



低钠休闲干腌肉制品加工技术研究进展

惠 腾, 彭增起*, 张 露, 张雅玮

(国家肉品质量安全控制工程技术研究中心, 食品营养与安全协同创新中心, 南京农业大学食品科技学院, 江苏 南京 210095)

摘 要: 干腌火腿凭借其独特的风味和口感深受世界人们所喜爱。随着人们饮食要求和饮食安全意识的提高以及食品工业科技的发展, 国内外干腌火腿行业面临着不断的挑战和革新。因此, 本文在简单的介绍了干腌火腿的地理分布和历史之外, 主要讨论了国内外干腌火腿面临状况、存在问题、研究现状, 并对干腌肉制品加工新技术在未来的发展做出了展望。

关键词: 干腌肉制品; 地理分布; 存在问题; 研究现状; 加工新技术

Progress in Processing Technologies for Low-Sodium Dry Cured Meat Snacks

HUI Teng, PENG Zengqi*, ZHANG Lu, ZHANG Yawei

(National Center of Meat Quality and Safety Control, Synergetic Innovation Center of Food Safety and Nutrition, College of Food Science and Technology, Nanjing Agricultural University, Nanjing 210095, China)

Abstract: Dry cured ham is popular among people all over the world due to its unique flavor and taste. With increasing dietary requirements and food safety awareness of people as well as with the development of food science and technology, the dry cured ham industry continuously faces challenges and innovations. The aim of this article is therefore to make a brief introduction of the geographical distribution and history of dry cured ham with special focus on the current status and problems in the development of dry cured ham. Moreover, we also discuss the development of new processing technologies for dry cured meat products in the future.

Key words: dry cured meat products; geographical distribution; existing problems; current status; new processing technologies

DOI:10.15922/j.cnki.rlyj.2016.09.006

中图分类号: TS251.5

文献标志码: A

文章编号: 1001-8123 (2016) 09-0029-06

引文格式:

惠腾, 彭增起, 张露, 等. 低钠休闲干腌肉制品加工技术研究进展[J]. 肉类研究, 2016, 30(9): 29-34. DOI:10.15922/j.cnki.rlyj.2016.09.006. <http://rlyj.cbpt.cnki.net>

HUI Teng, PENG Zengqi, ZHANG Lu, et al. Progress in processing technologies for low-sodium dry cured meat snacks[J]. Meat Research, 2016, 30(9): 29-34. (in Chinese with English abstract) DOI:10.15922/j.cnki.rlyj.2016.09.006. <http://rlyj.cbpt.cnki.net>

干腌火腿是用猪的后腿肉为原料, 经盐腌制, 干燥脱水, 主要在内源酶作用下经过长期产香制得的一种干腌肉制品。干腌火腿具有悠久的历史, 源远流长, 是多年来世界人民的智慧结晶, 凭借其独特的风味深受世界各地人们的喜爱和青睐, 同时也承载着各国的饮食文化和民族文化。中国火腿历史悠久, 世界火腿最早就起源于中国的唐朝。唐开元年间, 陈藏器所著《本草拾遗》记载: “火腿, 产金华者佳”。“骹”《康熙字典》释: “与腿同”, 这是火腿正式见于文献的最早记载。而真正的“火腿”一词相传于宋代的咸猪腿

肉, 因咸猪腿的肉味独特, 色泽鲜红如火, 故赐名“火腿”。到了清代, 金华火腿已外销日本、东南亚和欧美各地, 金华火腿成为中国火腿的代表品牌^[1]。元朝初期, 马可·波罗把火腿的制作方法带到了欧洲, 西方人对火腿制作工艺不断的进行改良。随着工业化技术的发展, 欧洲人利用控温控湿, 电脑自动化控制技术将整个火腿制作工艺流程标准化, 逐渐演化为在当今西方国家备受青睐的即食火腿。主要品种有西班牙的伊比利亚火腿 (Iberian ham) 和索洛纳火腿 (Serrano ham)、意大利的帕尔玛火腿 (Parma ham) 和托斯卡纳火腿 (Toscana ham)、

收稿日期: 2016-03-15

基金项目: 公益性行业 (农业) 科研专项 (201303144)

