

针对减盐减钠肉制品的问卷调查及低钠香肠研究现状的分析

秦乐蓉¹, 高梦颖¹, 王海滨^{1,2*}, 胡依黎^{1,2}, 金伟平^{1,2}, 廖鄂^{1,2}

(1. 武汉轻工大学食品科学与工程学院, 武汉 430023; 2. 国家富硒农产品加工技术研发专业中心, 武汉 430023)

摘要: 目的 了解居民对减盐减钠肉制品的认知和消费情况, 并了解国内外减盐对肉品品质影响研究的现状。**方法** 设计并进行居民减盐减钠肉制品市场问卷调查, 同时以香肠制品为代表, 综述国内外关于低钠香肠品质特性的研究现状。**结果** 居民在对酱卤肉及香肠 2 类加工肉制品十分青睐, 但购买时缺少减盐标签引导, 同时人们通常凭借经验进行日常饮食烹饪, 缺少减盐的定量手段。国内外研究表明降低钠盐含量对以香肠制品为代表的加工肉制品在感官品质、质构、营养品质及安全性方面都有不利的影响, 但这些影响可以通过其它途径弥补。**结论** 该调查报告及综述为减盐减钠肉制品(含低钠香肠制品)产品的研发提供了参考。

关键词: 肉制品; 香肠制品; 减盐减钠; 问卷调查; 品质特性

Questionnaire survey on salt and sodium-reducing meat products and analysis of current research situation of low-sodium sausages

QIN Le-Rong¹, GAO Meng-Ying¹, WANG Hai-Bin^{1,2*}, HU Yi-Li^{1,2}, JIN Wei-Ping^{1,2}, LIAO E^{1,2}

(1. College of Food Science and Engineering, Wuhan Polytechnic University, Wuhan 430023, China;
2. National R & D Center for Se-rich Agricultural Products Processing Technology, Wuhan 430023, China)

ABSTRACT: Objective To understand the residents' awareness and consumption of meat products with reduced salt and sodium, and understand the current research status on the impact of salt reduction on meat quality at home and abroad. **Methods** Residents' views on salt and sodium reduced meat products were conducted by a questionnaire survey, and the current research status on quality characteristics of low-sodium sausage at home and abroad were reviewed with sausage products as the representative. **Results** Residents like the two types of processed meat products stewed meat and sausages most, but they lack the guidance of salt reduction labels at the time of purchase. At the same time, people usually use their experience in daily dietary for cooking and lack of quantitative means to reduce salt. Domestic and foreign studies show that the reduction of salt content has an adverse effect on the sensory quality, texture, nutritional quality and safety of processed meat products represented by sausage products, but these effects can be compensated by other means. **Conclusion** The survey report and review provide a reference for the research and development of reduced-salt and sodium meat products (including low-sodium sausage products).

基金项目: 湖北省农业科技成果转化资金项目 (2017ABB674)、大冶市重点研究与开发计划项目(2018B19)

Fund: Supported by the Hubei Agricultural Science and Technology Achievements Transformation Funds Project (2017ABB674), and Daye City Key Research and Development Plan Project (2018B19)

*通讯作者: 王海滨, 教授, 主要研究方向为肉制品加工与质量控制。E-mail: whb6412@163.com

*Corresponding author: WANG Hai-Bin, Professor, Department of Food Science and Engineering, Wuhan Polytechnic University, No.68, Xuefunan Road, Wuhan 430023, China. E-mail: whb6412@163.com

KEY WORDS: meat products; sausages; salt reduction and sodium reduction; questionnaire survey; quality characteristics

1 引言

食盐是在日常饮食中最常用的、不可或缺的咸味剂。在肉制品中,食盐可以改善感官、调节质地以及延长货架期等。新鲜原料肉中钠含量很低,在很大程度上,钠盐是在加工期间或之后添加到肉制品中的。中国的很多传统加工肉制品如酱卤肉制品和香肠制品(如腊肠等)含盐量较高,不论是长期还是短期地从高盐饮食中摄入过量的食盐,都会增加高血压和心血管疾病等发病风险,因此降低香肠等肉制品中钠盐的添加量是一种安全有效的预防高血压的方法^[1-3]。我国正越来越重视减盐和高血压防控工作,《“健康中国 2030”规划纲要》^[4]中明确了“到 2030 年,实现人均每日食盐摄入量减少 20%的目标”。

