

低钠干腌肉制品研究进展

张 露, 张雅玮, 惠 腾, 郭秀云, 王 园

(国家肉品质量安全控制工程技术研究中心, 南京农业大学食品科技学院, 江苏 南京 210095)

摘 要: 干腌肉制品是传统肉制品的代表, 因其独特的风味深受广大消费者喜爱。但传统干腌肉制品含钠量较高。大量医学研究表明氯化钠摄入过多对人体健康有不良影响。本文讨论了氯化钠对干腌肉制品的品质及风味的影响, 概述了国内外低钠发酵香肠、咸肉、干腌火腿的研究动态, 并对低钠干腌肉制品的低钠化、分割化、熟食化的多元化发展作出展望。

关键词: 低钠; 干腌肉制品; 火腿; 发酵香肠; 咸肉

Progress in Low-Sodium Dry-Cured Meat Products

ZHANG Lu, ZHANG Ya-wei, HUI Teng, GUO Xiu-yun, WANG Yuan

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

Abstract: Dry-cured meat products, representative of traditional meat products, are very popular with consumers for the unique flavor but contain excessive amounts of salt. A large number of medical studies have shown that excessive salt intake has adverse effects on human health. This article discusses the effect of salt on the quality and flavor of dry-cured meat products, overviews the recent trends in the development of low-sodium fermented sausages, bacon and dry-cured ham in China and abroad, and forecasts future perspectives for the development of diverse products such as low-sodium, cut and cooked.

Key words: low sodium; dry-cured meat products; ham; fermented sausages; bacon

中图分类号: TS251

文献标志码: A

文章编号: 1001-8123(2013)11-0045-05

我国传统干腌类肉制品主要包括火腿、腊肉、咸肉、发酵香肠和风鸡、风鸭、风鹅等禽类产品, 其中金华火腿、广式腊肠、南京板鸭闻名世界, 它们对世界肉制品加工理论和技术的发展都产生过重要影响。而世界上其他著名的干腌肉制品大都出自地中海地区, 该地区独特的环境气候条件适合于干腌肉制品生产并使产品独具特色, 其中最具有代表性当属腌火腿, 如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)、法国的巴约纳火腿(Bayonne ham)和科西嘉火腿(Corsica ham)、德国的西法里亚火腿(Westphalian ham)^[1]。此外, 还有西班牙干腌肉肠(Lomo embuchado)、干腌肉块(Morcon)等。但干腌肉制品过高的食盐含量不但限制了其消费方式和消费量且生产周期长、不卫生、食用缺乏方便性、蒸煮时间特别长、成本高、商品形式少等缺点限制其生产数量和市场竞争力。随着人们生活水平不断提高和对健康的重视, 人们对食品的安全意识正逐步增强。所以, 低钠、健康、安全、快捷、即食、味美的腌腊肉制品的加工新技术代替传统干腌肉制品的加工技术势在必行。

1 传统干腌肉制品存在问题

1.1 水分含量偏低, 盐分含量偏高

在冷藏和保鲜技术不发达的过去, 传统干腌肉制品一般通过大量使用食盐和快速降低产品的水分含量以达到延长保藏期的目的。因此传统干腌肉制品普遍含盐量很高, 比其他食品的含盐量高出数倍, 如火腿的含盐量为6%~12%, 咸肉、腊肉、香肠等一般也在8%左右, 这不仅影响产品的口感而且对消费者健康不利。一些医学研究表明长期过量食用食盐可诱发高血压、心脏病、中风等心血管疾病, 并加重肾脏的负担^[2]。世界卫生组织建议成人每日摄入食盐量应不超过6g以降低心血管疾病发生的风险^[3]。

1.2 周期长、脂肪氧化严重

传统干腌肉制品生产周期一般比较长, 如火腿从原料到成品约需要8~10个月的时间, 国外有些火腿甚至需要1~2年时间, 腊肉也需要1个月左右。在长期的生产加工过程中, 产品暴露于空气, 因此其脂肪氧化很严重。医学研究结果表明, 脂肪氧化产物过量可以诱发多种慢