作者简介: 惠腾 (1987—), 男, 博士, 研究方向为肉品加工与质量控制。E-mail: htengui@163.com

*通信作者: 彭增起 (1956—), 男, 教授, 博士, 研究方向为肉品加工与质量控制。E-mail: zqpeng@njau.edu.cn

法国的巴约纳火腿 (Bayonne ham) 和科西嘉火腿 (Corsica ham) 和德国的西法里亚火腿 (Westphalian ham)。最著名的要数西班牙的伊比利亚火腿和意大利的帕尔玛火腿。尤其是那些需要在田间自由放养, 通过橡子和青草喂养的拥有精硕后腿的本地黑蹄猪 (Pata Negra) 加工制成的伊比利亚干腌火腿全球最富盛名。干腌火腿已成为欧洲国家一日三餐、大小宴会不可缺少的佳品, 不能提供优质火腿甚至已经成为评价餐厅档次的一个重要标准。

1 传统干腌火腿存在的问题

1.1 食盐含量偏高

过去, 食品加工和保藏技术不发达, 传统干腌火腿通过使用大量食盐以达到延长贮藏期目的。食盐在干腌火腿加工过程中又有着不可或缺的作用, 它通过影响产品脂质和蛋白质的降解氧化, 而影响火腿的色泽、质地、滋味、风味, 并能通过增加渗透压降低产品水分活度来有效控制有害微生物的生长, 起到防腐保鲜的作用, 使产品的货架期延长。中国传统火腿盐含量在7%~12%^[2], 欧洲火腿含盐量为4.5%~8.0%^[3]。随着工业技术的突飞猛进, 人们饮食需求、饮食安全的认识飞速提高, 传统干腌火腿一系列问题逐渐出现。在“减盐”成为一项市场和技术检讨下的全球行动, 饮食习惯与安全健康高度重视的今天, 干腌火腿的高含盐量制约其今后的发展。根据2003年世界卫生组织 (World Health Organization, WHO) 数据, 在所有类别的工业化食品中, 肉和肉制品贡献了约16%~25%的钠摄入量, 盐含量过高不仅使产品形式单一, 而且使高血压、心脏病、中风等心血管疾病发病率大大增加。因此, 怎样做到既能保证食盐的基本加工特性从而保证传统干腌火腿的色香味, 而又可以减少其摄入量成为各国竞相研究的目标。目前, 西班牙质量体系监督部门对其国内火腿规定NaCl干基含量不得超过15%^[4-5]。

1.2 火腿品质降低

原料肉中脂质的数量及其组成影响着火腿的质量^[6]。干腌火腿的许多质量特性取决于原料中肌肉与脂肪组织的脂质及其在加工过程中的变化^[7]。脂质对干腌火腿的香气起着重要的作用: 1) 主要存在于脂肪组织和肌间脂肪细胞的甘油酯, 是许多香气组分的溶剂; 2) 主要存在于肌肉细胞膜上的磷脂及较少的甘油酯, 是影响火腿香气的许多挥发性成分的前提物质。脂质与火腿质构等其他感官特性紧密相关, 其含量越高, 火腿的嫩度和多汁性越好^[8]。脂质含量影响火腿切片性状, 因为当肌肉中肌内脂肪含量超过5%时, 肌内脂肪是可见的, 像伊比利亚和科西嘉这样的拥有高肌内脂肪含量的猪腿肉, 其大理石

花纹比帕尔马和巴约纳火腿更丰富^[9]; 肌内脂肪含量还强烈地影响着火腿片的颜色, 随着肌内脂肪含量增加, 火腿片红度值和亮度值会减小; 加工由基因型所决定的高肌内脂肪含量的火腿, 其成品有着更浓郁更持久的香味^[8,10]。