在传统加工工艺中,盐可提供咸味来改善香肠的感官特性,咸味觉可以控制和调节钠盐的摄入^[5]。乳化型香肠制品的加工对食盐含量有特殊要求,直接降低食盐含量不仅降低了香肠的咸味,还会促进微生物的生长,降低产品的贮藏性能,造成产品质构的恶化,导致产品出现出油出水、结构松散等质量缺陷^[6]。因此,目前可行性较强的策略是采用在某些性质上与食盐接近,具有与食盐类似的咸味等特征的钠盐替代品,来降低钠含量的添加而不影响产品的咸味;同时添加适量的核苷酸分解物、酵母抽提物以及氨基酸等风味增强物质可改善产品风味等^[7],在此基础上,以高压辅助加工、脉冲电场技术等来提升香肠质量,弥补减盐损失^[8]。为制定更好的肉制品减盐加工策略,本研究开展对居民的肉制品消费以及减盐意识进行初步问卷调查,并以受到世界各国人们广泛青睐的香肠制品为加工肉制品的代表,综合整理国内外关于香肠制品减盐减钠对其感官品质、质构、营养品质及安全性影响的科技文献,以便为低钠香肠制品的改良和进一步研发提供技术参考。

2 材料与方法

本次调查的时间为 2020 年 4 月 28 日至 2020 年 5 月 6 日,采用网上问卷调查的方法对消费者进行调查,共回收了有效问卷 422 份,主要调查了居民对肉制品的消费情况、居民对肉制品的口味偏好、居民对减盐的认知情况以及对肉制品的满意程度和期望等。得到居民日常生活中的减盐减钠肉制品消费情况的有效数据,理论分析和实证分析相结合,同时采用比较研究和统计学的方法对数据进行分析研究。

3 结果与分析

3.1 居民对肉食品消费情况

3.1.1 消费者经常购买的肉食品种类

居民经常购买的肉食品种类见图 1。图 1 表明居民最常购买的肉食品是鲜肉,其次是酱卤肉制品(如卤肉、卤鸭脖、酱鸭等)以及肠类肉制品(如火腿肠、灌肠、香肠等)。虽然鲜肉消费仍占主导地位,但消费者的肉类消费已实现多元化。随着居民收入的增加,为了方便和节省时间,消费者选择更多的加工或半加工肉制品,其消费需求日益丰富。

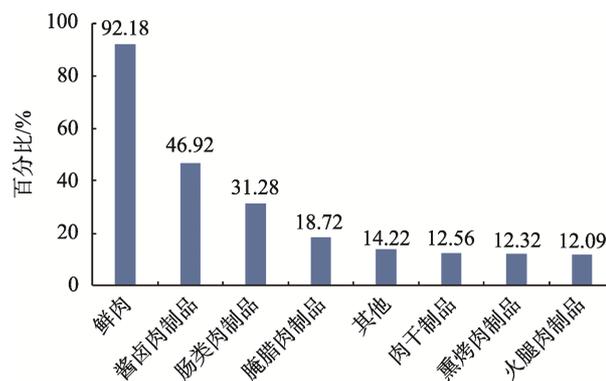


图 1 居民经常购买的肉食品种类

Fig.1 Types of meat products that residents often buy

3.1.2 消费者购买肉食品时最关注的方面

居民购买肉食品时最关注的方面见图 2。图 2 表明,绝大多数居民在购买肉食品时最关注的问题是质量安全,其次人们最关注的方面是口感和价格。我国虽然逐步建立了肉加工标准体系,但加工业质量安全隐患依然突出,一是肉品分级分类不规范,再者检测、监管、追溯、预警体系不完善^[9],消费者仍存在安全方面的担忧。

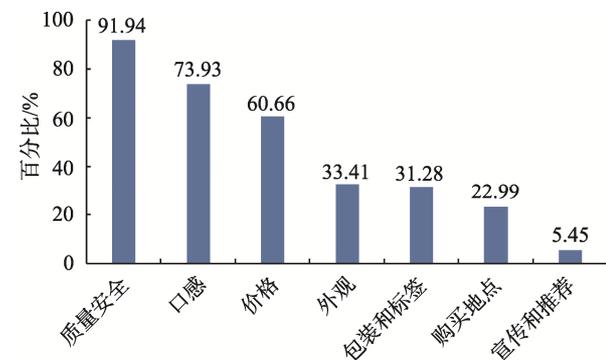


图 2 居民购买肉食品时最关注的方面

Fig.2 The aspects that residents pay most attention to when buying meat

3.1.3 居民对肉食品口味偏好

居民购买肉食品的口味偏好见图 3。图 3 调查结果表明大部分居民口味适中, 大多数肉食品消费者更偏好鲜味, 其次是咸味和辣味。除质量安全方面以外, 消费者最看重口感方面, 直接减少食盐用量会对肉制品的风味、口感等产生影响, 对肉制品减盐应尽量不影响风味和口感。