收稿日期: 2013-09-21

作者简介: 张露(1990—), 女, 硕士研究生, 研究方向为畜产品加工与质量控制。E-mail: 2011108035@njau.edu.cn

性疾病, 是人体衰老和心血管疾病的主要诱因^[4]。过度氧化不仅对产品颜色、口感、质地及营养价值等产生不良影响, 还会使产品产生哈喇味影响消费量和市场前景。此外, 如此长的生产周期不仅需要增加成本来扩大库容量, 而且产品质量也会产生很多无法预测的不安定因素。

1.3 商品形式少

在我国一些干腌肉制品的销售形式基本上是原料原有的形状, 如干腌火腿大多以整腿形式销售, 很不适合家庭或大众消费。由于食盐含量高大多干腌肉制品只能作为调料或其他食品加工的辅料食用, 而欧洲的传统火腿制品主要以火腿片为主要商品形式, 便于消费者, 值得我们借鉴。目前国内市场低盐、休闲、即食小包装的干腌风味肉制品极少, 从而限制了其消费方式和消费量。商品形式少是对生产数量和市场竞争力的一大挑战。

2 食盐对干腌肉制品的影响

2.1 食盐在肉制品中的作用

食盐在肉品加工过程中有着不可或缺的作用, 首先它能够通过增加渗透压使肉制品脱水以降低产品水分活度, 从而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得以延长^[5]。其次, 添加食盐可以提高肌原纤维蛋白的溶解度, 将肉中大部分的水不溶性蛋白质溶解到水相中, 从而使它们能起到包裹脂肪颗粒的作用, 增强了肉的乳化性。此外, 它可使蛋白质发生变性重组形成凝胶, 改善肌肉的嫩度和多汁性^[6], 同时增加肉制品的持水力, 提高产品收益。食盐除了具有本身特有的咸味外, 还能起到突出肉制品特征风味的作用, 因为肉制品中含有大量的蛋白质、脂肪等具有鲜味的成分, 常常要在一定浓度的咸味下才能表现出来^[7]。同时, 食盐能促使硝酸盐、亚硝酸盐、糖等向肌肉渗透, 然而单独使用食盐, 会使腌制的肉色泽发暗、质地发硬, 并仅有咸味, 影响产品的可接受性。总之, 在肉品加工过程中, 食盐对肉制品的色泽、质地、滋味、风味各方面的影响起着非常重要的作用。

2.2 食盐对干腌肉制品风味的影响

干腌肉制品的风味主要包括滋味和香味, 其中脂质水解和氧化主要贡献风味物质。干腌肉制品制作过程中, 脂质在脂肪酶和磷脂酶的作用下分解产生大量游离脂肪酸随后氧化可以产生醇、醛、酮、烷烃等多种挥发性风味物质。蛋白质在组织蛋白酶及钙激活蛋白酶的作用下发生水解, 形成肽、游离氨基酸, 其中肽类是主要的滋味物质。而游离氨基酸既影响产品的滋味又影响风味, 因为游离氨基酸可发生进一步反应通过Strecker降解和美拉德反应产生风味物质。同时大分子物质降解和经微生物作用也能产生部分风味物质^[8]。

干腌肉制品中, 盐的变化主要通过影响产品脂质和蛋白质的降解氧化来产品的质地、香气和风味。这是因为食盐含量对脂肪水解酶、磷脂酶、脂肪氧化酶和组织蛋白酶等各种内源酶活性如有一定的影响, 从而可以达到调节脂质氧化及风味形成的目的。目前研究表明, 食盐含量过高对脂肪水解酶以及抗氧化酶表现为抑制作用^[9]。在传统干腌肉制品中食盐含量都比较高, 因此在加工过程中一般都会对各种内源酶起抑制性作用, 不利于蛋白质和脂质的分解氧化, 要加快这些反应就要适当地降低产品中的食盐含量。另外, 随着人们健康饮食观念的提升, 对低盐食品的需求也日渐增加。因此, 如何降低干腌肉制品的食盐含量就成了当前的研究热点。