原料肉油脂特性与饲养系统紧密相连^[9,11]。饲养系统包括许多因素, 比如品种、喂养系统和一些生理参数 (屠宰年龄, 物理锻炼)。在欧洲部分有限区域, 人们还是用传统方式对猪进行喂养, 最著名的就算伊比利亚和科西嘉。这种饲养系统依赖于当地的猪品种 (Iberian、Corsican) 并通过基于自然资源 (橡树和牧草) 的摄食策略进行户外饲养。由于生长速率慢且需要经历夏季物质匮乏秋季物质充足的交替期, 传统方式饲养的猪一般需经过18~24个月再屠宰。而猪的育肥是通过4~6个月的冬天里, 在栗子槽或橡树园吃大量的栗子或橡子来实现。在该阶段, 肌肉和脂肪组织通过皮下脂肪的大量形成和肌内脂肪的急剧积累获得了与工业化集中生产原料猪所不同的特有的典型化学特性^[12]。利用该养殖方式获得的原料腿加工生产出的火腿其质构和风味得到了全世界人民的认可, 这也是纯正伊比利亚火腿风靡全世界, 成为火腿中的奢侈品的原因。

然而, 半个世纪来, 人们对瘦肉型的定向青睐导致动物胴体非常瘦, 同时由于像伊比利亚火腿传统自由粗放型的饲养方式会导致大量自然资源的消耗, 并且当今自然资源严重受到环境及其污染的影响, 以及人们急功近利的心态, 封闭或半封闭的集中工业化养殖已经成为主流。因此, 目前绝大部分火腿制品原料腿皆来自于集中饲养条件下猪。这些工业化养殖的猪都是在室内进行商业化集中饮食喂养。饮食由谷物、豆粕等组成并含有少量脂肪, 因此猪生长速率快, 5~6个月就可宰杀, 并且体质量已达到100~120 kg。该类型的猪肉相比于传统自由粗放型饲养的猪具有明显较薄的脂肪组织和更少的肌内脂肪。而近年来的诸多研究已经表明, 这种集中饲养的工业化猪生产出的火腿相比于传统自由粗放型的火腿, 氧化不稳定性高, 营养价值低, 感官质构及风味特性差^[8,13-14]。

1.3 火腿产品单一

火腿在中国虽有着1 000多年的悠久历史, 但主要作为地方性肉制品等, 一直存在的高盐、非即食、加工周期长等缺陷, 大多以整腿或分割腿形式销售, 只能作为烹调煲汤的辅助食品。随着人们饮食水平和饮食文化意识的增强, 对食品色、香、味、形以及多元化要求的提高, 整个中国火腿行业可持续发展所遇到的瓶颈和局限逐渐显露。在欧美, 可能受到饮食文化或者饮食习惯的影响, 火腿产品也主要是整只猪后腿、切割好的生火腿片以及干腌肉块。并且这些欧美火腿产品也主要以一日三餐中的菜肴形式存在。以此, 纵观整个火腿食品市



场,生产快速、质量优质、即食食用、便携休闲等火腿产品仍属于空缺状态。然而,单一的火腿产品市场也给食品企业提供了广阔的发展机遇和空间。

2 干腌火腿研究现状

2.1 低盐或低钠干腌火腿

目前,国内外降低火腿中氯化钠含量主要有2种方式。其一是在改进工艺的前提下尽量降低食盐的用量。国内食盐用量最低能控制在6.5%以上,国外在3%以上。其二,从食盐替代物入手,用与氯化钠相似物化性质的钾盐、钙盐、镁盐和乳酸钾等单独或复合作为食盐替代物部分替代氯化钠^[15]。Ripollés等^[16]在研究食盐替代物对干腌火腿脂肪水解影响时发现,食盐替代物对火腿脂质的水解速率有重要影响,氯化钾、氯化钙和氯化镁的部分食盐替代组火腿脂质水解程度高于纯食盐组,因为一价阳离子对酸性脂肪酶的抑制作用强于二价阳离子。Zhang等^[17]利用氨基酸部分替代食盐应用于干腌里脊肉中,发现加工过程中L-组氨酸和L-赖氨酸能够显著提高磷脂酶的活力,在体外实验中发现提高L-组氨酸和L-赖氨酸的浓度也能够增加磷脂酶和酸性脂肪酶的酶活力。Armenteros等^[15]在研究不同比例的氯化钾、氯化镁、氯化钙复合物部分替代氯化钠对干腌火腿蛋白质水解影响时发现,替代组与纯氯化钠组对二肽酶和氨基肽酶的影响无显著差异,对蛋白质水解作用无显著影响。Blesa等^[18]选用(50%氯化钠+25%氯化钾+15%氯化钙+5%氯化镁)复合物替代95%氯化钠时,发现替代组火腿要达到和纯氯化钠组相同的水分活度需要更长时间,两组微生物数量没有差异,但替代组火腿有异味,接受度较低。Armenteros等^[15]也发现,食盐替代组总体比纯氯化钠组有较低的接受度,二价钙盐和镁盐存在金属味和辛辣味,氯化钾替代组有明显的苦涩味。张露等^[19]利用特制低钠盐(专利号Z L201110341045.1)加工干腌肉制品得到了较好的结果。其研究发现在加工过程中,低钠盐组产品的理化指标、质构特性和脂肪氧化的变化趋势与食盐组相似;低钠盐干腌肉制品的感官品质有较高的接受度,同时钠含量还降低了48.04%。然而,食盐替代物在火腿大批量实际应用中仍存在问题,还有待于进一步研究。