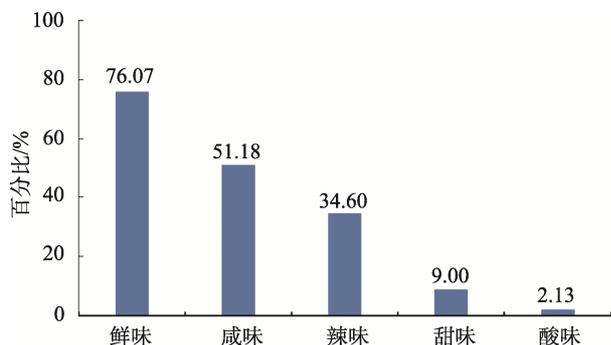


图 3 居民购买肉食品口味偏好
Fig.3 Residents' taste preference for meat products

3.1.4 居民减盐认知情况

居民对减盐的认知情况见图 4。图 4 表明大部分居民重视减盐, 会在日常生活中减盐。大多数居民会关注包装上的营养成分表, 肉类标签有助于他们选择肉类产品。人们对食盐过量摄入的危害和减盐认知程度比较高, 并能说出至少一个由高盐摄入量引起的健康问题, 但对国家实施的减盐政策不太了解。

减少人口中的膳食盐摄入量是减少心血管疾病负担的关键策略, 在人口层面减少盐摄入量的策略包括提高认识、建议个人减少盐的消耗量、食品标签设计以及食品工业减盐。提高人们对盐摄入量的认识、态度和行为是任何减盐策略的重要组成部分^[10]。

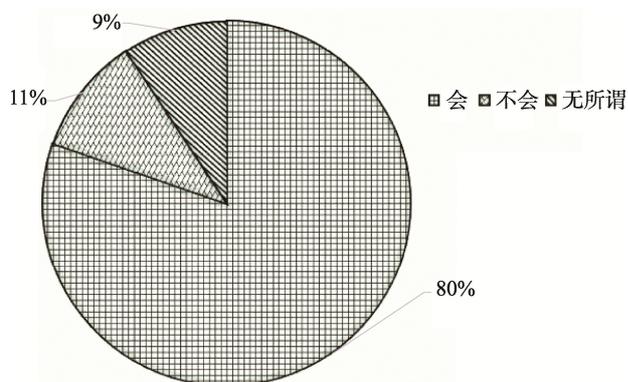


图 4 居民在日常生活中减盐情况
Fig.4 Residents' salt reduction situation in their daily lives

3.1.5 居民减盐相关困难

居民在日常生活中减盐的方法以及居民在日常生活

中减盐减钠的障碍见图 5 和 6。图 5 表明, 大多数居民在日常生活中通过做菜凭经验尽量少放盐来实现减盐; 图 6 表明, 大多数人认为目前在日常生活中实施减盐减钠行动存在的问题和困难是: 政策宣传不够, 百姓关注度偏低。而影响减盐减钠的障碍主要是无合适的定量方式以及口味不好。

