、利用发酵微生物和工艺改进等方法,抑制有害生物氧化和降解产物的产生,保障腊肉的食用安全性。

6 结 语

腊肉是我国传统的人们喜爱的风味食品,其安全性广受人们关注。提高腊肉制品的食用安全性,是产业发展的焦点问题。多年来研究人员分别从化学污染、生物氧化、降低食盐用量、亚硝酸盐替代、微生物演替等方面开展了大量研究工作,但由于腊肉加工过程发生的变化极其复杂,现有研究仍然没有完全解决腊肉加工的安全性问题。今后随着科技发展和技术创新,腊肉加工的新技术不断出现,将极大提高腊肉制品的食用安全性。

参考文献

- [1] 苏扬, 张聪, 闫峰. 腊肉风味及其安全性探[J]. 中国调味品, 2012, 37(1): 1-4.
Su Y, Zhang C, Yan F. The discussion on the flavor and safety of the Chinese bacon [J]. China Cond, 2012, 37(1): 1-4.
- [2] GB 2730-2015 食品安全国家标准腌腊肉制品[S].
GB 2730-2015 National food safety standard-Cured meat products [S].
- [3] 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): 255-259.
Wu JQ, Zhou CY, Zhao XJ, et al. The harm and detection of chemical contaminants in cured meat products [J]. Food Ind, 2020, 41(1): 255-259.
- [4] 熊敏, 秦建. 黔式传统腌腊肉食用安全性探析[J]. 微量元素与健康研究, 2016, 33(4): 45-47.
Xiong M, Qin J. Analysis on the safety of traditional Guizhou preserved meat [J]. Stud Trace Elem Health, 2016, 33(4): 45-47.
- [5] Doyle ME, Glass KA. Sodium reduction and its effect on food safety, food quality, and human health [J]. Compr Rev Food Sci, 2010, 9(1): 44-56.
- [6] 张维悦, 夏杨毅, 侯佰慧, 等. KCl部分替代NaCl对腊肉脂肪氧化和脂肪酸变化的影响[J]. 食品与发酵工业, 2018, 44(9): 156-162.
Zhang WY, Xia YY, Hou BH, et al. Influence of partial replacement of NaCl with KCl on lipid oxidation and fatty acid composition of cured meat [J]. Food Ferment Ind, 2018, 44(9): 156-162.
- [7] 樊永华. 天然色素和香料替代肉制品中的亚硝酸盐研究[J]. 中国调味品, 2016, 41(9): 145-148.
Fan YH. Stugay on replacement of nitrite in meat products with natural pigment and spices [J]. China Condiment, 2016, 41(9): 145-148.
- [8] 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): 11-14.
- Li WJ. Control technology of nitrite in traditional meat processing [J]. Meat Res, 2018, 32(5): 11-14.
- [9] GB 2760-2014 食品安全国家标准 食品添加剂使用标准[S]. GB 2760-2014 National food safety standard-Standards for use of food additives [S].
- [10] John R. Kershaw. Fluorescence spectroscopic analysis of benzo [a] pyrene in coal tar and related products [J]. Fule, 1995, 75(4): 522-524.
- [11] 孟晓霞, 彭增起, 冯云. 煎炸对肉制品中杂环胺及多环芳香烃化合物含量的影响及其控制措施[J]. 肉类研究, 2009, 23(6): 52-55.
- Meng XX, Peng ZQ, Feng Y. Effect factors of formation of polycyclic aromatic hydrocarbon and heterocyclic amines in fried meat and control measures [J]. Meat Res, 2009, 23(6): 52-55.
- [12] 朱蓓薇, 张敏. 食品工艺学[M]. 北京: 科学出版社, 2015.