2.2 工业化集中饲养条件下干腌火腿质量的改进

传统自由粗放型饲养由于受到环境自然资源的限制并不是可持续的。20世纪90年代末,人们逐渐尝试着运用传统的混合饲料对猪进行半集约养殖。然而,很快人们发现,这种条件下饲养的原料猪生产出的火腿氧化不稳定性高,营养价值低^[20]。原料腿中高水平的亚油酸增加了火腿产香过程中肉质松软和不愉快气味的发生率^[21]。因此,

在21世纪初,诸多研究都在致力于混合饲料的改进,从而加强火腿的氧化稳定性以及提高火腿的营养价值和技术质量^[22]。由于,生产高品质伊比利亚火腿的原料猪是通过自由粗放型喂养,主要饮食橡子和牧草。橡子能够为原料伊比利亚猪提供丰富的单不饱和脂肪酸(主要是油酸)和 γ -生育酚,而牧草富含 n -3不饱和脂肪酸(主要是亚麻酸)和 α -生育酚已广泛认知^[23-24]。生育酚对肌肉食品氧化有着抗氧化作用,它能够抑制伊比利亚火腿脂质氧化产物的形成已经得到证明,并且能够提高火腿的一些感官特性,比如风味和香味的强度^[22]。同时,油酸和肌间脂肪的水平对火腿外观特性,比如油腻性、亮度、多汁性及脂肪花纹等特性起直接作用^[25]。因此,目前欧洲国家比如西班牙,通过添加富含油酸和200 mg/kg α -生育酚的混合饲料对伊比利亚猪进行集中饲养,生产出的伊比利亚火腿也能大致模仿出自由粗放型喂养的伊比利亚猪生产的火腿的质量。

2.3 引进欧洲设备本土化研究

对于中国国内而言,由于干腌火腿一直以传统手工作坊式生产,生产出的火腿质量不稳定,劳动强度大,环境气候依赖强。近些年来国内火腿生产商开始借鉴欧洲的控温控湿工艺,模拟四季温湿度,优化工艺条件后进行传统干腌火腿的生产^[26-27]。然而该控温控湿新工艺虽然克服了作坊生产的弊端,能够一年四季不间断的生产,但该方法加工出的火腿其品质明显没有传统火腿高。因此,最近几年国内火腿厂家又开始直接引进欧洲火腿加工设备和生产线进行干腌火腿的本土化研究,试图模仿加工出与欧洲即食高品质火腿相当的中国火腿。但是由于自身加工技术的限制和瓶颈,引进欧洲设备本土化研究在实际生产中遇到了很多困难,仍然有一段不断摸索的路要走。

3 低钠休闲干腌肉制品加工新技术

3.1 重组干腌火腿

重组干腌火腿是由去骨干腌火腿演变而来。去骨干腌火腿到目前为止经历了30~40年的发展,而重组干腌火腿是一个新兴的产品,也是一个全新的研究领域。到目前为止,重组干腌火腿真正意义上的研究与发展从2009年开始,也只有将近7年的时间而已,国内外相关SCI文章也仅仅只有6篇。

20世纪七八十年代,美国乡村火腿生产商为了拓展自己的产品线来满足消费者对火腿产品便利性和多样性的需求,第一次提出了将整条猪后腿去骨后加工成干腌火腿的想法。于是乎众多关于去骨干腌火腿的研究广泛开展起来^[28-31]。所谓去骨干腌火腿,即将原料腿去皮、去骨、剔去肌肉表面的筋膜和脂肪,然后添加腌制剂一