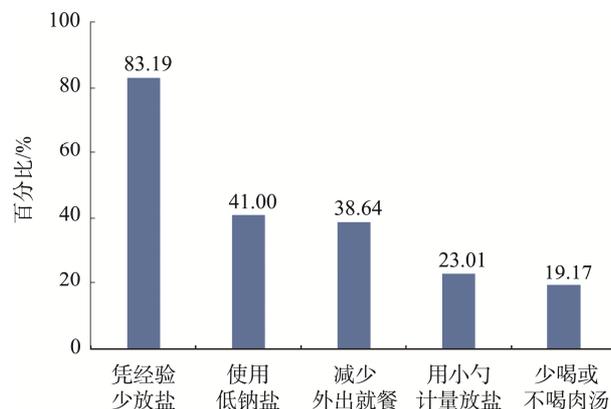


图 5 居民在日常生活中减盐的方法
Fig.5 Residents' ways to reduce salt in their daily lives

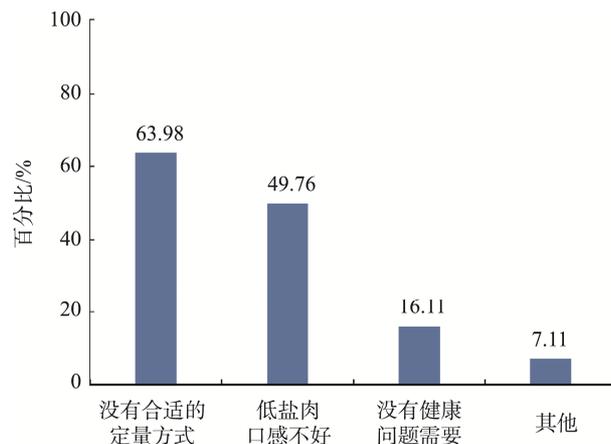


图 6 居民在日常生活中减盐减钠的障碍
Fig.6 Barriers to reducing salt and sodium in daily life

3.1.6 居民对肉食品的满意程度和期待

居民对减盐肉食品的问题和期待主要有 4 个方面: 人们更加需求安全又健康食品, 国家和行业在宣传科普方面的力度不够, 应让居民切实体会到减盐减钠的好处; 低盐肉制品口感不佳, 消费者的口感要求难以满足; 希望增加低盐肉食品的种类, 完善标签; 肉制品价格不合理等。总的来说人们希望肉食品越来越健康。

3.1.7 调查总结与启示

针对调查结果, 相关部门应继续开展教育运动, 以鼓励人们限制食盐的摄入, 将关于减盐的健康认识转化为关于减盐的强烈态度和实践。国家虽然推出了减盐的倡导, 但居民对此了解程度不高, 媒体可以成为传播提高公众意

识运动的主要工具。如可通过在食品包装上多提供一些关于肉的信息提醒钠盐摄入,以方便消费者更了解和使用所提供的资料。

调查结果也暗示了酱卤肉和香肠制品这两类高盐含量的加工肉制品颇受人们青睐,越来越多地出现在居民的餐桌。因此整个食品工业的全面减盐,应当从这两类加工肉制品着手,在不影响风味的前提下达到减盐的目的,完善低盐或替代类产品,扩大品牌化。进一步的定性研究应探讨可能有利于食盐摄入的具体做法,加大科技研发力度,开发更多优质肉制品。

3.2 低钠香肠品质研究现状

传统酱卤肉和香肠制品都存在着高盐问题,不符合现代健康饮食消费理念。相较之下,香肠制品由于其工艺简单且各项指标的检测稳定性好,为国内外广泛研究。目前,国内外学者对低钠香肠的研究,集中在探索钠盐含量的降低对香肠感官品质、质构、营养品质及安全性 4 个方面的影响。

3.2.1 感官品质

食盐含量的改变对香肠的感官品质有显著影响。Hu 等^[11]研究了不同盐浓度对发酵干香肠的风味特征和感官品质的影响,感官评定结果显示,食盐浓度为 2.0%和 2.5%时,香肠的口感、咀嚼度和香气评分较高。而食盐浓度越低,其感官可接受性越差。

可通过使用氯化钾替代香肠制品中的食盐改善盐含量降低对口感产生的影响。Regan 等^[12]以猪肉香肠馅饼的感官和理化特性为基础,评估了减少氯化钠和用氯化钾或改性氯化钾盐替代氯化钠的效果,结果表明,与使用标准氯化钾相比,在猪肉香肠中使用改良的氯化钾(NuTek Salt 15,000)可以改善适口性;Chen 等^[13]研究了钠替代物部分替代食盐对哈尔滨干香肠物理、微生物和感官特性的影响,对比了食盐替代物配方 SS1(70%NaCl 和 30%KCl)和 SS2(70%NaCl、20%KCl、3.5%麦芽糊精、4%L-赖氨酸、1%L-丙氨酸、0.5%柠檬酸和 1%乳酸钙),从总体上看,SS2 处理的香肠整体可接受性较高,可以降低 KCl 带来的苦味和金属味;也可以通过使用非氯盐替代物来改善香肠的风味。Ruusunen 等^[14]以柠檬酸钠、羧甲基纤维素和卡拉胶为原料,研究了低盐博洛尼亚型香肠的质量特性,结果发现添加柠檬酸钠、卡拉胶和羧甲基纤维素可以降低油炸损失、增加咸味,柠檬酸钠和羧甲基纤维素可以增加风味强度,只有柠檬酸钠能提高香肠的多汁性。感官品质决定消费者的购买欲,应当通过系统的比较研究进一步确定对香肠感官品质具有积极效果的替代物。

