

曾璐瑶, 王海滨, 廖鄂, 等. 畜禽类预制菜加工技术研究进展 [J]. 食品工业科技, 2023, 44(7): 490–499. doi: 10.13386/j.issn1002-0306.2022060279

ZENG Luyao, WANG Haibin, LIAO E, et al. Processing Technology Progress on Prepared Dishes of Livestock and Poultry[J]. Science and Technology of Food Industry, 2023, 44(7): 490–499. (in Chinese with English abstract). doi: 10.13386/j.issn1002-0306.2022060279

· 专题综述 ·

畜禽类预制菜加工技术研究进展

曾璐瑶¹, 王海滨^{1,2,*}, 廖 鄂^{1,2}, 张 莹^{1,2}, 路洪艳^{1,2}, 彭利娟^{1,2}, 张红宇³, 潘秀云³

(1. 武汉轻工大学食品科学与工程学院, 湖北武汉 430023;

2. 武汉轻工大学肉类加工与安全研究所, 湖北武汉 430023;

3. 益盐堂(应城)健康盐制盐有限公司, 湖北应城 432499)

摘 要: 自从“新冠肺炎”疫情爆发以来, “宅经济”迅速崛起, 拉动了预制菜的消费, 预制菜逐渐得到了消费者的青睐。畜禽类预制菜作为预制菜的重要组成部分, 面临较高的市场需求, 但是目前存在产品感官、风味、安全性及标准等方面的问题, 因此需要对畜禽肉原料初加工、烹调、灭菌、贮藏等加工技术进行革新, 为畜禽类预制菜行业的高质量发展提供强有力的技术支撑。本文主要综述了畜禽类预制菜加工技术的研究现状, 并简要概括了畜禽类预制菜现有的相关标准, 以期对畜禽类预制菜加工技术及产品质量的改进和创新发展提供参考。

关键词: 畜禽类预制菜, 加工技术, 标准

中图分类号: TS251.1

文献标识码: A

文章编号: 1002-0306(2023)07-0490-10

DOI: 10.13386/j.issn1002-0306.2022060279



本文网刊:

Processing Technology Progress on Prepared Dishes of Livestock and Poultry

ZENG Luyao¹, WANG Haibin^{1,2,*}, LIAO E^{1,2}, ZHANG Ying^{1,2}, LU Hongyan^{1,2}, PENG Lijuan^{1,2}, ZHANG Hongyu³, PAN Xiuyun³

(1. School of Food Science and Engineering, Wuhan Polytechnic University, Wuhan 430023, China;

2. Institute of Meat Processing and Safety, Wuhan Polytechnic University, Wuhan 430023, China;

3. Good Health Salt Manufacture (Yingcheng) Co., Ltd., Yingcheng 432499, China)

Abstract: Since the outbreak of COVID-19, the rapid rise of ‘home economy’ has boosted the consumption of prepared dishes, which has gradually gained popularity among consumers. As an important part of prepared dishes, prepared dishes based on livestock and poultry face high market demand. However, there are problems in sensory, flavor, safety and standards of products at present. Therefore, it is necessary to innovate processing technologies such as the primary processing, cooking, sterilization and storage of livestock and poultry meat to provide strong technical support for the high-quality development of the livestock and poultry prepared dishes industry. This review focuses on the research status of the processing technologies of livestock and poultry prepared dishes. Moreover, the existing relevant standards of livestock and poultry prepared dishes are briefly summarized. This review can provide references for the improvement and innovative development of processing technology and product quality of livestock and poultry prepared dishes.

Key words: prepared dishes of livestock and poultry; processing technology; standard

预制菜广义上是指以农、畜、禽、水产品为原料, 配以各种辅料, 经预加工而成的成品或半成品^[1]。自从新冠疫情爆发以来, “宅经济”拉动了预制菜的消

费, 预制菜逐渐得到了消费者的青睐。根据艾媒数据中心分析报告显示, 2021 年中国预制菜市场规模预估为 3459 亿元, 预制菜的市场份额还在逐年增加中,

收稿日期: 2022-06-28

基金项目: 湖北省技术创新专项重大项目(2019ACA149)。

作者简介: 曾璐瑶(1999-), 女, 硕士研究生, 研究方向: 畜禽与水产品加工及贮藏工程, E-mail: 1055199154@qq.com。

* 通信作者: 王海滨(1964-), 男, 博士, 教授, 研究方向: 畜禽与水产品加工及贮藏工程, E-mail: whb6412@163.com。

预计到 2023 年中国预制菜规模约为 5165 亿元^[2-4]。由此可见,预制菜还有很大的消费空间和发展空间。当前预制菜的分类方法有较多种,例如按照加工方式可分为四类:即食预制菜、即热预制菜、即烹预制菜和即配预制菜;根据原材料种类可以大致分为粮谷类、畜禽类、水产类和果蔬类预制菜。其中,畜禽类预制菜是指畜、禽肉原料经过一系列适当加工处理再进行包装杀菌,通过低温或常温贮藏运输,进入市场售卖后可以直接食用或者经过简单烹调即可食用的产品^[5]。