起滚揉或搅拌,再填充到特制的纤维肠衣里,经机械或手工压制成型,最终经过长时间的脱水和产香后制得的干腌肉制品。加工制得的去骨干腌火腿品质也能够被消费者所接受,但是由于该加工技术条件的限制,即机械或手工压制成型的火腿黏结不够紧致,中间会有明显的空隙,从而加速了水分的散失,特别是空隙间霉菌的生长,这也是去骨干腌火腿一直面临的难题。为了解决去骨干腌火腿失水多、黏结不紧致、内部霉菌生长的问题,人们逐渐开始研究肉制品黏合技术及真空技术在去骨干腌火腿中的应用。1992年,Harmon等^[32]在去骨干腌火腿加工技术的基础上,利用肉糜作为黏合技术,添加到去骨肉块中一起滚揉,然后填充到肠衣里,经抽真空,产香后的产品第一次命名为重组干腌火腿。不过肉糜黏合技术生产的重组干腌火腿品质并不稳定,未能得到消费者认可。在随后的20多年,重组干腌火腿黏合技术的研究逐渐拓展到海藻酸盐、动物血浆和生物酶制剂等。这些方法加工出的干腌火腿逐渐解决了失水快、霉菌生长的问题,风味也得到了改善和提高。2009年,谷氨酰胺转氨酶(glutamine transaminase, TGase)在重组干腌火腿中成功应用,并逐渐得到了广大研究者和生产商的认可^[33-38],重组干腌火腿真正意义上的研究与发展才拉开了历史的序幕。从此,这种将后腿肉去皮、去骨、修整的肌肉块,与腌制剂混合滚揉搅拌后,再通过TGase等黏合技术黏合、填充抽真空成型后,最终经过脱水产香的干腌肉制品叫做重组干腌火腿。

3.2 重组干腌火腿的方便性和休闲性

干腌火腿传统上都是以整块的形式进行商业销售,然而当今最成功的产品是方便即食食品。在欧洲,整块的、分割的(200~500 g)或者片状的重组干腌火腿有着积聚膨胀的市场,其中出口市场占了73%。重组干腌火腿方便性优势主要体现在2个方面:一是该种产品特别适合于切片机或刀切割切片,方便饮食和家庭食用;二是加工该种火腿产品流程简单,产品由于体积和质量的减少特别便于贮存和运输。与此同时,重组干腌火腿切割后的火腿块或片适合于小包装,该小包装低盐火腿产品可以突破传统火腿市场,成为一种即食的便携的休闲产品。

3.3 重组干腌火腿的低盐性

最近几年,食品界越来越多的研究都在致力于减少食品中的食盐含量,因为摄入过高的钠含量会引起心血管疾病造成高血压等。利用重组技术加工干腌火腿有利于加速食盐在产品中的分布,调控盐腌和产香的过程,从而有助于加工生产低钠或者低盐的干腌火腿。因为,众多的研究已经证明火腿去骨、减少厚度、除去皮下脂肪和肌间脂肪以及碎肉块重新黏合都有助于食盐在组织间的渗透^[39-42]。目前而言,欧洲国家主要是西班牙,在低

钠或者低盐重组干腌火腿的研究上也刚刚起步,在实验中氯化钠的使用量已经降到了1.5%。

3.4 重组干腌火腿的质量改进性

重组干腌火腿加工的核心原理是肉块冷凝重组,因此,这给火腿的质量改进和产品多样化提供了广阔的可塑空间。首先,对于当前利用混合饲料集中养殖的瘦肉猪而言,由于脂肪含量低,最终火腿产品香味不够浓郁。因此,可以充分利用脂肪液体化技术,将液体化脂肪添加到肉块中一起重组成型,制备高脂肪含量和高品质的重组干腌火腿。其次,可以人为对火腿填充模具进行改造,生产加工出不同形状的火腿产品,也有助于火腿市场产品的多样化。

3.5 重组干腌火腿的装备自动化

重组干腌火腿加工技术具有特殊性和优越性,因此,在未来10年可以完全实现加工过程中自动定量撒盐、快速渗透、自动填充、自动打结、自动成型,然后再利用热立场干燥微控自动化技术使重组火腿脱水产香,从而实现整个重组干腌火腿加工装备的自动化。