3 国内外关于降低干腌肉制品食盐含量的研究现状

3.1 降低食盐含量的措施

为了迎合消费者对降低食品中食盐含量的要求, 世界各国正致力于开发各种低盐产品, 其中食盐含量较高的干腌肉制品领域得到较高关注, 降低干腌肉制品中的钠含量对全球肉制品的研究将有革命性的意义。目前, 降低食盐含量主要通过以下途径: 1)减少食盐的添加量, 虽然这个最直接的途径可以有效降低产品中的钠含量, 但会给肉类工业带来一系列的技术问题。因为, 氯化钠对肌肉蛋白质水解酶的活性有调节作用, 降低食盐的含量可增强肽链内切酶和肽链端切酶的活性, 相应地, 蛋白质过度水解导致产品质构出现过软和发黏等不良现象。此外, 由于肽和游离氨基酸等低分子量氯化物的积累, 产品还会产生不良气味。食盐是一种强氧化剂会影响挥发性香味来源氧化物的产生, 从而影响产品的特征风味形成。减少食盐的添加量还会降低产品的防腐能力, 缩短产品的贮藏期^[10]。2)使用其他氯盐(如氯化钾、氯化钙和氯化镁)部分或全部取代氯化钠。3)使用磷酸盐、氨基酸等部分的取代氯化钠。4)采用新的加工工艺, 如利用超声波技术加工低盐咸肉时可缩短腌制时间从而降低腌制时间, 还有研究通过涂防腐抑菌膜并控温控湿降低火腿中的食盐含量^[11-13]。虽然, 在干腌肉制品加工过程中采取的降盐措施多样, 但直接降低食盐含量和改变加工工艺的方法仍有许多技术难题没有攻克, 不能得到降盐的理想效果^[14]。因此, 寻找在感官、工艺和微生物控制方面具有与氯化钠相似效果的氯化钠的适宜替代物仍是各国学者研究的热点和重点。

3.2 氯化钠替代物在干腌肉制品中的应用

目前, 研究较多的是采用食盐替代物来部分替代氯化钠, 由于氯化钾的性质与氯化钠极为相似, 在有效降低产品钠含量的同时保证离子强度不受影响, 仍可以有效抑制腐败微生物的生长、繁殖。此外, 产品具有可接

受的咸味。所以，氯化钾是干腌肉制品中最早被用作氯化钠的替代物，且目前仍是最常用的替代物之一。但单独大量使用氯化钾会使制品呈现苦味和涩味，限制了氯化钾的使用。近年来，很多学者致力于利用钾盐与氯化钠的混合物应用到干腌肉制品中，并对氯化钠替代物对于肉制品的理化性质、组织状态、风味等影响进行了较为详细的研究。

3.2.1 氯化钠替代物在发酵香肠中的应用

Gou等^[15]在发酵香肠中以30%~40%氯化钾单独替代氯化钠，当替代比例达到30%时就会有轻微的苦涩味但得到的产品风味和其他感官指标与对照组没有差别，当替代量为40%时产品的整体风味仍可接受。Gelabert等^[16]分别用40%氯化钾、30%乳酸钾和20%甘氨酸分别替代氯化钠所得制品的微生物稳定性与对照组基本相同，但制品质构特性降低。但当混合物替代氯化钠的比例超过40%时，其质构特性相比单独一种物质替代时严重降低，风味差接受度低。Guardia等^[17]用氯化钾与乳酸钾混合物替代发酵香肠中50%的氯化钠，结果显示，随着氯化钾添加量的增加，产品品质与对照组相似；随着乳酸钾含量增大，产品的黏结性增加，质构降低；而酸味、咸味减弱。Whiting等^[18]用氯化钾代替50%氯化钠制作法兰克福香肠，制品的质构、风味、色泽都无明显变化。Quintanilla等^[19]发现在干腌发酵香肠中利用氯化钾部分替代氯化钠对脂肪水解酶的活性有非常积极的影响，但氯化钾本身具有少许苦味，会对产品的风味产生影响。Elizabeth等^[20]在法兰克福香肠中将氯化钾与转谷氨酰胺酶(TGase)联合使用。结果发现，联合使用氯化钾和TGase的香肠会比单独使用TGase的香肠具有更好的硬度、弹性和咀嚼性，且降低了蒸煮损失。

