

肉类预制菜研究现状及其化学安全性的控制策略

李泽坤, 李林强, 刘永峰*

(陕西师范大学食品工程与营养科学学院, 陕西 西安 710062)

摘要: 随着后疫情时代“懒宅经济”的兴起, 中式预制菜肴产业发展迅猛。肉类预制菜因其易加工特性和较高营养价值而倍受关注, 其加工过程中的安全性控制更为重要。本文分析国内外肉类预制菜的相关研究现状和天然抗氧化剂抑制有害物质产生的两大途径, 旨在探讨肉类预制菜化学安全性控制的两大策略, 为美味、营养的肉类预制菜提供安全性保障参考。

关键词: 肉类预制菜; 发展现状; 化学安全控制策略; 抗氧化; 抑制有害物质

Status Quo of Prepared Meat Dishes and Their Chemical Safety Control Strategies

LI Zekun, LI Linqiang, LIU Yongfeng*

(College of Food Engineering and Nutritional Science, Shaanxi Normal University, Xi'an 710062, China)

Abstract: With the rise of the “lazy economy” in the post-pandemic era, the prepared dish industry has rapidly developed in China. Prepared meat dishes have aroused great interest because of their easy processing characteristics and high nutritional value. However, it is important to control the safety of prepared meat dishes during their processing. This paper describes the status quo of prepared meat dishes in China and abroad and the two pathways for inhibiting the production of harmful substances by natural antioxidants. It focuses on discussing the two strategies for chemical safety control of prepared meat dishes in order to provide a reference for ensuring the safety of delicious and nutritious prepared meat dishes.

Keywords: prepared meat dishes; status quo; chemical safety control strategies; antioxidant; inhibition of harmful substances

DOI:10.7506/rlyj1001-8123-20220718-083

中图分类号: TS251.5

文献标志码: A

文章编号: 1001-8123 (2022) 09-0058-07

引文格式:

李泽坤, 李林强, 刘永峰. 肉类预制菜研究现状及其化学安全性的控制策略[J]. 肉类研究, 2022, 36(9): 58-64.

DOI:10.7506/rlyj1001-8123-20220718-083. <http://www.rlyj.net.cn>

LI Zekun, LI Linqiang, LIU Yongfeng. Status quo of prepared meat dishes and their chemical safety control strategies[J]. Meat Research, 2022, 36(9): 58-64. (in Chinese with English abstract) DOI:10.7506/rlyj1001-8123-20220718-083. <http://www.rlyj.net.cn>

近年来, “懒宅经济”是伴随着我国经济发展一种常态化现象。经调查, 我国食品消费观念近10年呈转变趋势, 有90%以上的人群接受速冻食品^[1]。中国连锁经营协会数据显示, 疫情期间, 90%以上餐饮企业发力外卖产品, 其中91.6%企业出售半成品和预包装食品。“预制调理食品”成为了食品产业一种新的行业发展方向。

预制菜以一种或多种农产品(如农、畜、禽、水产品)为主要原料, 运用标准化流水作业, 经预加工(如分割、搅拌、腌制、滚揉、成型、调味)和/或预烹调

(如炒、炸、烤、蒸、煮等)制成, 并进行预包装制成成品或半成品菜肴^[2]。国外预制食品市场发展比较健全, 而我国的预制食品还处于起步阶段。对比中西式的加工方式, 除了共性关键技术外, 目前中式预制菜面临的最大问题是工业化转换。

肉制品具有很好的营养价值, 是优质蛋白质和脂肪的重要来源, 也含有维生素、矿物质等微量元素, 中国加工肉制品在世界上很受欢迎, 而不同的加工方法生产出的肉制品质量和安全性也不同。肉类在不同烹饪过程

收稿日期: 2022-07-18

基金项目: 陕西省重点研发计划项目(2021NY-032; 2021QFY10-05; 2022NY-043);

陕西省教育厅科研计划项目(21JJP024)

第一作者简介: 李泽坤(1999—)(ORCID: 0000-0003-4509-0591), 女, 硕士研究生, 研究方向为肉品科学。

E-mail: erkun218@163.com

*通信作者简介: 刘永峰(1981—)(ORCID: 0000-0002-6304-6618), 男, 教授, 博士, 研究方向为畜产品科学与营养。

E-mail: yongfeng200@126.com

中,可能造成营养物质流失,还可能产生多环芳烃、反式脂肪酸等有害物质,尤其是高温加工方式的产量会更多^[3]。因此,本文综述肉类预制菜化学安全性的相关研究,为肉制品生产者和消费者选择合适、绿色的加工模式提供理论参考。

1 国外肉类预制菜研究现状

预制食品包含各种调理食品、净菜类产品、普通冷冻冷藏食品以及各种即食类食品^[4]。欧美国家早在20世纪80年代就开发出了预制调理食品,现今已经发展到成熟时期,目前,欧美市场中的预制调理食品种类繁多,价格低廉,有很大的市场潜力^[5]。欧盟食品行业2020年数据和趋势报告显示,即食食品部门是世界第三大最具创新性的食品部门^[6]。现代快节奏生活方式突出了即食食品的重要性,加速了预制调理食品的发展。2019年,全球即食食品销售收入为981.2亿美元,其中最主要的份额是欧洲,销售收入为298.3亿美元;预计2024年,全球即食食品销售收入将达到1 229.5亿美元,欧洲销售收入将达到393.6亿美元^[6]。

国外调理食品的研究进展主要包括以下四方面:

1) 在加工技术方面,国外对调理食品的研究重点是简化食品的生产过程、改进冷冻设备、冷链规模等,以适应新的饮食消费方式^[7]。2) 在生产工艺方面,调理食品是一种高度机械化的工业食品,其生产工艺也是标准化的,除了对原材料进行烹调和调味外,还必须提高调理食品的口味和质量^[7]。超声波技术可应用于调理肉制品,能够调节肌动蛋白丝的剪切力、蒸煮损失、肌原纤维小片化指数和颗粒大小的变化、肌动蛋白丝的形态以及g-肌动蛋白和f-肌动蛋白含量的平衡,改善肉的嫩度,进而提高肉制品的口感^[8]。3) 在贮藏保鲜方面,为了延长肉制品贮藏期,国外多使用天然抗氧化剂,如香料和草药的衍生物、某些水果提取物等^[9]。Mitsumoto等^[10]研究冷藏过程中在牛肉和鸡肉馅饼中添加儿茶素和VC时感官评价、色泽、脂质稳定性的变化,发现儿茶素是一种有效的天然抗氧化剂,与VC相比表现出更强的抗氧化功效。Kristam等^[11]以(4±1)℃冷藏和(-18±1)℃冷冻条件下的鸡块为研究对象,定期对海藻酸钠包覆鸡块的理化特性和微生物特性进行研究,发现在食用涂料中加入1%绿茶提取物对降低脂肪氧化有显著效果,可以延长鸡块的保质期。4) 在杀菌工艺方面,传统的杀菌技术(即热杀菌)在国外食品工业中仍占主导地位,它通过容器加工(干馏)和超高温加工(无菌灌装)来实现;热杀菌的优点之一是能生产出超长保质期的食品,局限性是食物营养价值的损失及其引起的最终产品颜色、风味和质地的变化;为了克服热杀菌技术的局限性,

人们一直致力于开发新的杀菌技术,如高压、紫外线、脉冲光、超声波、脉冲电场、辐照和冷等离子体等^[12]。Pietrasik等^[13]研究亚硝酸盐来源和改性氯化钾部分替代氯化钠对重组火腿包装后高压处理的功能、质量、货架期和消费者接受度的影响,发现与非高压处理的火腿相比,采用高压处理的火腿贮藏期间的所有消费者接受参数均无显著差异,这表明高压处理可以在不影响食用质量的情况下有效延长重组火腿的货架期。

2 国外肉类预制菜化学安全性控制策略

2.1 国外肉类预制菜的抗氧化能力提升策略

腌制、干燥、熏制、发酵和罐装等技术传统上被用来延长肉类的货架期。随着冷链物流、新型热处理、包装技术的进步以及防腐剂的添加,肉类和肉制品的品质得到提高^[14]。然而,肉中富含的脂质和蛋白质在赋予肉制品极高营养价值的同时,还会引起肉制品品质的变化^[15]。研究发现,肉制品中的脂质和蛋白质氧化是肉类变质的第二大原因,仅次于微生物变质^[14],会导致内源性和外源性质量退化、营养价值降低以及肉类适口性和其他感官性状的普遍恶化。因此,为了避免肉和肉制品中氧化的影响,化学抗氧化剂被广泛使用。但长期使用合成抗氧化剂可能对健康造成影响,所以越来越多的消费者支持使用天然抗氧化剂化合物,以取代合成抗氧化剂^[10]。

2.1.1 刺梨提取物在肉类汉堡中的抗氧化应用

刺梨是刺梨仙人掌花谢后结出的果实,提取物中含有甜菜碱、酚、类胡萝卜素、维生素等活性物质^[16]。Palmeri等^[17]研究发现,刺梨的水基提取物是一种天然防腐剂,可抑制切片牛肉中不同食品腐败细菌的生长。为了保持刺梨提取物中生物活性物质的抗氧化和抗菌活性,一种策略是将它们纳入保护性聚合物基质。Kurek等^[18]研究刺梨提取物对壳聚糖和果胶基薄膜的物理化学、机械和抗氧化性能的促进作用,结果表明,刺梨提取物可用于食品包装的生物基聚合物,添加刺梨提取物的薄膜显示出抗氧化活性。Parafati等^[19]研究表明,添加到汉堡肉饼配方中的刺梨提取物,无论是包裹在藻酸盐微珠中还是未包裹在藻酸盐微珠中,在控制肠杆菌和假单胞菌生长以及保持其他质量参数方面都有很好的效果。针对添加刺梨提取物对熟牛肉汉堡肉饼质量参数的影响,Lucia等^[16]研究表明,海藻酸盐微球包裹的刺梨提取物对煮熟汉堡的质地参数没有影响,但当使用PPE和胶囊化刺梨提取物制备汉堡肉饼时,肉饼表面颜色,特别是红度值得到保留;添加胶囊化刺梨提取物可以抑制脂质氧化,提高熟汉堡的抗氧化活性,而不影响产品的接受度。因此,添加刺梨提取物对汉堡肉饼的质构参数、工艺和感官特性不会产生不利影响,并且提高了汉堡的抗氧化活性,

也不影响消费者的喜爱程度。刺梨提取物可以作为一种天然添加剂,以改善熟牛肉汉堡的质量特性。同时,研究表明刺梨提取物对肌红蛋白氧化过程还具有保护作用^[19]。

2.1.2 樱桃及其提取物在肉类汉堡中的抗氧化应用

樱桃果实富含大量营养物质和生物活性成分,而热量相对较低^[20]。Salejda等^[21]研究樱桃复合山茱萸汁对牛肉汉堡品质特性的影响,发现极低剂量的樱桃汁也能减少脂质氧化。Pogorzelska-Nowicka等^[22]发现,在猪肉汉堡中使用樱桃提取物也会减少脂质氧化,且不影响产品颜色。Brodowska等^[23]发现,在肉糜中也有同样的效果,当樱桃提取物作为防腐剂添加到肉糜中冷藏时,真空包装的效果更好。Martín-Mateos等^[20]研究发现,随着汉堡中樱桃果肉含量的增加,总酚含量增加,热量降低,蛋白质和水分含量随之降低;樱桃果肉对于汉堡的抗氧化特性甚至对生产过程中的氧化过程都有保护作用;在感官评价方面,汉堡中樱桃果肉添加量越高,颜色强度越高,肉味强度越低,樱桃果肉添加量2%的汉堡最受欢迎,而在评估生汉堡的颜色时,专业品尝者更喜欢樱桃果肉添加量为10%的汉堡。因此,添加樱桃果肉对肉类汉堡的质地特性不会产生不利影响,并且提高了汉堡的抗氧化活性,其强大的抗氧化潜力主要归因于酚类成分^[23]。需要注意的是,不同含量的樱桃果肉对肉类汉堡的感官特性影响不同,需要对该类食品的功能特性进一步研究;汉堡在烹饪过程中,蛋白质变性、持水性下降,随着樱桃果肉含量的增加,可能会影响牛肉汉堡的多汁性,需要改善相应的烹饪方式或在配方中添加其他吸水性物质。