目前畜禽类预制菜的种类有很多,包括狮头鹅、猪肚鸡、梅菜扣肉等,但是畜禽类预制菜的发展还面临着许多问题,由于畜禽类预制菜的加工技术还不够成熟,所以容易出现产品感官、风味及安全性等方面的问题。同时,当前畜禽类预制菜加工技术的研究仍存在部分问题,例如原料初加工、烹调、灭菌、贮藏等技术的结合还没有达到最优化,各种加工技术对畜禽类预制菜风味衰减、品相劣变、营养损失等的机制研究还不够深入等^[6]。此外,目前畜禽类预制菜还缺乏统一的产品生产标准及操作规范流程等,这也是畜禽类预制菜发展存在的不足。因此,为了更好地满足市场需求,在保证卫生与安全的前提下,应该通过综合利用并优化畜禽类预制菜的关键加工技术,建立畜禽类预制菜的统一标准,才能提高畜禽类预制菜的食用品质,延长畜禽类预制菜的货架期,为畜禽类预制菜行业的高质量发展提供强有力的技术和标准支撑。

本文简要对畜禽类预制菜加工技术的研究现状进行总结,并简要概括了畜禽类预制菜相关的现有标准,以期对畜禽类预制菜加工技术的改进与创新提供发展提供参考。

1 畜禽类预制菜加工技术现状

随着预制菜受喜爱的程度不断增加,预制菜企业数量也在不断增多。目前食品企业在畜禽类预制菜的加工过程中持续对原有的生产工艺进行改进,对畜禽类预制菜的加工技术进行了专业化的升级^[7]。畜禽类预制菜的加工工艺因不同菜品的品质要求、烹饪方式、包装和贮运要求而不同,但主要的加工流程大致相同,例如,常规熟制产品的主要流程^[8]:原材料预处理→调理→热加工→包装→杀菌→速冻→储运;对于其它品种类型,可以采用或不采用热加工、杀菌、速冻流程,可以选择冷藏或常温贮运。

1.1 畜禽类预制菜原材料预处理工艺

畜禽类预制菜在验收原材料后,首先要进行一系列预处理操作,包括清洗、分切等,部分肉原料还需要进行焯水处理。焯水的目的是去除肉的血水和表面油污,同时具有去除异味的功能。王西汐等^[9]探究了不同焯水次数(0、1、2次)对鸡汤中异味物质(庚醛和(E)-2-壬烯醛)浓度的影响,结果表明,2次焯水后鸡汤中异味物质的浓度更低。尹莉丽等^[10]研究

红烧肉加工工艺时发现,对鲜五花肉的焯水时间对红烧肉的口感、色泽和滋味有较为明显的影响。相比传统的焯水处理,有研究采用过热蒸汽的方法替代焯水处理,以减少焯水带来的汁液损失等问题。彭佳欢^[11]研究表明牛肉经过过热蒸汽处理后,其色泽、质构和营养等品质高于焯水处理组,可以替代土豆烧牛肉菜肴中牛肉焯水的预处理方式。综上,对畜禽类预制菜原材料进行预处理如焯水、过热蒸汽等,不仅对去除肉中的血污、异味起着重要作用,还能够提高畜禽肉的颜色、口感等食用品质。

1.2 畜禽类预制菜调理技术

畜禽类预制菜的调理技术包括腌制、滚揉等,运用这些调理技术,能够使畜禽类预制菜形成独特的风味,提高肉制品的口感与品质,同时能够抑制部分微生物的活动,减缓肉的腐败变质,从而延长畜禽类预制菜的货架期。

1.2.1 腌制 腌制是畜禽类预制菜调理中的关键工艺,适当的腌制可以改善肉的颜色和风味,促使畜禽肉达到更佳的品质。传统腌制方法包括干腌法、湿腌法等,传统腌制方法会通过添加大量食盐来防止肉的腐败变质,延长保质期,但该方法易造成食盐渗透效率低、腌制时间长等情况,这不仅导致畜禽类预制菜的品质无法得到保证,而且高盐分也易增加慢性疾病患病的风险。随着工业化生产和科学技术的发展,新型腌制技术应运而生。当前新型腌制技术主要包括静态变压腌制技术、真空滚揉腌制技术、超声波腌制技术和超高压腌制技术等^[12]。