3.2.2 质构

食盐通过瘦肉中盐溶性蛋白的溶出发挥其乳化作用,因此减盐会影响香肠的乳化程度和质构特性。田星等^[15]以中式香肠为载体,研究了不同含盐量以及其他条件下产

品品质的变化,结果表明含盐量高的香肠色泽好,组织紧实,当含盐量为 3%时,各指标得分较高;而含盐量为 0%的香肠色泽暗淡,无光泽,结构松散,口感和风味差。张秋会等^[16]研究了不同盐分含量下熏煮鸡肉香肠产品保水性和质构等的变化规律,研究表明,降低含盐量会降低产品的保水性,降低自由水含量,降低出品率,显著改变产品的质构和品质特性,对产品的亮度及感官品质没有影响。Pires 等^[17]研究了不同减钠水平对博洛尼亚香肠理化特性、微观结构和感官接受性的影响,结果表明含钠量较高的配方显示出更加致密和更加紧凑的结构,而减钠最多的香肠的显微结构不规则致密化程度较高。

目前对氯化钾部分替代食盐对香肠质构的影响研究较为深入。赵春波等^[18]研究了用氯化钾替代部分食盐对猪乳化肠品质的影响,结果表明,以氯化钾代替部分食盐可以提高猪乳化肠的保水率,其中保水率与氯化钾的添加量呈正相关;Kim 等^[19]研究了用其它氯化物盐(如氯化钙、氯化钾和氯化镁)替代氯化钠对低脂猪肉火腿肠品质特性的影响,结果表明在低脂乳化型香肠中,随着 CaCl_2 替代水平的增加,产品 pH 值和持水性逐渐降低,质构性能和色值变差;Çarkcioğlu 等^[20]研究了在三聚磷酸钠存在条件下,用氯化钾(50%)部分替代氯化钠,对盐溶性肌原蛋白凝胶质构特性等的影响,结果表明氯化钾取代氯化钠可降低凝胶的硬度,但添加氯化钠可提高凝胶的硬度;齐鹏辉等^[21]在猪肉肌原纤维蛋白溶液中加入不同比例的氯化钠和氯化钾复合盐,热诱导凝胶形成,并分析了氯化钾部分替代氯化钠对肌原纤维蛋白凝胶特性的影响,结果表明,添加 0.4 mol/L NaCl+0.2 mol/L KCl 复合盐可显著提高蛋白质凝胶的凝胶强度,但其凝胶持水性与单独添加 NaCl 的对照组无明显差异。

尽管学者们对氯化钾的研究十分深入,但氯化钾并非最理想的替代盐,这是由于当其添加量超过 30%后其金属味与苦涩味无法有效抑制。因此通过采取有效措施来抑制其不被人接受的口味是具有挑战的课题,同时研究人员也应当关注其它具有潜力的天然物质(如多糖)。

3.2.3 营养品质

盐替代物对蛋白质降解有一定影响。Santos 等^[22]研究了盐替代物对发酵干香肠蛋白水解及流变特性的影响,结果表明减少 50%的 NaCl 增加了香肠制作过程中游离氨基酸的总量, CaCl_2 的加入减少了肌浆蛋白的降解,而 KCl 替 50%的 NaCl 对蛋白质水解没有影响。

对香肠额外添加多糖类植物成分可以改善其质构和营养。Jo 等^[23]研究了添加冬菇粉生产低盐鸡肉香肠的品质特性,结果表明添加这种添加剂不会对香肠的颜色和感官质量产生负面影响,此外,由于肉制品中缺乏膳食纤维,此法使肉制品中增加了膳食纤维,提升了产品的营养品质。近年来果蔬复合香肠的研究不断增加,但对其减盐滑

力的研究相对较少,有待进一步挖掘。

3.2.4 安全和储藏稳定性

盐能有效抑制腐败菌的生长繁殖,低盐对有益微生物和腐败微生物的生长繁殖均有一定的促进作用^[24]。氯化物部分替代食盐对香肠产品加工过程中的微生物安全品质有一定影响。Santos 等^[25]以 KCl 和 CaCl₂ 替代干发酵香肠中 50%的 NaCl,评价了发酵干香肠的质量、安全性和潜在的消费市场,结果表明 NaCl 含量降低 50%和 KCl 替代 50%NaCl 都不会影响发酵和成熟过程,当 CaCl₂ 含量为 50%时,乳酸菌和微球菌数量明显减少。Hingrid 等^[26]研究了 KCl 部分替代 NaCl 对经 γ 辐射处理的生羊肉香肠的微生物学和理化特性的影响,结果表明,降低钠含量的配方对微生物生长没有显著差异,3-kGy 的剂量可以有效消除钠含量低的香肠配方中存在的病原菌。