2.1.3 咖啡壳提取物在肉类汉堡中的抗氧化应用

肉类汉堡在制作和贮藏的过程中,存在脂质氧化和蛋白质氧化的问题,这是由于配方中的不饱和脂质和蛋白质含量过高,会引发颜色、香气、风味和质地的不良变化^[24]。咖啡壳提取物具有较强的抗氧化性能,主要归因于其中富含酚类化合物,尤其是咖啡因和绿原酸^[25]。de Farias Marques等^[24]开展咖啡壳提取物添加到鸡肉汉堡的研究,发现添加相当于绿原酸含量200 mg/L的咖啡壳提取物,可获得与合成抗氧化剂二丁基羟基甲苯(butylated hydroxytoluene, BHT)相似的抗脂质氧化效果,咖啡壳提取物在鸡肉汉堡中具有极大的应用潜力。因此,咖啡壳提取物可以作为天然添加剂,促进鸡肉汉堡抗氧化,尤其是对于抗脂质氧化的作用很明显。

2.1.4 板栗提取物在肉制品中的抗氧化应用

利用板栗提取物作为一种天然来源生产抗氧化化合物,特别是多酚和VE,已经被一些学者评估和优化,可以很好替代丁基羟基茴香醚、二叔丁基对甲酚等人工抗氧化剂,它们在食品领域有多种潜在应用,如改善肉类

营养和质量特性,延缓其氧化过程。此外,研究发现使用板栗提取物可以提高肉的质量,延长货架期(表1)^[26]。板栗提取物含有大量的多酚类、黄酮类等抗氧化物质,可以很好保护肉制品,但是不同组织的提取物抗氧化效果不同。

表1 板栗提取物作为天然抗氧化剂在肉制品中的应用
Table 1 Applications of chestnut extracts as natural antioxidants in meat and their products

产品	贮藏条件	抗氧化提取物	添加量	实验结果	参考文献
干腌香肠	成熟期, 45 d	板栗叶提取物	1 g/kg	降低霉菌和酵母菌计数、pH值无差异、硬度较高、水分含量较高、抑制脂质氧化	[27]
猪肉馅饼	改良大气, 2℃, 20 d	板栗叶提取物	1 g/kg	菌落总数无显著变化、pH值无差异、油脂氧化达最高值	[28]
牛肉馅饼	气调保鲜, (2±1)℃, 常规光照18 d	板栗刺提取物、板栗壳提取物、板栗叶提取物	250、500、1 000 mg/kg	菌落总数无显著变化、pH值无差异,板栗叶提取物在抑制脂质氧化方面最有效,其次是板栗刺提取物和板栗壳提取物,感官特性无明显改变	[29]

2.2 国外肉类预制菜中有害物质产生的抑制策略

2.2.1 煎煮加工肉品中杂环胺的抑制

杂环芳香胺(heterocyclic aromatic amines, HAAs)是富含蛋白质的食物在烹饪过程中自然形成的物质,具有致突变、致癌作用。烹饪前,向肉中添加抗氧化剂可以有效降低HAAs水平。山楂提取物中含多种活性成分,如黄酮、多糖及糖苷、有机酸、苯丙素、三萜类化合物等,其抗氧化活性被广泛研究^[30]。Tengilimoglu-Metin等^[31]研究不同添加量山楂提取物(0.0%、0.5%和1.0%)对煎煮牛肉、鸡胸肉中HAAs形成的抑制作用,鸡胸肉中HAAs的总含量为17.60 ng/g,牛肉中HAAs的总含量为11.38 ng/g;添加0.5%山楂提取物,鸡胸肉中HAAs总量降低12%~100%,牛肉中HAAs总量降低42%~100%;而添加1.0%山楂提取物,鸡胸肉中HAAs总量降低19%~97%,牛肉中HAAs总量降低20%~35%;0.5%和1.0%山楂提取物能有效抑制HAAs的形成,尤其是在高温蒸煮条件下。因此,山楂提取物对HAAs具有抑制作用,且不改变肉品结构、外观、颜色和气味,可作为缓解剂用于肉类加工。

2.2.2 熏制和烧烤肉品中多环芳烃的抑制

多环芳烃是一种环境污染物,存在于焙烧、烧烤和烟熏食品等热处理食品中。抑制熏制或烧烤肉制品中的多环芳烃主要是从加工前和加工后两方面进行。熏制或烧烤前:使用套管作为多环芳烃沉积的屏障;在燃料使用前对其进行物理或化学处理;使用木质素含量低的燃料;使用沸石或木炭过滤器;使用包装技术在产品和烟雾之间制造屏障;吸烟前预热肉品;使用腌料,如果汁、啤酒、香料、草药、茶和乳酸菌等。熏制或烧烤后:应用紫外线和包装系统;用60℃热水清洗熏制或烧烤肉制品表面^[32]。以上用于减少烟熏或烧烤肉制品中多环芳烃的方法,可为传统方法的重新设计提供思路。