静态变压腌制技术是指将肉静置于腌制液里,使肉在常压、加压、真空条件下交替进行腌制的一种技术。静态变压腌制的原理是抽真空将肉类组织间隙中的空气排出,加压促进腌制液渗入肉类组织间隙中,经过压力的交替变换,肉类组织间隙中的腌制液被不断排出与渗入,使肉与腌制液充分接触,从而达到良好的腌制效果。Deumier 等^[13]研究表明与常压腌制相比,静态变压腌制可以加快腌制液的渗透速度,减少了火鸡肉中的水分流失。郭昕等^[14]研究对比了静态变压腌制、常压腌制、真空腌制和加压腌制这四种腌制方式对猪肉品质的影响,结果表明静态变压腌制可以提高猪肉对腌制液的吸收率、pH 及品质特性,降低对猪肉肌肉纤维微观结构的破坏。静态变压腌制技术相对于传统腌制方法而言,不仅加快了肉类的腌制速度,还能保证肉类外形和组织结构的完整度。

真空滚揉腌制技术是在真空状态下,利用滚筒的旋转作用力,使肉与腌制料之间相互碰撞、接触,从而使腌制液能够更加均匀、高效地进入肌肉纤维组织中的腌制技术。王兆明等^[15]研究真空滚揉腌制对伊犁兔肉品质的影响,结果表明真空滚揉腌制可以改善兔肉的食用品质和色泽。Singh 等^[16]研究表明真空滚揉腌制可以缩短腌制时间,且腌制时间的延长

可以改善鸡腿和鸡胸肉的感官品质。这一腌制技术的关键条件是真空状态和滚揉工艺,真空滚揉腌制时的真空度、滚揉温度、滚揉时间、转速等参数对肉的出品率和品质具有重要影响^[17-18],因此严格控制上述参数对腌制工艺起着关键作用。

超声波腌制技术是利用一定频率和强度的超声波在腌制液中产生的空化效应、热效应及机械作用对肉的腌制起到辅助作用的技术^[19-20],超声波能够加快腌制液的渗透,提高腌制速度^[21],还能破坏肌肉组织,促进钙蛋白酶等的释放,起到嫩化肉的作用^[22-23],一般用于食品加工或改善食品品质特性的超声波为低频率高强度(频率为 20~100 kHz,强度为 10~1000 W/cm²)的超声波^[24]。Shi 等^[25]研究超声处理联合海藻酸钾对老鸡胸肉的腌制效果,结果表明超声处理可以促进鸡肉组织的破坏,使肌肉蛋白更易变性,降低了鸡胸肉的剪切力,提高了持水力。超声波还可以促进氯化钠和水在肉中的扩散^[26],使肉在盐浓度较低的溶液中快速达到腌制效果,这对于减盐减钠肉制品的研究具有参考意义。

超高压腌制技术是在密闭环境中,以腌制液为介质,对肉施加高压并维持一段时间,从而改变肉的理化特性和生化反应,促进腌制效率的一种新型技术^[27]。O'Neill 等^[28]研究超高压处理对真空包装腌制猪排的影响,结果表明压力达到 400 MPa 以上时可以促进腌料的吸收,提高腌制猪排的风味接受度,且超高压处理还延长了腌制猪排的保质期。超高压腌制延长食品保质期的主要原因是超高压能破坏微生物的细胞壁和细胞膜,使微生物中的酶失活,影响了生长繁殖功能^[29]。此外,超高压只作用于食品中的非共价键,对共价键不会产生破坏,因此对食品风味和营养价值具有很好的保留作用^[29],且超高压作用能够提高呈味核苷酸和游离氨基酸的含量^[30],从而对食品风味产生影响。

为了更好地了解这几种新型腌制技术在畜禽类预制菜中的应用现状,故将其详细列于表 1 内。

除了腌制技术外,腌制液的配方也会对畜禽类预制菜的风味与色泽产生影响。腌制液的配方具有重要作用,因为肉的风味主要是依靠辅料和调味料的综合运用形成的,辅料和调味料的选择和配比都会对

肉的颜色和风味产生不同的效果,因此需要经过不断试验、调整,才能得到最佳腌制配方。周秀丽等^[31]通过单因素实验和 Box-Behnken 响应面法发现优化腌制液配方后,调理牛排的综合品质得到了有效地改善,当腌制液配方为食盐 1.5%、复合磷酸盐 0.15%、料酒 4.0%、木瓜蛋白酶 0.3%、香辛料 0.8% 时,牛排的颜色和风味极佳,理化性质都较好,且综合评价指数的实际值与理论值误差小。