- Zhu BW, Zhang M. Food technology [M]. Beijing: Science Press, 2015.
- [13] 吕青骏, 滕爽, 陈周耀, 等. 高效液相色谱法检测肉及肉制品中甲醛[J]. 食品安全质量检测学报, 2019, 10(11): 3298-3303.
- Lv QQ, Teng S, Chen ZY, *et al.* Determination of formaldehyde in meat and meat products by high performance liquid chromatography [J]. J Food Saf Qual, 2019, 10(11): 3298-3303.
- [14] 柴子惠, 李洪军, 李少博, 等. 低盐腊肉贮藏期间菌相和理化性质的变化[J]. 食品科学, 2019, 40(11): 201-206.
- Chai ZH, Li HJ, Li SB, *et al.* Microbial, physical and chemical changes of low-salt Chinese bacon during storage [J]. Food Sci, 2019, 40(11): 201-206.
- [15] 全拓, 邓大川, 李洪军, 等. 川味腊肉货架期主要微生物的研究[J]. 西南大学学报(自然科学版), 2017, 39(2): 15-21.
- Quan T, Deng DC, Li HJ, *et al.* Study on the main microorganisms of traditional Sichuan bacon during its shelf life [J]. J Southwest Univ (Nat Sci Ed), 2017, 39(2): 15-21.
- [16] 毕旺来, 胡雷凤, 明亮, 等. 烟熏腊肉货架期主要微生物的研究[J]. 武汉轻工大学学报, 2019, 38(2): 16-20.
- Bi WL, Hu LF, Ming L, *et al.* The main microorganisms of smoked bacon during its shelf life [J]. J Wuhan Light Ind Univ, 2019, 38(2): 16-20.
- [17] 徐莹. 发酵食品学[M]. 郑州: 郑州大学出版社, 2011.
- Xu Y. Fermented food science [M]. Zhengzhou: Zhengzhou University Press, 2011.
- [18] 李彦虎, 负建民, 牛耀星, 等. 传统腌腊肉制品中微生物多样性及其功能研究进展[J]. 包装与食品机械, 2020, 38(2): 52-58.
- Li YH, Yun JM, NiuYY, *et al.* Research progress of microbial diversity and functions in traditional cured meat product [J]. Pack Food Mach, 2020, 38(2): 52-58.
- [19] Ji LL, Dan HE, Huang BT, *et al.* Mycotoxins in Chinese traditional cured meats: A review [J]. Agric Biotechnol, 2020, 9(2): 105-109.
- [20] 陶宜辰, 王卫国, 黄峰, 等. 腊肉加工中脂肪品质变化与调控研究进展[J]. 食品科技, 2017, 42(3): 123-127.
- Tao YC, Wang WG, Huang F, *et al.* Research progress on the changes and control of fat quality during bacon processing [J]. Food Sci Technol, 2017, 42(3): 123-127.
- [21] 杨海锋, 杨俊花, 刘泽辉, 等. 不同储藏温度下腊肉中油脂氧化规律的研究[J]. 保鲜与加工, 2016, 16(1): 59-62.
- Yang HF, Yang JH, Liu ZH, *et al.* Research on lipid oxidation in bacon during different temperatures storage [J]. Stor Process, 2016, 16(1): 59-62.
- [22] 张智潇, 秦丹. 腊肉贮藏过程中营养物质变化规律及食用安全性研究进展[J]. 农产品加工, 2015, (3): 58-60.
- Zhang ZX, Qin D. Research progress in nutrients and safety of bacon during storage [J]. Farm Prod Process, 2015, (3): 58-60.
- [23] 丁洪流, 金萍, 陶涛, 等. 2017 年江苏省腌腊肉制品质量分析[J]. 食品安全质量检测学报, 2019, 10(5): 1389-1393.