3 国内肉类预制菜研究现状

随着我国经济的快速发展,人们的生活节奏也越来越快,即食预制调理食品越来越受消费者欢迎,肉制品是人体蛋白质、脂肪的主要来源,预制调理肉制品方便、快速,特别是调理肉类菜肴,其市场份额正在持续增长^[33]。根据艾媒咨询发布的《2022—2023年中国肉禽类预制菜产业研究及竞争格局监测报告》数据显示,中国禽类预制菜行业规模在2021年达到977亿元,较上年同期增长17.8%,有望在2026年达到3 289亿元。

肉制品中微生物在生长繁殖过程中,会产生大量的胺、酮、醛、吡啶、有机酸等,导致肉类制品变色、异味、产生黏液等^[34]。除此之外,肉制品的氧化是影响肉品质的主要因素之一,包括脂质氧化和蛋白质氧化^[35]。脂质氧化会产生醛类、酮类等挥发性氧化产物及有害物质^[36]。适度的脂质氧化可以使肉制品获得优良的风味,但过度的脂质氧化会使肉制品功能性质、色泽和风味发生不良变化^[37];同样,蛋白质适度降解可以改善肉制品的营养价值和风味,而过度氧化会对肉的质地、保水性和风味等产生不利影响^[38],如高强度机械作用或高温处理等加工都会导致蛋白质过度氧化^[39]。此外,由于消费者重口偏好、预制菜加工方法等原因,市面上的预制菜中钠含量普遍偏高。肉制品是饮食中钠的重要来源,以食盐为主,中国居民膳食指南(2022)中建议成年人每天摄入食盐不超过5 g,若长期摄入过量钠盐将大幅增加人体患高血压、癌症、骨质疏松等疾病的几率^[40]。因此,肉制品行业亟需一种既能保证预制肉制品的化学安全性,又能保证其感官品质的策略。

国内肉类预制菜的研究进展主要包括以下五方面:

1) 在生产工艺方面,预制调理食品是一种新兴的食品研发热点,人们非常重视食品的口味和生产技术^[7]。2) 在品质方面,汪小帆等^[41]以28%乙醇、10%甜菜碱、8%丙二醇、4%氯化钠和水为主要原料制得的冻结液系统,与冰柜冻结、平板冻结相比具有最佳的冻结速率,使调理牛排在色泽、硫代巴比妥酸反应物(thiobarbituric acid reactive substances, TBARs)值、汁液损失率和剪切力等方面具有显著优势。另外,为确保产品品质,在加工过程中采用微波场协同控制^[42]等干燥工艺,可除去水分、降低湿度,避免细菌滋生和污染^[7],提高产品质量。3) 在贮藏保鲜方面,除添加天然抗氧化剂、采取正确的包装与贮藏方式以外,超声和辐照处理也常用于保证肉制品的质量和安全^[7]。超声波是一种超短波长的机械波,能促进食品的脱水、杀菌、腌制、嫩化、降盐^[40]等。邹云鹤^[43]对酱卤牛肉进行超声处理,发现经过处理的牛肉在贮藏期内各项理化指标均较

对照组高,风味和口感均得到改善,说明超声处理能抑制微生物生长,延长保质期。另外,辐照处理可提高自由基的清除能力,杀灭微生物,有利于肉制品的防腐保鲜并延长保质期。4) 在杀菌技术方面,我国主要采用热杀菌和非热杀菌2种杀菌方法^[7]。热杀菌是杀死在正常保质期内会引起食物腐烂的微生物,包括巴氏杀菌、射频杀菌等。非热杀菌是指通过不加热方法对食物中的有害微生物和致病微生物进行杀灭,包括超高压杀菌、辐照杀菌等。5) 在设备技术方面,现代调制、功能性包装等技术已经在传统肉类生产过程中得到应用,微生物发酵、冷腌制、无烟熏蒸等技术逐步普及,并在中小型企业中得到了广泛应用。未来,将重点从腌制、热加工等生产过程中各个关键工序的改进、添加剂的改良、微生物和酶的调控等方面进行深入探讨^[44]。

4 国内肉类预制菜化学安全性控制策略

4.1 国内肉类预制菜的抗氧化能力提升策略

4.1.1 艾草在肉制品中的抗氧化应用

艾草具有很高的药用价值,含有特殊的草本植物香气,还含有大量的生物活性物质,主要功效是抗菌、抗氧化^[45-46]。李树长等^[45]研究艾草对猪肉丸抗氧化能力的影响,发现在实际生产中加入适量的艾草,能有效提高其品质和风味;当艾草加入量由0%增加到1%时,肉丸的咀嚼性、硬度、破碎性均呈现出明显的先上升后下降趋势,其最大还原力与0.02%的BHT阳性对照相同;另外,随着艾草添加量的增大,肉丸的1,1-二苯基-2-三硝基苯肼自由基、2,2'-联氮-双-(3-乙基苯并噻唑啉-6-磺酸)阳离子自由基清除能力及总还原力均明显提高。杨宇华等^[46]研究表明,当艾草黄酮纯化水溶液的质量浓度为0.4 mg/mL时,可延长鸡胸肉制品的货架期。因此,艾草具有作为天然抗氧化剂改善肉类预制菜品质的潜力,它不仅能改善肉丸的质地、滋味、香味、色泽,还能明显增强肉丸的抗氧化性能。

4.1.2 葡萄提取物在肉制品中的抗氧化应用

葡萄籽中含有多酚类物质,具有抗氧化、清除自由基、增强机体免疫力的作用,是目前已知的最高效的植物来源抗氧化剂,其抗氧化效果比VC、VE高30~50倍^[47]。葡萄渣是抗氧化剂和抗菌剂的来源^[48]。刘文营等^[49]将猪肉经绞肉机绞碎后,与加入不同含量葡萄籽粉或发酵葡萄籽粉的辅料混合均匀,制得广式腊肠,以此分析葡萄籽粉对广式腊肠抗氧化能力的影响。研究发现,当葡萄籽粉添加量为1.0%时,红度值和黄度值均较高,使产品外观品质明显提升;随葡萄籽粉添加量的增大,产品的总羰基含量和TBARs值均下降,而对于发酵葡萄籽粉来说,产品的总羰基含量和TBARs值总体为上升的趋势,