Campagnol等^[21]在发酵香肠中用50%氯化钾替代氯化钠同时添加10g/kg的赖氨酸、300mg/kg的次黄嘌呤核苷酸盐和300mg/kg的鸟苷酸盐会显著改善因大量氯化钾替代氯化钠带来的苦涩等感官缺陷，使产品在50%氯化钠含量的同时易于被接受。Gimeno等^[22]用44%氯化钠、24%氯化钾和32%氯化钙作为低钠混合物用于西班牙干腌肉肠中，并未给产品带来安全隐患和风味缺陷。张兰威^[23]利用40%、50%、60%氯化钾分别替代发酵肠中氯化钠，当替代量达60%时，香肠的感官评定结果显示硬度有所增加，有明显苦涩味，但仪器分析结果显示其他指标没有显著差异。安攀宇^[24]在广式腊肠中用10%~50%的氯化钾替代氯化钠，研究表明，当50%的替代比例时，产品的理化特性与100%氯化钠组没有显著差异。感官并未表现出金属味和苦涩味，分析可能的原因是广味香肠中糖的使用量较大，甜味可能掩盖了氯化钾的金属味降低了苦涩味。戴洪余等^[25]研究认为，用氯化钾或乳酸钾代替原配方中40%的食盐，产品感官质量和可贮存性不受影响。

3.2.2 氯化钠替代物在咸肉中的应用

Alion等^[3]在制作干腌腰肉制品时分别用氯化钾、氯化镁、氯化钙替代50%氯化钠研究不同盐分的渗透动力学变化，结果表明盐的类型对盐分渗透率产生较大影响，氯化钾有较快的渗透速率，氯化钠和氯化钾复合物降低了制品的水分损失，制品的盐分渗透动力学特性与对照组没有显著差异；而氯化钠和氯化钙以及氯化钠和氯化镁复合物降低盐分的渗透速率，增加了制品的水分损失。Gou等^[26]用氯化钾、乳酸钾和氨基乙酸替代干腌猪腰肉中的氯化钠，结果发现用氯化钾代替氯化钠对产品质地和色泽没有明显影响，当50%和60%氯化钠被氯化钾代替时对弹性略有影响，但有明显苦味；20%乳酸钾代替氯化钠，产品弹性和黏结性下降，但是通过感官分析对质地没有本质的影响；用氨基乙酸代替氯化钠比例低于40%时对质构的影响较小，当代替比例高于40%时质构有明显变化，但这3种替代物对产品色泽都没有影响。

Armenteros^[27]在干腌腰肉中，用氯化钾、氯化镁、氯化钙部分替代氯化钠会导致肌肉蛋白水解程度提高，因为在替代组中组织蛋白酶B和蛋白酶B+L的活性显著高于100%氯化钠组。这可能由于高浓度的二价钙盐和二价镁盐对蛋白质的极性基团结合性更强、增强蛋白质交联、阻止盐渗透，从而对内部组织蛋白酶活性抑制作用降低，终产品游离氨基酸含量增多使质地过度柔软、发黏同时有不能被接受的气味。Armenteros等^[28]在低钠干腌腰肉中使用复合盐(25%氯化钾+15%氯化钙+5%氯化镁、50%氯化钾+15%氯化钙+5%氯化镁)替代氯化钠时，对脂肪的水解影响与100%氯化钠组相似，但当二价氯盐含量增加时，高浓度的二价离子使单不饱和脂肪酸和多不饱和脂肪酸含量减少，降低了脂肪的水解作用，同时产品有令人不愉快的异味，并有金属味和苦涩味。在干腌腰肉中，Aliño等^[29]用70%(氯化钾+氯化镁+氯化钙)复合物替代氯化钠可显著增加产品的硬度和咀嚼性，当使用45%氯复合物替代平品时，产品的理化特性没有显著影响，替代物可减少盐耐性微生物群的数量，同时提高了葡萄球菌和乙蜡样芽孢杆菌的凝固酶活性但与100%氯化钠组没有显著差异，对产品的安全性没有威胁。