- Ding HL, Jin P, Tao T, *et al.* Quality analysis of cured meat products in Jiangsu province in 2017 [J]. J Food Saf Qual, 2019, 10(5): 1389-1393.
- [24] Promont RT, Gainetdinov RR, Caron MC. Following the trace of elusive amines [J]. Proc Nat Acad Sci United States Am, 2001, (98): 9474-9475.
- [25] Kim MK, Mah JH, Hwang HJ. Biogenic amine formation and bacterial contribution in fish, squid and shellfish [J]. Food Chem, 2009, (116): 87-95.
- [26] 王新惠, 张崑, 王卫, 等. 四川腌腊肉制品食用安全性分析[J]. 食品工业科技, 2014, 35(24): 49-56.
- Wang XH, Zhang Y, Wang W, *et al.* Survey and analysis of food safety in Sichuan cured meat [J]. Food Ind Technol, 2014, 35(24): 49-56.
- [27] 周明月, 陈韬. 低盐川味腊肉的研制与加工[J]. 肉类研究, 2012, 26(2): 17-22.
- Zhou MY, Chen T. Development of low salt Sichuan style bacon [J]. Meat Res, 2012, 26(2): 17-22.
- [28] 付浩华. 低盐腊肉加工工艺优化[J]. 肉类研究, 2019, 33(7): 14-18.
- Fu HH. Optimization of processing technology for low-salt bacon [J]. Meat Res, 2019, 33(7): 14-18.
- [29] 甘潇, 李洪军, 王兆明, 等. KCl 部分替代 NaCl 对腊肉蛋白质氧化、降解及质构的影响[J]. 食品与发酵工业, 2019, 45(4): 167-173.
- Gan X, Li HJ, Wang ZM, *et al.* Effects of partial substitution of KCl for NaCl on the oxidation, degradation and texture of bacon proteins [J]. Food Ferment Ind, 2019, 45(4): 167-173.
- [30] 颜铃, 杨家乐, 穆馨怡, 等. 湘西传统腊肉制品降盐与品质改良加工技术研究进展[J]. 肉类工业, 2018, (10): 49-52.
- Yan L, Yang JY, Mu XY, *et al.* Research progress on reduced salinity and quality improvement processing technology of traditional bacon products in western Hunan [J]. Meat Ind, 2018, (10): 49-52.
- [31] 黄冬, 孙震, 吴爱娟, 等. 一种零添加亚硝酸盐腌腊肉的加工工艺[J]. 宁波大学学报(理工版), 2019, 32(3): 21-27.
- Huang L, Sun Z, Wu AJ, *et al.* Optimization of processing technology for no-nitrite-added cured meat [J]. J Ningbo Univ (Ver Technol), 2019, 32(3): 21-27.
- [32] 刘姝韵, 谷大海, 王桂瑛, 等. 肉制品中亚硝酸盐替代物的研究进展[J]. 食品安全质量检测学报, 2017, 8(12): 4582-4587.
- Liu SY, Gu DH, Wang GY, *et al.* Research progress on nitrite substitute in meat products [J]. J Food Saf Qual, 2017, 8(12): 4582-4587.
- [33] Wakamatsu JI, Kawazoe H, Ohya M, *et al.* Improving the color of meat products without adding nitrite/nitrate using high zinc protoporphyrin IX-forming microorganisms [J]. Meat Sci, 2019, (161): 1-8.
- [34] 张凤宽. 畜产品加工学[M]. 郑州: 郑州大学出版社, 2011.
- Zhang FK. Animal products processing [M]. Zhengzhou: Zhengzhou University Press, 2011.
- [35] 吴丽, 袁玉超, 侯银臣, 等. 肉制品中苯并芘的研究进展[J]. 现代牧业, 2017, 1(4): 39-44.