1.2.2 滚揉 滚揉是利用滚揉机的机械作用,使肉在滚筒中不断翻滚、撞击等,破坏肌肉纤维、软化肌肉组织结构,从而改善肉的嫩度、提高肉的腌制效率,达到提高肉制品色泽、风味、嫩度等品质特性的作用^[32-33]。滚揉可以通过影响蛋白质降解、肌原纤维碎片和钙蛋白酶-1 的自溶进而影响肉的出品率^[34]。

传统滚揉工艺已经广泛应用于生产中,随着许多新型加工技术如超声波、超高压等的兴起,新型加工技术的结合将会是时代发展的趋势,运用新型滚揉技术才能更好地适应未来畜禽类预制菜的工业化生产,目前新型滚揉技术在畜禽类预制菜原料调理加工中的应用较多(如表 2)。呼吸滚揉即变压滚揉,是指真空滚揉与加压滚揉交替进行的一种滚揉方式。在呼吸滚揉中加压充入抑菌气体如 N₂、CO₂ 等,可以减少微生物的生长,在交替滚揉过程中可以提高腌制效率。申晓琳等^[35]对比呼吸滚揉与普通真空滚揉在新鲜牛肉的作用效果,发现呼吸滚揉可以改善牛肉色泽并加速腌制。超声波技术产生的空化作用、热效应及机械作用对肉的嫩化、腌制效率方面具有改善作用。冯婷等^[36]研究超声波辅助滚揉对生鲜鸡肉的影响,发现超声波滚揉可以提高鸡肉的腌制吸收率,松弛肌原纤维,改善鸡肉的嫩度。李鹏等^[37]还对比了真空滚揉和超声波辅助变压滚揉对鸭胸肉的影响,发现超声波辅助变压滚揉可以通过改变蛋白质结构和水分状态分布,从而加速腌制,改善鸭肉嫩度。超高压技术是一种非热加工技术,其由于能够克服热加工生产的缺陷而逐渐被应用于食品加工中。有研究表明^[38],超高压技术可以促进蛋白质的分解,提高肉的保水性,改善肉的嫩度,对肉的质构具有积极作用。但是当前的超高压技术由于设备问题不能与滚揉技术同时进行,只能采用超高压与滚揉协同作用的

表 1 新型腌制技术在畜禽肉加工中的应用

Table 1 Application of new salting technology in livestock and poultry processing

技术	腌制参数	腌制效果	应用肉品及参考文献
静态变压腌制	料液比1:20(w/w);腌制流程: -70 kPa下20 min—常压10 min—160 kPa下20 min—常压10 min循环交替腌制共6 h;脉动比为2	提高猪肉的腌制吸收率、pH,提高保水性,降低滴水损失,减少对猪肉微观结构的破坏	猪肉 ^[14]
真空滚揉腌制	真空度0.02 MPa,滚揉时间90 min,滚揉转速10 r/min	提高兔肉的pH,改善食用品质(增加保水性、减少蒸煮损失及压榨损失、提高嫩度)和色泽	伊拉兔肉 ^[15]
超声波辅助腌制	超声功率300 W,频率20 kHz,强度为15.6 W/cm ² ,超声腌制时间5 min,静态腌制时间25 min	超声辅助处理有利于嫩化鸡胸肉,鸡肉肌球蛋白更易变性,肌原纤维松弛,提高了持水力	鸡胸肉 ^[25]
超高压腌制	腌制压力300、400、500 MPa,温度10 ℃,处理时间3 min	促进腌料的吸收,提高了腌制猪排的风味接受度,超高压处理还延长了腌制猪排的保质期	腌制猪排 ^[28]

表 2 新型滚揉技术在畜禽肉加工中的应用
Table 2 Application of new tumbling technology in livestock and poultry processing

技术	滚揉参数	滚揉效果	应用肉品及参考文献
呼吸滚揉	真空正转20 min→真空反转20 min→静置20 min→加压正转20 min→加压反转20 min→静置20 min, 不断循环进行(滚揉温度0~4 ℃, 真空度0.08 MPa, 加压滚揉充入惰性气体N ₂ , 压力大小为0.18 MPa)	与真空滚揉相比, 加速腌制液的渗透和吸收, 明显改变牛肉的亮度值及红度值, 提高发色率, 有效缩短腌制时间	鲜牛肉 ^[35]
超声波辅助滚揉	温度0~4 ℃, 转速16 r/min, 单向连续滚揉9 min, 超声波(25 kHz, 900 W)处理1 min	剪切力降低, 腌制吸收率增加, 肌原纤维小片化程度增加, 改善嫩度	鲜鸡胸肉 ^[36]
超声波辅助变压滚揉	超声(40 kHz, 140 W)处理2 min, 真空度0.08 MPa单向滚揉9 min, 常压单向滚揉9 min	与真空滚揉相比, 加速肌原纤维蛋白的降解, 加速腌制速率, 改善嫩度, 提高保水性	冷冻鸭胸肉 ^[37]
超高压协同滚揉	滚揉温度4 ℃, 时间40 min; 超高压处理两次(压力300 MPa, 时间5 min; 压力600 MPa, 时间3 min)	降低蒸煮损失和硬度, 改善感官品质, 延长保质期, 减少钠含量	鸡胸肉 ^[39]