且葡萄籽粉的抗氧化效果更好；当葡萄籽粉添加量为2.0%时，含有最丰富的多不饱和脂肪酸。Andrés等^[48]研究添加红葡萄渣水提物的羊肉饼在零售条件下贮存期间的货架期，将抗坏血酸钠组作为阳性对照，发现红葡萄渣水提物有效减缓了羊肉饼的变色以及脂质和蛋白质氧化，可以有效替代羊肉制品中的抗坏血酸钠，延长货架期；此外，葡萄提取物也能抑制微生物生长。因此，葡萄提取物具有作为天然抗氧化剂改善肉类预制菜品质的潜力，但还需研究其对肉制品的物理化学及感官特性的影响，提高消费者接受度。

4.1.3 桑椹多酚在肉制品中的抗氧化应用

桑椹多酚能提高肉制品的氧化稳定性和抗氧化能力。但由于酚类物质具有热敏感性，在高温、光照、氧气等条件下，桑椹多酚很容易分解，影响其生物活性，所以可以采用微胶囊技术。 β -环糊精表面亲水，内部疏水，能够与生物活性物质形成包合物，且其微孔尺寸适于各种小分子，因而常被应用于包埋材料^[50]。沈双伟等^[50]采用 β -环糊精作为壁材，制备桑椹多酚- β -环糊精微胶囊（mulberry polyphenol- β -ring paste fine microcapsule, MPM），加入到肉脯中，研究发现，用MPM代替桑椹多酚生产的肉品，其抗氧化性和氧化稳定性均更好，但因桑椹多酚的化学组成比较复杂， β -环糊精与桑椹多酚间的作用机制有待进一步探讨。向荣^[51]采用X-5大孔树脂层析法分离纯化桑椹多酚，并将其以不同含量加入肉糜中，制得广式腊肠，研究桑椹多酚对广式腊肠品质及其抗氧化能力的影响，研究发现，桑椹多酚可有效延缓腊肠贮存期间脂肪、蛋白质的氧化，从而改善其生物安全性，并可抑制腊肠中挥发性盐基氮的产生及亚硝酸盐的残留量；但是，在腊肠的热处理和贮存中，桑椹多酚中酚类成分的变化规律及其对脂质、蛋白质氧化的影响尚不清楚，有待于更深入的研究。因此，桑椹多酚具有作为天然抗氧化剂改善肉类预制菜品质的潜力，但由于其成分复杂，需要研究不同浓度和与其他天然抗氧化剂混合使用时，桑椹多酚的抗氧化作用机制及其对肉制品中脂质、蛋白质氧化的影响。

4.2 国内肉类预制菜中有害物质产生的抑制策略

4.2.1 烤肉中杂环胺的抑制

杂环胺是由碳、氢及氮原子组成的、具有杂环芳香族结构的化合物^[52]，是高温加工富含蛋白质的食物过程中氨基酸、还原糖和肌酐反应形成的副产物^[31]。大量研究表明，杂环胺会引起癌症，而高浓度的杂环胺则会引发多种病症，其致突变能力极强，甚至超过亚硝酸盐、黄曲霉毒素B₁、苯并芘等^[31]，因此减少杂环胺的生成是一个长期的战略。酚类中的黄酮类化合物能调控多种美拉德反应中产物的生成，其中包括杂环胺，赵磊等^[53]研究表明，木犀草素、表没食子儿茶素没食子酸酯、染料

木素和柚皮素等黄酮类化合物对烤鸡胸肉中杂环胺的形成具有明显的抑制作用。壳聚糖也能有效抑制杂环胺的生成^[54]。因此，研究壳聚糖与一些黄酮类物质能否通过美拉德反应通路的协同干扰，提高其对杂环胺生成的抑制作用具有重要意义。而且，壳聚糖与一些黄酮类物质的联合使用能明显改善肉制品的安全性。

4.2.2 烧鸡中杂环胺的抑制

烧鸡因具有丰富的营养和独特的风味，受到广大消费者的青睐。鸡肉含有丰富的蛋白质，经过油炸、煮制等加热过程后会产生大量的杂环胺。其中，用炭烤法烹制的鸡胸肉中HAAs总含量最高，高达112 ng/g^[55]。采取以下方法可减少杂环胺的产生：保持肉类和肉类产品的水分含量；对肉类进行预处理，如微波、腌制等；尽量不使用含有铁、钙、镁等元素的加工设备；减少油的使用次数和煎炸时间，并适当降低油炸温度；在煮制过程中添加一些天然抗氧化剂和调味品^[56]。烧鸡一般要经过原料预处理、成型、浸泡、涂糖水、油炸、煮制等步骤。目前对于烧鸡生产过程中原料、油炸、煮制3道工序对杂环胺的影响进行了大量研究，但对预处理和糖水处理2道工序的研究却很少^[56]，需要进一步加强对鸡肉加工工艺的研究，寻找有效的控制方法，同时制定出一套科学的生产标准，以保证烧鸡的品质。

4.2.3 加工肉制品中细菌的抑制

肉制品在加工和贮藏过程中易受到细菌的污染，而导致肉制品品质及食用安全受到影响^[57]。由于乳酸菌含有有机酸、细菌素等，在许多实验中被证实是一种天然和高效的控制食源性病原体的菌株^[58-59]。乳酸菌可以作为一种优良的生物抑制剂，保障食品安全^[58]。在肉制品中加入乳酸菌，其代谢产生的酸性物质及抗菌肽类物质可抑制腐败菌、致病菌的生长，在改善肉制品感官特征的同时起到防腐作用^[59]。其次，植物乳杆菌CMRC6和清酒乳杆菌CMRC15可以促进肌红蛋白的亚硝化反应，从而使腊肠呈典型的粉色；乳酸菌还可以部分或完全替代肉类中的亚硝酸盐^[58]。因此，乳酸菌作为肉与肉制品的生物抑菌剂，可以在一定程度上改善肉类的色泽、营养结构、感官特性等，同时，还能降低肉类的酸碱度，有效控制食品中的腐败菌和病原菌，保证食品的质量与安全。