相比于国外，我国对低盐肉制品的研究较少。王志耕等^[30]用硝酸盐、磷酸盐、抗坏血酸、葡萄糖等制成混合盐分别以3%、6%、9%的比例用于传统风味腌腊肉的加工。结果表明，混合盐加工的肉制品感官品质良好，但对风味有一定影响。杨应笑等^[31]在腊肉中研究氯化钾的最大可接受替代比例为40%，由于腊肉制品中的含盐量较大，依据味觉的消杀作用原理，咸味可以掩盖一定浓度的苦味和涩味，当氯化钾替代比等于或超过60%时，产品就会有一定的金属味、涩味等不良风味，不能被接受。于荟等^[32]在腌肉中添加2.8%食盐、2%蔗糖和5%



的乳酸盐,使腌肉食盐含量降低到3.9%,含水量提高到47.8%同时风味色泽不受影响。

3.2.3 氯化钠替代物在干腌火腿中的应用

Serra等^[33]在重组干腌火腿中,乳酸钾以36%的比例替代氯化钠,研究表明其对产品的物理化学性质和感官评分没有不良影响,微生物同样具有稳定性。Blesa等^[34]为了减少西班牙干腌火腿中的食盐添加量,分别选用(50%氯化钾+25%氯化钾+15%氯化钙+5%氯化镁)复合物替代95%氯化钠,研究发现替代组要达到和100%氯化钠组相同的水分活度需要更长腌后静置时间,随着时间的延长,两组微生物数量没有差异但替代组产品会产生异味,接受度较低。

Toldra等^[35]在西班牙干腌火腿中,选用不同比例的氯化钾、氯化镁、氯化钙复合物部分替代氯化钠,探究食盐替代物对火腿风味和滋味的影响机制,深入研究了不同食盐替代物对脂肪和蛋白质的水解氧化的影响。研究表明,在前50d腌后平衡阶段用50%氯化钾替代氯化钠组比100%氯化钠组的组织蛋白酶B、蛋白酶B+L的活性下降更迅速,这可能是由于氯化钾与氯化钠对组织蛋白酶的活性有相同的抑制作用,但氯化钾比氯化钠的渗透速率快,从而在初期盐平衡阶段替代组对内源酶活性的抑制作用更明显。替代组与100%氯化钠组对二肽酶和氨基肽酶的影响无显著差异,从而对蛋白质水解作用无显著影响。感官评分结果显示,替代组总体比100%氯化钠组有较低的接受度,尤其是有二价钙盐和镁盐存在时金属味和辛辣味口感较差,而50%氯化钾替代组有明显的苦涩味。

Ripollesd等^[36]在盐替代对脂肪水解方面的研究结果表明,25%氯化钾、15%氯化钙和5%氯化镁替代组的脂肪水解程度比100%氯化钠组高,这是因为二价离子对酸性脂肪酶的抑制作用低于一价离子从而促进了游离脂肪酸尤其是单不饱和脂肪酸的形成,在加工前200d,100%氯化钠组的脂肪氧化有滞后性,一直低于替代组但在加工结束时2组的硫代巴比妥酸值没有显著差异。这说明在干腌火腿的加工中使用其他氯盐替代氯化钠对脂肪的水解速率有重要影响,从而可调控产品最终风味物质的形成。Armenteros等^[37]对100%氯化钠组、50%氯化钠+50%氯化钾组、55%氯化钠+25%氯化钾+15%氯化钙+5%氯化镁组的干腌火腿的风味物质进行研究,发现在后熟阶段,前2组相对第3组脂肪衍生物的风味物质即主题风味物质如己醛的含量较显著的增高。但第3组乙醛和醇含量和一些次要风味物质较高,同时,100%氯化钠组和50%氯化钾替代组的风味物质种类和含量也有所不同。所以不同比例和种类的盐替代氯化钠会对产品的风味物质造成不同影响。