方式, 因此超高压滚揉在实际加工中的应用较少^[32]。Ricardin 等^[39]研究表明与普通滚揉组相比, 超高压协同滚揉组显著降低了即食鸡胸肉的蒸煮损失和硬度, 改善了其感官品质, 且超高压处理的鸡胸肉中钠含量减少了 50%, 保质期延长了 60 d 以上, 这对于开发和贮藏低钠肉制品具有良好的参考价值。综上所述, 新型滚揉技术的运用将对畜禽类预制菜生鲜原料的调理加工和食用品质具有十分重要的作用。

1.3 畜禽类预制菜热加工技术

热加工是畜禽肉类熟化和贮藏的一种方式, 畜禽肉在经过热处理后, 能够使蛋白质变性, 促进人体对蛋白质等营养物质的吸收, 同时, 加热后的食物更易储存, 能够延长畜禽肉的保质期。热加工的形式较多, 不同的热加工对畜禽肉的风味、口感、质构都会产生不同的影响, 目前较为常用的热加工技术有: 蒸制、煮制、油炸、微波加热等。

蒸制与煮制是家庭烹饪中较为常见的热加工技术, 两者的热传递方式均为热对流, 烹饪的效果也较为相近。吴丹丹等^[40]研究蒸制、煮制、煎制和微波加热对驼肉品质及其所含有害物质的影响, 发现蒸制和煮制不仅能够使营养物质得到最大程度地保留, 而且多环芳烃的含量明显低于煎制处理组, 是最合适最健康的加工方法。近几年, 真空低温蒸煮技术受到了越来越多的关注。真空低温蒸煮是将真空包装的畜禽肉在设定的温度和时间下, 置于温度恒定的容器中进行水浴蒸煮的一种热加工技术。这一技术的优势包括改善肉的嫩度与色泽, 减缓氧化变质, 保留维生素、矿物质、抗氧化剂等^[41]。一般来说, 烹饪过程中的烹饪温度和时间至关重要, 真空低温蒸煮的温度通常在 50~80 ℃ 范围内, 蒸煮时间因肉而异, 不同的肉类的真空低温蒸煮条件有所不同, 如猪肉^[42](50 ℃, 24 h)、羊肉饼^[43](75 ℃, 35 min)、鸡胸肉^[44](80 ℃, 55 min)等。Zhang 等^[45]研究不同真空低温蒸煮温度和时间对鸭肉品质的影响, 结果表明真空低温蒸煮改善了鸭肉的嫩度, 鸭肉在 70 ℃ 蒸煮 6 h 或 12 h 具有更好的感官特性和风味, 但蒸煮时间的延长会导致更高的烹饪损失。由此可知, 适度的真空低温蒸煮温度和时间对肉的感官、风味、质地等品质有更好的

影响, 蒸煮温度过高或蒸煮时间过长都不利于肉的出品率。此外, 蒸制与煮制耗时相对较长, 能源消耗大, 若用于实际工业化生产则会对经济效益方面具有不利影响, 因此要综合考虑结合其他技术进行热加工处理。

油炸是一种常见的加热方式, 采用油炸技术可以使食物具有酥脆口感和与众不同的风味, 酥脆口感是因为高温使食物表面的水分迅速蒸发, 表面形成“硬壳”, 油炸带来的独特香味则可能是由于高温油炸可以使蛋白质变性程度增大, 使呈味氨基酸含量增加, 同时也促进了更多风味物质的生成^[46]。油炸温度和油炸时间对肉的品质具有较大的影响, 因此需要严格控制油炸参数。随着油炸温度的升高, 肉中的含水量会逐渐减少, 剪切力逐渐增加, 而感官评分会呈现先增加后下降的趋势; 油炸时间的延长, 则会使肉的剪切力先减小后上升, 而感官评分同样会出现先增加后下降的趋势^[47-48]。刘树萍等^[49]研究油炸对挂糊里脊肉品质的影响, 得出最佳的第一次油炸温度为 180 ℃, 时间为 110 s; 最佳的复炸油温为 195 ℃, 时间为 115 s, 在此条件下炸出的里脊肉色泽、香气、口感均优。除了关注油炸参数, 畜禽肉在油炸过程中所产生的有害物质也是需要注意的重要指标。目前有不少研究都集中于利用天然植物提取物抑制油炸肉制品中杂环胺的形成, 例如石崖茶叶^[50]、甘蔗糖蜜^[51]、浆果(蓝莓、覆盆子和草莓)^[52]等。这些研究对于抑制油炸畜禽肉中有害物质的形成具有重要意义, 若能广泛应用于畜禽类预制菜的油炸工艺中, 将会对人们的健康与安全起到更好的保障作用。