5 结 语

近几年，在“宅经济”“懒人经济”及冷链技术的飞速发展下，随着我国餐饮消费形式和观念的多元化，预制食品已经逐渐成为人们的一种新的饮食方式。新冠肺炎的影响使得传统的餐饮企业纷纷寻找新的发展空间，而在堂食、外卖之外，预制菜也成为了一种新的就餐选择。本文基于国内外肉类预制菜化学安全性策略的



研究, 提出以下建议: 1) 利用天然抗氧化剂有效降低肉类油脂的氧化, 改善肉类的风味, 增加其营养价值, 从而达到促进食品行业绿色、健康、可持续发展的目的。不同种类食物中, 单一天然萃取液的抗氧化作用已经不能满足, 还需要对多种抗氧化剂之间的协同效应进行深入探讨, 筛选高效的复合抗氧化剂, 实现更好的抗氧化、抑菌效果。2) 肉制品中杂环胺的形成规律尚不清楚, 其降低或抑制的途径与机理还需进一步探讨。此外, 国家、行业和企业对食品中杂环胺含量的标准还有待进一步完善。3) 天然抗氧化剂和抑菌剂需要确定有效和安全的剂量, 揭示其对肉制品微生物、物理化学特性的影响机理。

参考文献:

- [1] 赵靛琳. 预制菜行业现状及问题研究[J]. 现代营销(经营版), 2021, 29(9): 146-147. DOI:10.19921/j.cnki.1009-2994.2021-09-0146-073.
- [2] 中国烹饪协会, 湛江国联水产开发股份有限公司, 眉州东坡餐饮管理(北京)有限公司, 等. 预制菜: T/CCA 02—2022[S]. 北京: 中国烹饪协会, 2022.
- [3] GE Xinyu, ZHANG Lan, ZHONG Huazhen, et al. The effects of various Chinese processing methods on the nutritional and safety properties of four kinds of meats[J]. Innovative Food Science and Emerging Technologies, 2021, 70: 102674. DOI:10.1016/j.ifset.2021.102674.
- [4] 刘兴艳, 陈安均, 蒲彪. 国内外冷冻冷藏预制食品产业现状及发展前景[J]. 食品科学, 2011, 32(15): 323-328.
- [5] 韦佩贝, 戚穗坚. 疫情全球化常态化趋势下中国预制调理食品市场发展现状[J]. 食品与机械, 2020, 36(9): 18-25. DOI:10.13652/j.issn.1003-5788.2020.09.003.
- [6] MOHANNAD A, NORBERT M, ANDREA L, et al. Nutritional content of ready-to-eat meals sold in groceries in Hungary[J]. International Journal of Gastronomy and Food Science, 2021, 24: 100318. DOI:10.1016/j.ijgfs.2021.100318.
- [7] 杨铭铎, 张瑛, 崔莹莹, 等. 调理食品内涵及其研究进展[J]. 中国调味品, 2022, 47(3): 211-216. DOI:10.3969/j.issn.1000-9973.2022.03.042.
- [8] LI Xuan, SUN Yangying, PAN Daodong, et al. The effect of CaCl_2 marination on the tenderizing pathway of goose meat during conditioning[J]. Food Research International, 2017, 102: 487-492. DOI:10.3382/ps/pey143.
- [9] MANESSIS G, KALOGIANNI A I, LAZOU T, et al. Plant-derived natural antioxidants in meat and meat products[J]. Antioxidants, 2020, 9(12): 1215. DOI:10.3390/ANTIOX9121215.
- [10] MITSUMOTO M, O'GRADY M N, KERRY J P, et al. Addition of tea catechins and vitamin C on sensory evaluation, colour and lipid stability during chilled storage in cooked or raw beef and chicken patties[J]. Meat Science, 2005, 69(4): 773-779. DOI:10.1016/j.meatsci.2004.11.010.
- [11] KRISTAM P, ESWARAPRAGADA M, BANDI E R, et al. Evaluation of edible polymer coatings enriched with green tea extract on quality of chicken nuggets[J]. Veterinary World, 2016, 9(7): 685. DOI:10.14202/vetworld.2016.685-692.
- [12] LI X, FARID M. A review on recent development in non-conventional food sterilization technologies[J]. Journal of Food Engineering, 2016, 182: 33-45. DOI:10.1016/j.jfoodeng.2016.02.026.
- [13] PIETRASIK Z, GAUDETTE N J, JOHNSTON S P. The use of high pressure processing to enhance the quality and shelf life of reduced sodium naturally cured restructured cooked hams[J]. Meat Science, 2016, 116: 102-109. DOI:10.1016/j.meatsci.2016.02.009.
- [14] MANESSIS G, KALOGIANNI A I, LAZOU T, et al. Plant-derived natural antioxidants in meat and meat products[J]. Antioxidants, 2020, 9(12): 1215. DOI:10.3390/antiox9121215.