氯化物对香肠中食盐的替代影响也体现在储藏性能中。Pietrasik 等^[27]对 2 种食盐替代物(Ocean's Flavor-OF45, OF60)和一种风味增强剂剂(Fonterra™ Savoury Powder-SP)进行了评价,结果表明对于冷藏 60 d 以内的火鸡香肠,降低钠含量对其货架期没有负面影响,消费者对所有属性的可接受性没有显著差异;Sang 等^[28]研究了氯化钙、氯化镁、氯化钾部分替代氯化钠对低脂乳化猪肉肠品质变化的影响,结果表明所有的复合盐在储存时间内都会增加红度和减少黄度,用氯化镁替代 15%氯化钠,在冷藏 5 周时,对脂质氧化有显著的负面影响。Dos 等^[29]对巴西低钠发酵干香肠在加工和贮藏过程中挥发性成分的变化进行研究,发现用 KCl 减少或替代 NaCl 均不影响生产过程中产生的挥发性化合物,而且增加了碳水化合物发酵产生的挥发性化合物和贮存过程中氨基酸的降解,同时, CaCl₂ 的加入促进了加工和贮藏过程中脂质氧化产生的己醛等挥发性物质的生成。

生香肠是易腐食品,降低其含盐量会增加这些产品的腐败问题,因此减盐肉制品往往需要搭配更为科学的保鲜技术。Fougy 等^[30]评估了减盐结合气调包装和真空包装对腐败发生和腐败相关细菌多样性的影响,结果显示,盐的减少,特别是当它结合富含二氧化碳的包装时,会降低整体细菌多样性,从而加速未经加工的香肠败坏。有学者通过添加额外的防腐剂或结合多种保藏方式对低钠香肠进行贮藏,取得良好效果:Triki 等^[31]以魔芋胶为脂肪替代品,以钾、钙、镁盐替代部分氯化钠,添加焦亚硫酸钠作为防腐剂,对新鲜牛肉香肠冷藏保存过程中的营养价值和稳定性进行了评价,结果表明与对照样品相比,通过在冷藏期间添加防腐剂,新配方香肠的保质期提高了 10 d,且重新配方不会对感官评价产生负面影响。

4 结论与讨论

本研究针对减盐减钠肉制品的问卷调查及低钠香肠研究现状进行了分析。近年来,由于人们越来越多地关注

自身健康与低盐饮食之间的关系,消费者对食品营养和安全性追求逐渐提高。通过初步的居民对减盐减钠肉制品的认知调查,发现居民的减盐意识已经具备,但相关的减盐标签和减盐实际操作有待有关部门进一步明确和教育,生产酱卤肉及香肠等高含盐加工肉制品的企业应当注意采取适当而有效的减盐措施,保证消费者购买到理想的减盐肉品。国内外学者在继续探索钠盐对香肠等肉制品品质影响的同时,应当积极关注产品品质劣变、贮藏稳定性降低等问题的改善措施,如在香肠中添加具有保水性的膳食纤维等手段来辅助减盐。同时,由于目前用作香肠制品的食盐替代物较多,它们对香肠制品品质的影响程度不同,其特定替代物的替代程度和替代效果有待进一步探索。其中,氯化物和非氯化物替代盐的应用在法律和毒理学上都还不够明确,在企业应用方面仍有许多工作未完成,进行咸度分级的模型构建及快检方法建立,研发在制品的盐(或钠、钾等)含量或咸度快速检测技术对企业开发高品质的低钠产品也具有重要意义。