4 结 语

干腌火腿有着悠久的历史,承载着世界各地的民族文化,在当今为了满足世界各地人们日益增长的饮食需求的同时,行业的革新与创造也不断进行着。在饮食需求、饮食安全和饮食方便性快速发展的今天,传统干腌火腿虽然不断在外部加工条件和加工配料上进行着改进,但是效果并不明显,盐替代有待提高,加工周期仍然较长,加工繁琐和产品销售保存的不便利性仍是传统干腌火腿由于加工原料造成的内在局限性和瓶颈。然而,快速发展的食品和餐饮行业,方便即食食品必然是未来食品发展的趋势,这就要求传统干腌火腿行业要从根本上革新,从原料上进行创造。重组干腌火腿无疑让人们看到了希望,虽然重组干腌火腿还有很多技术要提高和创造,但由于加工原料和技术的特殊性,它能够突破当前干腌火腿行业的瓶颈,为市场创造活力,能够开辟干腌火腿行业的新天地,它的未来值得期待。

参考文献:

- [1] 张学刚. 中国火腿文化源远流长[J]. 肉类研究, 2007, 21(12): 1-2. DOI:10.3969/j.issn.1001-8123.2007.12.002.
- [2] 张露, 张雅玮, 惠腾, 等. 低钠干腌肉制品研究进展[J]. 肉类研究, 2013, 27(11): 45-49.
- [3] LAUREATI M, BURATTI S, GIOVANELLI G, et al. Characterization and differentiation of Italian Parma, San Daniele and Toscano dry-cured hams: a multi-disciplinary approach[J]. Meat Science, 2014, 96(1): 288-294. DOI:10.1016/j.meatsci.2013.07.014.