- [15] 王兆明, 贺雅非, 李洪军. 脂质和蛋白质氧化对肉品质影响及交互氧化机制研究进展[J]. 食品科学, 2018, 39(11): 295-301. DOI:10.7506/spkx1002-6630-201811045.
- [16] LUCIA P, CRISTINA R, ROSA P, et al. Impact of prickly pear extract on the quality parameters of beef burger patties after cooking[J]. Food Bioscience, 2021, 42: 101146. DOI:10.1016/j.fbio.2021.101146.
- [17] PALMERI R, PARAFATI L, RESTUCCIA C, et al. Application of prickly pear fruit extract to improve domestic shelf life, quality and microbial safety of sliced beef[J]. Food and Chemical Toxicology, 2018, 118: 355-360. DOI:10.1016/j.fct.2018.05.044.
- [18] KUREK M, BENBETTAIEB N, ŠČETAR M, et al. Novel functional chitosan and pectin bio-based packaging films with encapsulated *Opuntia-ficus indica* waste[J]. Food Bioscience, 2021, 41: 100980. DOI:10.1016/j.fbio.2021.100980.
- [19] PARAFATI L, PALMERI R, TRIPPA, D, et al. Quality maintenance of beef burger patties by direct addition or encapsulation of a prickly pear fruit extract[J]. Frontiers in Microbiology, 2019, 10: 1760. DOI:10.3389/fmicb.2019.01760.
- [20] MARTÍN-MATEOS M J, ORTIZ A, CURBELO P, et al. New beef burger formulation with added cherry (pico negro variety) as a potential functional ingredient[J]. Applied Food Research, 2022: 100132. DOI:10.1016/j.afres.2022.100132.
- [21] SALEIDA A M, KUCHARSKA A Z, KRASNOWSKA G. Effect of cornelian cherry (*Cornus mas* L.) juice on selected quality properties of beef burgers[J]. Journal of Food Quality, 2018, 2018: 1563651. DOI:10.1155/2018/1563651.
- [22] POGORZELSKA-NOWICKA E D, BRODOWSKA M, GÓRSKA-HORCZYK E, et al. Physicochemical and biochemical properties of ground pork formulated with addition of *Prunus cerasus* (cv montmorency) extract and subjected to freezing storage[J]. Acta Universitatis Cibiniensis. Series E: Food Technology, 2019, 23(2): 167-178. DOI:10.2478/auft-2019-0020.
- [23] BRODOWSKA M, GUZEK D, GODZISZEWSKA J, et al. Cherry (*Prunus cerasus* cv Montmorency) extract with standardised antioxidant potential as preservative for refrigerated storage of ground pork[J]. International Journal of Food Science and Technology, 2017, 52(12): 2555-2563. DOI:10.1111/ijfs.13541.
- [24] DE FARIAS MARQUES A D J, DE LIMA TAVARES J, DE CARVALHO L M, et al. Oxidative stability of chicken burgers using organic coffee husk extract[J]. Food Chemistry, 2022, 393: 133451. DOI:10.1016/j.foodchem.2022.133451.
- [25] IRIONDO-DEHOND A, GARCIA N A, FERNANDEZ-GOMEZ B, et al. Validation of coffee by-products as novel food ingredients[J]. Innovative Food Science and Emerging Technologies, 2019, 51: 194-204. DOI:10.1016/j.ifset.2018.06.010.
- [26] ECHEGARAY N, GÓMEZ B, BARBA F J, et al. Chestnuts and by-products as source of natural antioxidants in meat and meat products: a review[J]. Trends in Food Science and Technology, 2018, 82: 110-121. DOI:10.1016/j.tifs.2018.10.005.
- [27] LORENZO J M, GONZÁLEZ-RODRÍGUEZ R M, SÁNCHEZ M, et al. Effects of natural (grape seed and chestnut extract) and synthetic antioxidants (butylatedhydroxytoluene, BHT) on the physical,