微波加热与其他热加工技术不同, 其热传递方式属于热辐射, 是利用食品中的极性分子与微波电磁场的相互作用而进行的一种加热方式。微波加热具有独特的优势, 可以大大缩短加热的时间, 节能高效, 且使食品均匀受热。Li 等^[53]研究结果表明与蒸煮加热相比, 微波加热可以使牦牛肉蛋白质快速变性, 缩短热加工时间, 改善肉的质构, 同时微波加热具有更好的整体风味, 但微波处理增加了蒸煮损失且对色泽没有明显的积极作用。目前, 许多畜禽水产类预制菜都属于即热食品, 即只需要进行简单加热即可食用的

食品,但是预制菜复热容易出现“过熟味”,这对预制菜的食用品质具有较大影响。有研究表明微波复热对减少“过熟味”具有积极影响^[54]。如今微波加热也是一种较为方便的复热方式,因此研究微波复热对畜禽类预制菜品质和出品率具有重要意义。张凯华等^[55]研究微波复热时间对预制猪肉饼品质特性的影响,发现适度的复热时间(60~90 s)对猪肉饼的品质有积极作用,可以有效降低“过熟味”关键风味因子的含量,而较短(30 s)或较长(120~180 s)的复热时间对猪肉饼的整体风味都会产生不利影响,且 30 s 的复热时间会使“过熟味”关键风味因子含量升高。胥博文等^[56]还研究了微波复热功率和时间对预制酱肉丝的影响,发现随着微波复热功率和时间的增加,预制酱肉丝的水分含量随之降低,感官评价和剪切力先增加后减小,且对风味物质(尤其是鲜味物质)含量有显著影响。因此,应当对微波复热的功率、时间等参数进行综合优化,确定最佳复热工艺条件,这对畜禽类预制菜复热后的品质具有积极意义。综上所述,微波加热能够影响食品的品质特性和风味,利用其进行二次加热可能会更好地保留食物的品质和风味,这在畜禽类预制菜的工业化生产中具有重要作用。

1.4 畜禽类预制菜杀菌技术

畜禽类预制菜在加工后需要进行包装、杀菌,再进行配送和销售。由于畜禽肉具有丰富的营养物质,在储运和销售过程中极易受到微生物的污染,这对于畜禽类预制菜的货架期具有十分不利的影响。因此,研究畜禽类预制菜的杀菌技术对延长食品的货架期,保证消费者能食用到高品质的预制菜具有重要意义。

杀菌技术主要分为热力杀菌技术和非热杀菌技术。热力杀菌技术是通过高温等热效应杀灭微生物、使酶失活的技术,但这种杀菌技术对食物中的营养物质和感官品质造成破坏,且热杀菌容易造成肉类的“过熟味”,对畜禽类预制菜的出品率具有消极影响。而非热杀菌技术则可以避免热力杀菌的缺陷,它是利用非热效应如空化效应、射线、高压等对微生物的细胞壁或细胞膜进行破坏,使细胞内的物质外泄而导致微生物的细胞结构受损,从而起到灭菌或抑菌的作用。新型非热杀菌技术种类较多,主要包括微波杀菌、超高压杀菌、辐照杀菌、生物杀菌等^[57-58],这些非热杀菌技术在畜禽肉中的应用如表 3 所示。

1.4.1 微波杀菌 微波杀菌是利用电磁波在食品内外部同时发生作用以达到杀菌目的的一种杀菌技术。它的杀菌机制分为热效应和非热效应两种。热效应是利用电磁波作用促使食品内部的极性分子如水等高速扩散至外部,使食品瞬间升温至杀灭微生物的温度。微波非热效应的具体机制仍需要深入研究,目前有解释称非热效应是利用电磁波作用于微生物内部的极性分子,改变了微生物中生物大分子如蛋白质、核酸等的结构,进而破坏了微生物的某些功能,从而杀灭微生物^[63]。唐彬等^[59]研究微波处理对麻辣鸡块贮藏期间品质的影响,微波杀菌后的麻辣鸡块能够满足市场销售的货架期要求,货架期可达 24 d,且鸡块的感官品质保持得较好。由此可见,微波杀菌在畜禽肉类中的杀菌效果较好,且杀菌用时较短、能耗较低。然而,微波杀菌设备的自动化水平还跟不上工业化生产的需要,导致微波杀菌在生产加工中尚未普及,这可能是未来的重要研究方向之一。