参考文献

- [1] 吕晓娟. 低钠盐与高血压关系的研究进展[J]. 华南预防医学, 2014, 40(4): 355-358.
Lv XJ. Research progress on the relationship between low sodium salt and hypertension [J]. South Chin J Prev Med, 2014, 40(4): 355-358.
- [2] 徐海泉, 徐建伟, 马冠生. 减盐防控高血压的科学证据和实践[J]. 中国食物与营养, 2012, 18(12): 74-77.
Xu HQ, Xu JW, Ma GS. Scientific evidence and practice of reducing salt and preventing and controlling hypertension [J]. Food Nutr China, 2012, 18(12): 74-77.
- [3] Gupta L, Khandelwal D, Dutta D, et al. The twin white herrings: Salt and sugar [J]. Indian J Endocr Metab, 2018, 22(4): 542-551.
- [4] 中国共产党中央委员会, 中华人民共和国国务院. "健康中国 2030"规划纲要[J]. 中国实用乡村医生杂志, 2017, 24(7): 1-12.
The Central Committee of the Communist Party of China, the State Council of the People's Republic of China. Outline of "Healthy China 2030" Planning [J]. Chin J Pract Rural Doct, 2017, 24(7): 1-12.
- [5] 杨扬, 石治宇, 尹新华. 咸味觉、钠盐摄入和高血压的关系[J]. 中国循证心血管医学杂志, 2018, 10(10): 1269-1270, 1275.
Yang Y, Shi ZY, Yin XH. The relationship between salty taste, sodium intake and hypertension [J]. Chin J Cardio Med, 2018, 10(10): 1269-1270, 1275.
- [6] 魏朝贵, 吴菊清, 邵俊花, 等. 降低乳化型肉制品中食盐含量研究进展[J]. 肉类研究, 2012, 26(4): 28-31.
Wei CG, Wu JQ, Shao JH, et al. Review on salt content reduction in the emulsion-type meat products [J]. Meat Res, 2012, 26(4): 28-31.
- [7] 马晓丽, 黄雅萍, 张龙涛, 等. 肉制品加工中的低钠策略研究[J]. 食品与发酵工业, 2019, 45(14): 256-262.
Ma XL, Huang YP, Zhang LT, et al. Research on low sodium strategy in meat products processing [J]. Food Ferment Ind, 2019, 45(14): 256-262.
- [8] 邓小明, 朱国梁, 娄红斌, 等. 三种减钠盐减钠效果的评估[J]. 盐科学与化工, 2019, 48(11): 47-49, 52.