- chemical, microbiological and sensory characteristics of dry cured sausage “chorizo”[J]. Food Research International, 2013, 54(1): 611-620. DOI:10.1016/j.foodres.2013.07.064.
- [28] LORENZO J M, SINEIRO J, AMADO I R, et al. Influence of natural extracts on the shelf life of modified atmosphere-packaged pork patties[J]. Meat Science, 2014, 96(1): 526-534. DOI:10.1016/j.meatsci.2013.08.007.
- [29] ZAMUZ S, LÓPEZ-PEDROUSO M, BARBA F J, et al. Application of hull, bur and leaf chestnut extracts on the shelf-life of beef patties stored under MAP: evaluation of their impact on physicochemical properties, lipid oxidation, antioxidant, and antimicrobial potential[J]. Food Research International, 2018, 112: 263-273. DOI:10.1016/j.foodres.2018.06.053.
- [30] 邓婷, 谢林江, 徐颖, 等. 山楂抗氧化活性成分及作用机制研究进展[J]. 保鲜与加工, 2020, 20(5): 231-236. DOI:10.3969/j.issn.1009-6221.2020.05.036.
- [31] TENGILIMOGLU-METIN M M, HAMZALIOGLU A, GOKMEN V, et al. Inhibitory effect of hawthorn extract on heterocyclic aromatic amine formation in beef and chicken breast meat[J]. Food Research International, 2017, 99: 586-595. DOI:10.1016/j.foodres.2017.06.044.
- [32] AFÉ O H I, DOUNY C, KPOCLOU Y E, et al. Insight about methods used for polycyclic aromatic hydrocarbons reduction in smoked or grilled fishery and meat products for future re-engineering: a systematic review[J]. Food and Chemical Toxicology, 2020, 141: 111372. DOI:10.1016/j.fct.2020.111372.
- [33] 张凯华, 臧明伍, 张哲奇, 等. 不同复热方式对猪耳朵制品挥发性风味和脂肪氧化的影响[J]. 食品科学, 2018, 39(14): 242-248. DOI:10.7506/spkx1002-6630-201814036.
- [34] 张根生, 丁一丹, 郑野, 等. 预调理肉制品防腐保鲜技术的研究进展[J]. 中国调味品, 2020, 45(6): 185-190. DOI:10.3969/j.issn.1000-9973.2020.06.041.
- [35] 徐海菊, 周兵. 肉及肉制品氧化控制方法研究进展[J]. 保鲜与加工, 2022, 22(3): 111-120. DOI:10.3969/j.issn.1009-6221.2022.03.017.
- [36] TEIXEIRA A, RODRIGUES S. Consumer perceptions towards healthier meat products[J]. Current Opinion in Food Science, 2021, 38: 147-154. DOI:10.1016/J.COFS.2020.12.004.
- [37] 李媛媛, 韩齐, 牛海力, 等. 高静压加工对肉及肉制品脂肪氧化的影响[J]. 食品工业, 2015, 36(12): 227-231.
- [38] 刘英丽, 于青林, 万真, 等. 发酵剂抗氧化活性对发酵肉制品品质的影响研究进展[J]. 食品科学, 2021, 42(1): 302-312. DOI:10.7506/spkx1002-6630-20200704-052.
- [39] 袁凯, 张龙, 谷东陈, 等. 肉品中的蛋白质氧化机制及其影响因素[J]. 食品科学, 2018, 39(5): 329-335. DOI:10.7506/spkx1002-6630-201805048.
- [40] 甄宗圆, 陈旭, 万双菊, 等. 肉制品低钠盐工艺研究进展[J]. 肉类研究, 2020, 34(4): 100-106. DOI:10.7506/rlyj1001-8123-20200131-029.
- [41] 汪小帆, 顾千辉, 李聪, 等. 调理牛排浸渍冻结液配方优化及对产品品质影响的研究[J]. 食品科技, 2018, 43(11): 134-141. DOI:10.13684/j.cnki.spkj.2018.11.023.
- [42] 张群. 调理食品微波场协同调控干燥技术[J]. 食品与生物技术学报, 2018, 37(10): 11-20. DOI:10.3969/j.issn.1673-1689.2018.10.018.
- [43] 邹云鹤. 超声波辅助煮制对酱卤牛肉品质的影响研究[D]. 南京: 南京农业大学, 2018: 35-57. DOI:10.27244/d.cnki.gnjnu.2018.000230.
- [44] 王锐, 王卫, 黄本婷, 等. 我国预调理肉制品加工技术研究进展[J]. 农产品加工, 2018, 17(12): 85-88; 92. DOI:10.16693/j.cnki.1671-9646(X).2018.12.022.
- [45] 李树长, 黄诗洋, 方泽豪, 等. 艾草对猪肉丸品质和抗氧化特性的影响[J]. 食品工业科技, 2022, 43(3): 48-55. DOI:10.13386/j.issn1002-0306.2021040210.
- [46] 杨宇华, 黄艳, 郑伟鹏. 艾草黄酮抗氧化及对鸡胸肉保鲜效果的研究[J]. 食品与机械, 2020, 36(11): 122-127; 142. DOI:10.13652/j.issn.1003-5788.2020.11.024.
- [47] 付丽, 吴丽, 胡晓波, 等. 三种天然抗氧化剂复合对冻藏牛肉丸抗氧化效果的研究[J]. 现代食品科技, 2018, 34(3): 159-166. DOI:10.13982/j.mfst.1673-9078.2018.03.023.
- [48] ANDRÉS A I, PETRÓN M J, ADÁMEZ J D, et al. Food by-products as potential antioxidant and antimicrobial additives in chill stored raw lamb patties[J]. Meat Science, 2017, 129: 62-70. DOI:10.1016/j.meatsci.2017.02.013.
- [49] 刘文营, 陆武, 李丹, 等. 葡萄籽粉对广式腊肠理化和感官品质的影响[J]. 中国食品学报, 2022, 22(4): 139-150. DOI:10.16429/j.1009-7848.2022.04.014.
- [50] 沈双伟, 李登龙, 林伟玲, 等. 桑椹多酚及其微胶囊对猪肉脯品质的改良[J]. 现代食品科技, 2022, 38(3): 185-194. DOI:10.13982/j.mfst.1673-9078.2022.3.0545.
- [51] 向荣. 桑椹多酚对广式腊肠品质及其蛋白质氧化调控机理研究[D]. 广东: 华南理工大学, 2020: 7-20.
- [52] 崔俭杰, 李琼, 金其璋. 用HPLC法测定国内反应香精中的4,8-DiMeIQx和PhIP[J]. 化学世界, 2010, 51(2): 87-90; 86. DOI:10.3969/j.issn.0367-6358.2010.02.006.
- [53] 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. DOI:10.7506/spkx1002-6630-20181105-045.
- [54] 董依迪, 邓思杨, 石硕, 等. 肉制品中杂环胺类物质的形成机制及控制技术的研究进展[J]. 食品工业科技, 2019, 40(8): 278-284; 291. DOI:10.13386/j.issn1002-0306.2019.08.047.
- [55] LIAO Guozhou, WANG Guiying, XU Xinglian, et al. Effect of cooking methods on the formation of heterocyclic aromatic amines in chicken and duck breast[J]. Meat Science, 2010, 85(1): 149-154. DOI:10.1016/j.meatsci.2009.12.018.
- [56] 魏秋红, 李艳秋, 韩文凤, 等. 烧鸡加工过程中杂环胺的影响因素及抑制措施研究进展[J]. 肉类研究, 2021, 35(2): 56-61. DOI:10.7506/rlyj1001-8123-20201208-286.
- [57] 陈益春, 牛海力, 孔保华. 实时荧光定量PCR技术在肉及肉制品中的应用[J]. 食品工业科技, 2017, 38(17): 324-328; 334. DOI:10.13386/j.issn1002-0306.2017.17.063.
- [58] 杨慧轩, 罗欣, 梁荣蓉, 等. 乳酸菌作为生物抑菌剂在肉与肉制品中的应用研究进展[J]. 食品科学, 2022, 43(7): 317-325. DOI:10.7506/spkx1002-6630-20201215-185.
- [59] 张晓宁, 尚一娜, 陈境, 等. 乳酸菌细菌素的作用机制及在肉制品中的应用[J]. 食品研究与开发, 2018, 39(11): 192-199. DOI:10.3969/j.issn.1005-6521.2018.11.036.