- [4] Official Journal of The European Communities. C 371, 1.12—1998 Publication of an application for registration pursuant to the second subparagraph of Article 8(1) of Regulation (EEC) no. 2082/92 on certificates of specific character[S]. Brussels: European Communities, 1998.
- [5] Official Journal of The European Union. L 93, 31.3—2006 Council Regulation (EC) No. 509/2006 of 20 March 2006 on agricultural products and foodstuffs as traditional specialties guaranteed[S]. Brussels: European Union, 1998.
- [6] GANDEMER G. Dry cured ham quality as related to lipid quality of raw material and lipid changes during processing: a review[J]. *Grasas Y Aceites*, 2009, 60(3): 297-307. DOI:10.3989/gya.130908.
- [7] GANDEMER G. Lipids in muscles and adipose tissues, changes during processing and sensory properties of meat products[J]. *Meat Science*, 2002, 62(3): 309-321. DOI:10.1016/S0309-1740(02)00128-6.
- [8] VENTANAS S, VENTANAS J, TOVAR C, et al. Extensive feeding versus oleic and tocopherol enriched mixed diets for the production of Iberian dry cured hams: effect on chemical composition, oxidative status and sensory traits[J]. *Meat Science*, 2007, 77(2): 246-256. DOI:10.1016/j.meatsci.2007.03.010.
- [9] BUSCAILHON S, MONIN G. Déterminisme des qualités sensorielles du jambon sec. Influence de la qualité de la matière première sur la qualité du jambon[J]. *Viandes Prod Carnés*, 1994, 15(2): 39-48.
- [10] HINRISCHEN L L, PEDERSEN S B. Relationship among flavor, volatile compounds, chemical changes, and microflora in Italian-type dry-cured ham during processing[J]. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 1995, 43(11): 2932-2940. DOI:10.1021/jf00059a030.
- [11] COUTRON-GAMBOTTI C, GANDEMER G, CASABIANCA F. Effects of substituting a concentrated diet for chestnuts on the lipid traits of muscle and adipose tissues in Corsican and Corsican × Large White pigs reared in a sylvo-pastoral system in Corsica[J]. *Meat Science*, 1998, 50: 163-174. DOI:10.1016/S0309-1740(98)00027-8.
- [12] NARVAEZ-RIVAS M, RIOS J J, ARTEAGA J F, et al. Determination of entkaurene in subcutaneous fat of Iberian pigs by gas chromatography multi-stage mass spectrometry with the aim to differentiate between intensive and extensive fattening systems[J]. *Analytica Chimica Acta*, 2008, 624(1): 107-112. DOI:10.1016/j.aca.2008.06.035.
- [13] TIMON M L, MARTIN L, PETRON M J, et al. Composition of subcutaneous fat from dry-cured Iberian hams as influenced by pig feeding[J]. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 2002, 82(2): 186-191. DOI:10.1002/jsfa.1017.
- [14] RUIZ J, VENTANAS J, CAVA R, et al. Volatile compounds of dry-cured Iberian ham as affected by the length of the curing process[J]. *Meat Science*, 1999, 52(1): 19-27. DOI:10.1016/S0309-1740(98)00144-2.
- [15] ARMENTEROS M, ARISTOY M C, BARAT J M, et al. Biochemical and sensory changes in dry-cured ham salted with partial replacements of NaCl by other chloride salts[J]. *Meat Science*, 2012, 90(2): 361-367. DOI:10.1016/j.meatsci.2011.07.023.
- [16] RIPOLLÉS S, CAMPAGNOL P C B, ARMENTEROS M, et al. Influence of partial replacement of NaCl with KCl, CaCl₂ and MgCl₂ on lipolysis and lipid oxidation in dry cured ham[J]. *Meat Science*, 2011, 89(1): 58-64. DOI:10.1016/j.meatsci.2011.03.021.
- [17] ZHANG Y W, ZHANG L, HUI T, et al. Influence of partial replacement of NaCl by KCl, L-Histidine and L-Lysine on the lipase activity and lipid oxidation in dry-cured loin process[J]. *LWT-Food Science and Technology*, 2015, 64(2): 966-973. DOI:10.1016/j.lwt.2015.06.073.
- [18] BLES A E, ALINO M, BARAT J M, et al. Microbiology and physicochemical changes of dry-cured ham during the post-salting stage as affected by partial replacement of NaCl by other salts[J]. *Meat Science*, 2011, 78(1): 135-142. DOI:10.1016/j.meatsci.2007.07.008.
- [19] 张露, 张雅玮, 惠腾, 等. 低钠盐对干腌肉制品加工过程中理化特性的影响[J]. *食品科学*, 2014, 35(17): 77-82. DOI:10.7506/spkx1002-6630-201417016.
- [20] GARCIA C, VENTANAS J, ANTEQUERA T, et al. Measuring sensorial quality of Iberian ham by Rasch model[J]. *Journal of Food Quality*, 1996, 19(5): 397-412. DOI:10.1111/j.1745-4557.1996.tb00434.x.
- [21] PANDALAI S G. Recent research developments in agricultural and food chemistry[M]. Trivandrum: Research Signpost, 2005: 27-53.
- [22] TOLDRA F, PANDALAI S G. Recent advances in the quality of meat and meat products[M]. Trivandrum: Research Signpost, 2002: 255-271.
- [23] DAZA A, REY A I, RUIZ J, et al. Effects of feeding in free-range conditions or in confinement with different dietary MUFA/PUFA ratios and-tocopheryl acetate, on antioxidants accumulation and oxidative stability in Iberian pigs[J]. *Meat Science*, 2005, 69(1): 151-163. DOI:10.1016/j.meatsci.2004.06.017.
- [24] REY A I, DAZA A, LOPEZ-CARRASCO C, et al. Feeding Iberian pigs with acorns and grass in either free-range or confinement affects the carcass characteristics and fatty acids and tocopherols accumulation in longissimus dorsi muscle and backfat[J]. *Meat Science*, 2006, 73(1): 66-74. DOI:10.1016/j.meatsci.2005.10.018.
- [25] RUIZ J, VENTANAS J, CAVA R, et al. Texture and appearance of dry cured ham as affected by fat content and fatty acid composition[J]. *Food Research International*, 2000, 33(2): 91-95. DOI:10.1016/S0963-9969(99)00153-2.
- [26] 童群义, 施延军, 毛英芬, 等. 一种在控温控湿和封闭条件下生产低盐金华火腿的方法: 中国, 200410014841.4[P]. 2005-11-02.
- [27] 陈松, 张春晖, 冯月荣, 等. 低盐金华火腿控温控湿新工艺的研究[J]. *肉类研究*, 2006, 20(3): 30-32. DOI:10.3969/j.issn.1001-8123.2006.01.013.
- [28] KERN J D, FOX J D. Producing boneless dry-cured hams with different amounts of curing ingredients[J]. *Journal of Food Science*, 1977, 42(6): 1487-1488. DOI:10.1111/j.1365-2621.1977.tb08406.x.
- [29] MARRIOTT N G, TRACY J B, KELLY R F, et al. Accelerated processing of boneless hams to dry-cured state[J]. *Journal of Food Protection*, 1983, 46(8): 717-721.
- [30] KAARRER J A, KEMP J D, LANGLOIS B E, et al. Microbial and sensory quality of boneless dry-cured hams as affected by mechanical pressing and potassium sorbate[J]. *Journal of Food Science*, 1987, 52(6): 1471-1476. DOI:10.1111/j.1365-2621.1987.tb05857.x.
- [31] LEAK F W, KEMP J D, FOX J D, et al. Effects of boning time, mechanical tenderization and partial replacement of sodium chloride on the quality and microflora of boneless dry-cured ham[J]. *Journal of Food Science*, 1987, 52(2): 263-266. DOI:10.1111/j.1365-2621.1987.tb06588.x.
- [32] HARMON C J, MEANS W J, KEMP J D. Bind, sensory and chemical properties of restructured dry-cured hams[J]. *Journal of Food Science*, 1992, 57(2): 322-324. DOI:10.1111/j.1365-2621.1992.tb05485.x.
- [33] ROMERO de ÁVILA M D, de la HOZ L, ORDÓÑEZ J A, et al. Dry-cured ham restructured with fibrin[J]. *Food Chemistry*, 2014, 159(159): 519-528. DOI:10.1016/j.foodchem.2014.03.051.
- [34] FULLADOSA E, SERRA X, GOU P, et al. Effects of potassium lactate and high pressure on transglutaminase restructured dry-cured hams with reduced salt content[J]. *Meat Science*, 2009, 82(2): 213-218. DOI:10.1016/j.meatsci.2009.01.013.