1.4.2 超高压杀菌 超高压杀菌是食品在>100 MPa 的高压条件下,并在一定温度范围内进行特定时间的处理以杀灭细菌的一种技术。这一技术的原理是利用超高压破坏微生物细胞结构,改变微生物中蛋白质的性质,从而达到灭菌目的。超高压杀菌技术的关键在于压力、温度和时间,这些参数对杀菌效果起着重要的作用。李新等^[60]在研究熟制鸭胸肉的超高压杀菌工艺时发现随着超高压的压强、时间、温度的增加,鸭胸肉的菌落总数随之降低,有效延长了鸭胸肉的货架期。超高压杀菌是近年来新兴的一种冷杀菌技术,能够有效杀灭微生物,对延长畜禽类预制菜的保质期具有重要意义。目前超高压杀菌在畜禽肉类中的研究越来越深入,但是由于超高压杀菌的设备仍在研究阶段,且设备价格过于高昂,因此超高压杀菌在畜禽类预制菜生产中的应用还需要杀菌设备的深入研究与改进。

1.4.3 辐照杀菌 辐照杀菌是利用电离射线与食品中的物质产生直接或间接效应从而杀灭食品中微生物的一种杀菌方式。常用于食品辐照杀菌的电离射线有高能电子束、X 射线、 γ 射线等。何立超等^[61]研究不同剂量的 γ 射线辐照处理对猪肉火腿肠的杀菌效果,发现 5 kGy 剂量的辐照处理对抑制火腿肠中致病菌的效果最有效。虽然辐照杀菌能够有效地杀

表 3 非热杀菌技术在畜禽肉加工中的应用

Table 3 Application of non-thermal sterilization technology in livestock and poultry processing

技术	技术参数	应用效果	应用肉品及参考文献
微波杀菌	微波功率800 W,微波功率密度4 W/g,微波时间60 s	与传统热杀菌组比,微波处理对脂质氧化、蛋白质降解、质构特性变化、菌落总数上升、感官品质降低等不良影响具有抑制作用	麻辣鸡块 ^[59]
超高压杀菌	压强600 MPa,保压时间25 min,介质水温度28 ℃	有效降低鸭胸肉的菌落总数,延长其货架期	熟制鸭胸肉 ^[60]
辐照杀菌	5 kGy剂量 γ 射线辐照结合4 ℃冷藏	辐照处理可以对猪肉火腿肠中的微生物起到有效抑制作用	猪肉火腿肠 ^[61]
生物杀菌	乳酸链球菌素0.03 g/kg,茶多酚0.09 g/kg,溶菌酶0.10 g/kg	对抑制符合集烧鸡中的微生物繁殖具有有效作用,使其贮藏后的菌落总数小于10 CFU/g	符离集烧鸡 ^[62]

灭绝大部分的细菌,但是其对肉制品品质的影响也值得进一步地探讨。肉制品在经过辐照杀菌后,会产生部分辐照异味,会使肉中的蛋白质、脂肪发生一系列生物化学反应如蛋白质的脱氨、交联等、脂肪的氧化、脱氢等反应^[64]。有研究表明在较低剂量(电子束剂量 <4.5 kGy)辐照时不会影响肉的理化特性^[65]。因此,应该适当控制辐照杀菌的辐照剂量,从而减少辐照杀菌对畜禽肉品质产生的不利影响。

1.4.4 生物杀菌 生物杀菌技术是通过添加生物防腐剂达到杀灭细菌的目的。生物防腐剂的来源主要分为三种:植物来源的如植物精油等,微生物来源的如乳酸链球菌素、纳他霉素等,动物来源的如壳聚糖、溶菌酶等。然而,单一使用生物杀菌技术的杀菌效果还不够全面,因此需要使用多种生物防腐剂共同作用。赵彤等^[62]通过单因素实验对比乳酸链球菌素、溶菌酶、茶多酚、壳聚糖、纳他霉素和 ϵ -聚赖氨酸这六种生物防腐剂对符离集烧鸡的抑菌效果,发现乳酸链球菌素、溶菌酶和茶多酚这三种生物防腐剂的抑菌效果更好,通过响应面优化得出:当乳酸链球菌素 0.03 g/kg、茶多酚 0.09 g/kg、溶菌酶 0.10 g/kg 时,符离集烧鸡的保鲜效果最好。