4 展望

虽然国内外学者开始探索干腌肉制品的发展新动向,关于减盐的措施也相继出现,但开发出和传统产品口感风味一致的低钠产品还是极少。一些食盐替代物也仅限于基础研究阶段,在产品的应用方面仍有缺陷,无法实现突破性的发展,整个干腌肉制品行业还在探索中缓慢前进。开发一种能完全替代食盐的替代物应用于干腌肉肉制品中仍是行业的主要研究方向之一,各种氯化钠替代物在干腌肉制品的加工过程中是如何影响脂质分解和氧化、蛋白分级和氧化、以及风味物质形成的机制仍需科研人员不断努力才能解答。除了低钠化这一亟待解决的问题,仍有许多瓶颈制约着干腌肉制品行业的发展,低钠化、分割化、熟食化的多元化发展是现代人们的追求方便且健康饮食的需求^[38],只有把握住这些最新发展动向,才能使干腌肉制品的研究获得具有开创性和革命性的意义。

参考文献:

- [1] 郇延军. 金华火腿加工过程中脂类物质及风味成分变化的研究[D]. 南京: 南京农业大学, 2005: VI-V.
- [2] ALINO M, GRAU R. Characterisation of pile salting with sodium replaced mixtures of salts in dry-cured loin manufacture[J]. Food Engineering, 2010, 97(3): 434-439.
- [3] ALINO M, GRAU R, BAIGTS D, et al. Influence of sodium replacement on the salting kinetics of pork loin[J]. Meat Science, 2009, 95(4): 551-557.
- [4] 赵改名. 肌肉蛋白水解酶在金华火腿加工过程中作用研究[D]. 南京: 南京农业大学, 2004: 11-12.
- [5] WIRTH F. Reducing the common salt content of meat products: possible methods and their limitations[J]. Fleisch Wirtschaft, 1989, 69(4): 589-593.
- [6] JOANNA GIBSON, Gillian Armstrong, Heather McIlveen. A case for reducing salt in processed foods[J]. Nutrition and Food Science, 2000, 30(4): 167-173.
- [7] RUUSUNEN M, VAINIONPAA J, LYLÄ M, et al. Reducing the sodium content in meat products: the effect of the formulation in low-sodium ground meat patties[J]. Meat Science, 2005, 69(1): 53-60.
- [8] PARRENO M, CUSSO R, SARRAGA C, et al. Development of cathepsin B, L and H activities and cystatin-like activity during two different manufacturing processes of Spanish dry-cured ham[J]. Food Chemistry, 1994, 49(1): 15-21.
- [9] MARTIN L, CORDOBA J, ANTEQUERA T, et al. Effects of salt and temperature in proteolysis during ripening of Iberian ham[J]. Meat Science, 1998, 49(2): 145-153.
- [10] TOLDRA F, ARISTORY M C, FLORES M. Contribution of muscle amino peptidases to flavor development in dry-cured ham[J]. Food Research International, 2000(33): 181-185.
- [11] RUUSUNEN M, PUOLANNE E. Reducing sodium intake from meat products[J]. Meat Science, 2005, 70(3): 531-541.
- [12] 蔡华珍, 王银传. 超声波技术加工低盐咸肉的工艺研究[J]. 食品科学, 2008, 29(2): 192-195.
- [13] 罗晓妙, 史碧波. 低盐干腌火腿的加工[J]. 肉类研究, 2007, 21(1): 13-15.
- [14] 方英群. 金华火腿新产品开发[D]. 杭州: 浙江大学, 2006: 18-22.