- Wu L, Yuan YC, Hou YC, *et al.* Research progress of benzopyrene in meat products [J]. *Mod A Husband*, 2017, 1(4): 39–44.
- [36] 朱清清. 腊肉加工过程中亚硝胺生成规律及其控制研究[D]. 天津: 天津科技大学, 2015.
- Zhu QQ. Study on the regularity and inhibition of N-nituosamines in the producing process of preserved ham [D]. Tianjin: Tianjin University of Science and Technology, 2015.
- [37] 文开勇, 汪月, 文鹏程, 等. 四川传统腊肉中微生物群落结构研究[J]. 食品与发酵工业, 2020, 46(3): 36–42.
- Wen KY, Wang Y, Wen PC, *et al.* Study on microbial community structure in Sichuan traditional bacon [J]. *Food Ferment Ind*, 2020, 46(3): 36–42.
- [38] 柴子惠, 李洪军, 李少博, 等. 低盐腊肉加工期间品质和菌相变化[J]. 肉类研究, 2018, 32(11): 1–8.
- Chai ZH, Li HJ, Li SB, *et al.* Quality and microbial changes during processing of Chinese low-salt cured meat [J]. *Meat Res*, 2018, 32(11): 1–8.
- [39] 王静. 发酵肉制品中有害微生物安全风险评估[D]. 天津: 天津科技大学, 2016.
- Wang J. The risk of harmful microorganisms in fermented meat product [D]. Tianjin: Tianjin University of Science and Technology, 2016.
- [40] 张兰威. 发酵食品工艺学[M]. 北京: 中国轻工业出版社, 2017.
- Zhang LW. Fermented food technology [M]. Beijing: China Light Industry Press, 2017.
- [41] Brewer MS. Irradiation effects on meat flavor: A review [J]. *Meat Sci*, 2009, 81(1): 1–14.
- [42] Song S, Zhang X, Hayat K, *et al.* Formation of the beef flavour precursors and their correlation with chemical parameters during the controlled thermal oxidation of tallow [J]. *Food Chem*, 2011, 124(1): 203–209.
- [43] Ye C, Huang HJ, LiB, *et al.* Lipolysis and lipid oxidation during processing of Chinese traditional smoke-cured bacon [J]. *Food Chem*, 2014, (4): 31–39.
- [44] 杨海锋, 杨俊花, 刘泽辉, 等. 不同储藏温度下腊肉中油脂氧化规律的研究[J]. 保鲜与加工, 2016, 16(1): 59–62.
- Yang HF, Yang JH, Liu ZH, *et al.* Research on lipid oxidation in bacon during different temperatures storage [J]. *Stor Process*, 2016, 16(1): 59–62.
- [45] 唐啸, 龚玲, 郑华民, 等. 腌腊肉制品酸价、过氧化值时间与量变趋势及适用性分析[J]. 中国卫生标准管理, 2016, 7(3): 1–2.
- Tang X, Gong L, Zheng HM, *et al.* Analysis on the quantitative change trend of acid value and peroxide value over time in curing meat products as well as its practicality in food safety enterprise standard [J]. *China Health Stand Manage*, 2016, 7(3): 1–2.
- [46] Martín L, Córdoba JJ, Antequera T, *et al.* Effects of salt and temperature on proteolysis during ripening of Iberian ham [J]. *Meat Sci*, 1998, (49): 145–153.
- [47] Zhou GH, Zhao GM. Biochemical changes during processing of traditional Jinhua ham [J]. *Meat Sci*, 2007, (77): 114–120.
- [48] 安攀宇. 复配天然抗氧化剂在腊肉制品中的应用[J]. 四川旅游学院学报, 2019, (3): 14–18.
- An PY. Application of formulated natural antioxidants in cured meat [J]. *J Sichuan Tourism Coll*, 2019, (3): 14–18.
- [49] 李晓燕, 王卫, 张佳敏, 等. 发酵微生物提升传统腌腊肉制品风味和安全性研究进展[J]. 食品工业, 2018, 39(5): 275–279.
- Li XY, Wang W, Zhang JM, *et al.* Research progress on fermentation microorganism promoting the flavor and safety of traditional cassava products [J]. *Food Ind*, 2018, 39(5): 275–279.
- [50] Young, Barbara, White, *et al.* Part four: Nitrate/nitrite connection [J]. *Nat Provisioner*, 2008, 222(6): 8–10.
- [51] Sofos JN, Busta FF, Allen CE. Botulism control by nitrite and sorbate in cured meats: A review 1 [J]. *J Food Protect*, 1979, 42(9): 739–770.

(责任编辑: 王 欣)

作者简介

朱新鹏, 硕士, 教授, 主要研究方向为食品资源开发利用研究。
E-mail: zxp5298@sina.com