- [35] BAK K H, LINDAHL G, KARLSSON A H, et al. The effect of high pressure and residual oxygen on the color stability of minced cured restructured ham at different levels of drying, pH, and NaCl[J]. Meat Science, 2013, 95(2): 433-443. DOI:10.1016/j.meatsci.2013.05.004.
- [36] FULLADOSA E, SALA X, GOU P, et al. K-lactate and high pressure effects on the safety and quality of restructured hams[J]. Meat Science, 2012, 91(1): 56-61. DOI:10.1016/j.meatsci.2011.12.006.
- [37] ROMERO de ÁVILA M D, ORDÓÑEZ J A, de la HOZ L, et al. Microbial transglutaminase for cold-set binding of unsalted/salted pork models and restructured dry ham[J]. Meat Science, 2010, 84(4): 747-754. DOI:10.1016/j.meatsci.2009.11.011.
- [38] COSTA-CORREDOR A, SERRA X, ARNAU J, et al. Reduction of NaCl content in restructured dry-cured hams: post-resting temperature and drying level effects on physicochemical and sensory parameters[J]. Meat Science, 2009, 83(3): 390-397. DOI:10.1016/j.meatsci.2009.06.011.
- [39] WHO, ISH. 2003 World Health Organization (WHO)/International Society of Hypertension (ISH) statement on management of hypertension[J]. Journal of Hypertension, 2003, 21(11): 1983-1992. DOI:10.1097/01.hjh.0000084751.37215.d2.
- [40] ARNAU J, SERRA X, COMAPOSADA J, et al. Technologies to shorten the drying period of dry-cured meat products[J]. Meat Science, 2007, 77(1): 81-89. DOI:10.1016/j.meatsci.2007.03.015.
- [41] HAYES J E, KENNY T A, WARD P, et al. Development of a modified dry curing process for beef[J]. Meat Science, 2007, 77(3): 314-323. DOI:10.1016/j.meatsci.2007.03.021.
- [42] MARRIOTT N G, GRAHAM P P, SHAFFER C K, et al. Accelerated production of dry-cured hams[J]. Meat Science, 1987, 19(1): 53-64. DOI:10.1016/0309-1740(87)90099-4.