- [15] GOU P, GUERRERO L, GELABERT J, ARMAU J. Potassium chloride, potassium lactate and glycine as sodium chloride substitutes in fermented sausages and in dry-cured pork loin[J]. *Meat Science*, 1996, 42(1): 37-48.
- [16] GELABERT J, GOU P, GUERRERO L, et al. Effect of sodium chloride replacement on some characteristics of fermented sausages[J]. *Meat Science*, 2003, 65(2): 833-839.
- [17] GUARDLA M D, GUERRERO L, GELABERT J, et al. Sensory characterisation and consumer acceptability of small calibre fermented sausages with 50% substitution of NaCl by mixtures of KCl and potassium lactate[J]. *Meat Science*, 2008, 80(4): 1225-1230.
- [18] WHITING J. Partial substitution of sodium chloride by potassium chloride in frankfurter formulations[J]. *Journal of Food Quality*, 1981(4): 259-269.
- [19] QUINTANILLA L, IBANEZ C, CID C, et al. Influence of partial replacement of NaCl with KCl on lipid Fraction of dry fermented sausages inoculated with mixture of *Lactobacillus plantarum* and *Staphylococcus carnosus* [J]. *Meat Science*, 1996, 43(3/4): 225-234.
- [20] ELIZABERH G G, ALFONSO T. Low-fat sodium-reduced sausages: Effect of the interaction between locust bean gum, potato starch and j-carrageenan by a mixture design approach [J]. *Meat Science*, 2008, 78(4): 406-413.
- [21] PAULO C B C, BIBIANA A D S, NELCINDO N T, et al. Lysine, disodium guanylate and disodium inosinate as flavor enhancers in low-sodium fermented sausages[J]. *Meat Science*, 2012(91): 334-338.
- [22] GIMENO O, ASTIASARAN I, BELLO J. Influence of partial replacement of NaCl with KCl and CaCl₂ on microbiological evolution of dry fermented sausages[J]. *Food Microbiology*, 2001(18): 329-334.
- [23] 张兰威. 氯化钾乳酸钾和甘氨酸替代发酵肠中氯化钠[J]. *肉类工业*, 1997(2): 39-42.
- [24] 安攀宇. 低脂低钠传统中式香肠的研究[D]. 昆明: 云南农业大学, 2012: 82-83.
- [25] 戴洪余. 功能肉制品的开发[J]. *杭州食品科技*, 2006(4): 19-21.
- [26] GOU P, GUERRERO L, GELABERT J. Potassium chloride, potassium lactate and glycine as sodium chloride substitutes in fermented sausages and in dry-cured pork loin[J]. *Meat Science*, 1996, 42(1): 37-48.
- [27] ARMENTEROS M, ARISTOY M C, et al. Biochemical changes in dry-cured loins salted with partial replacements of NaCl by KCl[J]. *Food Chemistry*, 2009, 117(4): 627-633.
- [28] ARMENTEROS M, FIDEL T, BARAT J M, et al. Biochemical and sensory properties of dry-cured loins as affected by partial replacement of sodium by potassium, calcium, and magnesium[J]. *Journal of Agriculture and Food Chemistry*, 2009, 57(20): 9699-9705.
- [29] ALINO M, GRAU R, et al. Physicochemical properties and microbiology of dry-cured loins obtained by partial sodium replacement with potassium, calcium and magnesium[J]. *Meat Science*, 2010, 85(3): 580-588.
- [30] 王志耕, 张延松. 配制混合盐腌制传统腊肉的研究[J]. *肉类工业*, 1995(4): 22-23.
- [31] 杨应笑, 任发政. 氯化钾作为腊肉腌制剂中氯化钠替代物的研究[J]. *肉类研究*, 2005(9): 44-47.
- [32] 陈有亮, 于荟, 王联潮, 等. 低盐腌制对腌肉制品品质的影响[J]. *食品工业科技*, 2012, 33 (9): 134 -136.
- [33] 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.
- [34] BLEAS E, BARAT J.M. 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*, 2008, 78(1): 135-142.
- [35] ARMENTEROS M, TOLDRA F, 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.
- [36] SUSANA R, PAULO C, BASTIANELLO C, 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.
- [37] ARMENTEROS M, TOLDRA F, VENTANAS J, et al. Effect of the partial replacement of sodium chloride by other salts on the formation of volatile compounds during ripening of dry-cured ham[J]. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 2012, 60(31): 7607-7615.
- [38] 张旋. 我国传统发酵火腿存在问题及发展趋势[J]. *科技致富向导*, 2012(20): 63-66.