- Deng XM, Zhu GL, Lou HB, *et al.* Evaluation of three sodium-reducing salts [J]. *Salt Sci Chem Ind*, 2019, 48(11): 47–49, 52.
- [9] 张德权, 惠腾, 王振宇. 我国肉品加工科技现状及趋势[J]. *肉类研究*, 2020, 34(1): 1–8.
Zhang DQ, Hui T, Wang ZY. Current situation and future trend of meat processing technology in China [J]. *Meat Res*, 2020, 34(1): 1–8.
- [10] Leyvraz M, Mizhoun-Adissoda C, Houinato D, *et al.* Food consumption, knowledge, attitudes, and practices related to salt in urban areas in five sub-saharan african countries [J]. *Nutrients*, 2018, (10): 1028.
- [11] Hu YY, Zang L, Zhang H, *et al.* Physicochemical properties and flavour profile of fermented dry sausages with a reduction of sodium chloride [J]. *LWT Food Sci Technol*, 2020, (124): 109061.
- [12] Regan ES, Chad GB, Gary AS. Influence of sodium chloride reduction and replacement with potassium chloride based salts on the sensory and physico-chemical characteristics of pork sausage patties [J]. *Meat Sci*, 2017, (133): 36–42.
- [13] Chen J, Hu Y, Wen R, *et al.* Effect of NaCl substitutes on the physical, microbial and sensory characteristics of Harbin dry sausage [J]. *Meat Sci*, 2019, (156): 205–213.
- [14] Ruusunen M, Vainionpaa J, Eero P, *et al.* Effect of sodium citrate, carboxymethyl cellulose and carrageenan levels on quality characteristics of low-salt and low-fat bologna type sausages [J]. *Meat Sci*, 2003, 64(4): 371–381.
- [15] 田星, 任佳鑫, 穆馨怡, 等. 食盐含量对于中式香肠的品质特性的影响[J]. *肉类工业*, 2018, (8): 23–28.
Tian X, Ren JX, Mu XY, *et al.* Effect of salt content on quality characteristics of Chinese style sausage [J]. *Meat Ind*, 2018, (8): 23–28.
- [16] 张秋会, 李苗云, 柳艳霞, 等. 食盐含量对熏煮鸡肉香肠的品质特性的影响[J]. *内蒙古农业大学学报(自然科学版)*, 2017, 38(2): 62–68.
Zhang QH, Li MY, Liu YX, *et al.* Effects of salt contents on the quality properties of cooked and smoked sausages [J]. *J Inner Mong Agric Univ(Nat Sci Ed)*, 2017, 38(2): 62–68.
- [17] Pires MA, Munekata PES, Baldin JC, *et al.* The effect of sodium reduction on the microstructure, texture and sensory acceptance of Bologna sausage [J]. *Food Struct*, 2017, (14): 1–7.
- [18] 赵春波, 张秋会, 马长明, 等. 氯化钾替代部分食盐对猪肉乳化肠品质的影响[J]. *肉类工业*, 2019, (1): 15–19.
Zhao CB, Zhang QH, Ma CM, *et al.* The effect of replacement of some salt by potassium chloride on the quality of emulsified pork sausage [J]. *Meat Ind*, 2019, (1): 15–19.
- [19] Kim G, Hur SJ, Park TS, *et al.* Quality characteristics of fat-reduced emulsion-type pork sausage by partial substitution of sodium chloride with calcium chloride, potassium chloride and magnesium chloride [J]. *LWT Food Sci Technol*, 2018, (89): 140–147.
- [20] Carkcioglu E, Rosenthal AJ, Candogan K, *et al.* Rheological and textural properties of sodium reduced salt soluble myofibrillar protein gels containing sodium tri-polyphosphate [J]. *J Texture Stud*, 2016, (47): 181–187.
- [21] 齐鹏辉, 陈倩, 逢晓云, 等. 氯化钾部分替代氯化钠对猪肉肌原纤维蛋白凝胶特性的影响[J]. *食品研究与开发*, 2017, 38(13): 18–23.
Qi PH, Chen Q, Feng XY, *et al.* Effects of partial substitution of NaCl with KCl on the gel properties of porcine myofibrillar proteins [J]. *Food Res Dev*, 2017, 38(13): 18–23.
- [22] Santos BAD, Campagnol PCB, Cavalcanti RN, *et al.* Impact of sodium chloride replacement by salt substitutes on the proteolysis and rheological properties of dry fermented sausages [J]. *J Food Eng*, 2015, (151): 16–24.
- [23] Jo K, Lee J, Jung S, *et al.* Quality characteristics of low-salt chicken sausage supplemented with a winter mushroom powder [J]. *Korean J Food Sci Anim Resour*, 2018, 38(4): 768–779.
- [24] 扈莹莹, 温荣欣, 陈佳新, 等. 低盐对发酵肉制品品质形成影响及减盐手段研究进展[J]. *食品工业科技*, 2019, 40(16): 324–328, 335.
Hu YY, Wen RX, Chen JX, *et al.* Effects of salt reduction on quality development in fermented meat produces and sodium reduction strategies: A review [J]. *Sci Technol Food Ind*, 2019, 40(16): 324–328, 335.
- [25] Santos BAD, Campagnol PCB, Cruz AGD, *et al.* Is there a potential consumer market for low-sodium fermented sausages? [J]. *J Food Sci*, 2015, 80(5): 1093–1099.
- [26] Hingrid BDS, Fbio DCH, Meire LLM, *et al.* Irradiation of reduced-sodium uncooked lamb sausage: Antimicrobial efficacy and physicochemical impact [J]. *Braz J Microbiol*, 2019, 50(1): 231–235.
- [27] Pietrasik ZEB, Gaudette NJ. The effect of salt replacers and flavor enhancer on the processing characteristics and consumer acceptance of turkey sausages [J]. *J Sci Food Agric*, 2015, (95): 1093–1099.
- [28] Sang KJ, Jin WH, Sun JH, *et al.* Quality changes in fat-reduced sausages by partial replacing sodium chloride with other chloride salts during five weeks of refrigeration [J]. *LWT Food Sci Technol*, 2018, (97): 818–824.
- [29] Dos SBA, Campagnol PCB, Fagundes MB, *et al.* Generation of volatile compounds in Brazilian low-sodium dry fermented sausages containing blends of NaCl, KCl, and CaCl₂ during processing and storage [J]. *Food Res Int*, 2015, (74): 306–314.
- [30] Fougy L, Desmots M, Coeuret G, *et al.* Reducing salt in raw pork sausages increases spoilage and correlates with reduced bacterial diversity [J]. *Appl Environ Microbiol*, 2016, (82): 3928–3939.
- [31] Triki M, Herrero AM, Jimenez-Colmenero F, *et al.* Storage stability of low-fat sodium reduced fresh merguez sausage prepared with olive oil in konjac gel matrix [J]. *Meat Sci*, 2013, (94): 438–446.

(责任编辑: 李磅礴)

作者简介



秦乐蓉, 硕士研究生, 主要研究方向为肉制品加工与质量控制。
E-mail: 1113158536@qq.com



王海滨, 教授, 主要研究方向为肉制品加工与质量控制。
E-mail: whb6412@163.com