1.5 畜禽类预制菜贮藏技术

根据不同预制菜产品的贮藏要求,可以将畜禽类预制菜分为常温畜禽类预制菜、冷藏畜禽类预制菜和冷冻畜禽类预制菜。常温畜禽类预制菜是指在常温条件(约 $20\sim 25$ $^{\circ}\text{C}$)下控制畜禽肉质量并进行流通、销售的预制菜。后两者属于低温贮藏的预制菜,需要在冷藏或冷冻条件下进行贮藏、流通和销售。因此,将畜禽类预制菜的贮藏技术分为两类(常温贮藏和低温贮藏)进行简要介绍。

1.5.1 常温贮藏 常温贮藏是指食品在自然温度条件下进行贮藏的一种方式。常温贮藏的预制菜产品在物流成本方面具有一定优势,因为冷藏或冷冻的产品需要严格控制冷链物流运输,物流成本会大大增加。要保证常温畜禽类预制菜的微生物指标、理化指标等控制在安全食用范围内,往往需要结合杀菌技术、包装方式、防腐剂、抗氧化剂等手段。

常温畜禽类预制菜的杀菌过程一般要达到商业无菌要求,使产品可以在较长时间内进行常温贮藏和运输,其杀菌方式以热杀菌为主,热杀菌温度一般较高,因此贮藏期较长。但是热杀菌对畜禽肉制品的风味影响较大,易产生“高温蒸煮味”^[66],可能会影响后续复热的食用品质,因此畜禽类预制菜的非热杀菌技术以及复热技术逐渐成为研究的热点。

常温畜禽类预制菜的包装方式包括真空包装、气调包装等,但是包装方式不能起到杀灭微生物的作用,只能抑制微生物的繁殖,通常与其他技术结合以达到延长保质期的目的。赵志平等^[67]研究表明在真空包装且常温贮藏条件下,添加防腐剂的兔肉微生物菌落总数、TBARS 和 TVB-N 含量明显低于未添加

组。宋慧等^[68]研究也证明了乳酸链球菌素、姜油协同高氧气调包装可以使肉制品达到最佳的保藏效果,在常温下可贮藏 15 d。由此可见,常温畜禽类预制菜在考虑合适的包装方式的同时,应当适当结合防腐剂、抗氧化剂等手段来达到最佳的抑菌效果,从而延长其货架期。

1.5.2 低温贮藏 低温贮藏是将食品置于 10 $^{\circ}\text{C}$ 以下,保持食品的冷却或冷冻状态的一种贮藏方式。低温贮藏按照贮藏温度的不同,可以分为冷藏和冷冻贮藏。

冷藏是指在 8 $^{\circ}\text{C}$ 以下,冻结点以上进行贮藏的一种低温保鲜技术。冷藏可以减缓畜禽肉中绝大多数微生物的生长和繁殖速度,对酶的活性和能够引起腐败的生物化学反应具有抑制作用。Pizato 等^[69]和 Anna^[70]的研究均表明在冷藏条件下熟制鸡肉制品的保质期可以达到 $13\sim 15$ d,说明冷藏对熟制畜禽预制菜具有良好的贮藏保鲜作用。同时,采用合适的包装材料与抑菌方法有助于延长冷藏畜禽肉的货架期,但是具体采用的包装材料、包装方式、抑菌方法则需要进一步深入探究。Semenh 等^[71]研究辣木叶乙醇提取物对真空包装猪肉馅饼在冷藏期间的影响,结果表明添加辣木叶乙醇提取物可以抑制微生物生长,延缓猪肉饼在冷藏期间发生氧化酸败,且对感官特性和整体可接受性没有任何影响。由此可知,适当结合植物中提取的生物抑菌成分对畜禽肉预制产品的冷藏效果具有积极作用,这可能作为未来畜禽类预制菜冷藏技术的研究方向之一。

冷冻贮藏是指在 ≤ -18 $^{\circ}\text{C}$ 条件下进行贮藏。由于冷冻贮藏温度更低,冷冻贮藏的产品比冷藏产品具有更长的保质期,适合长期贮藏和远距离运输。然而经过冷冻贮藏的畜禽类预制菜品质仍存在不同程度地降低,影响畜禽类预制菜品质的因素可能包括冷冻方式、冷冻贮藏和流通过程中的温度波动、解冻损失等。程伟伟等^[72]研究表明与风冷冷冻方式相比,浸渍式冷冻方式更有利于保证调理猪肉的色泽、质构及贮藏品质。因此选择适当的畜禽类预制菜的冷冻方式,可以减少冷冻贮藏对畜禽肉品质的破坏。除此之外,可以通过添加抗冻剂来减小冷冻贮藏对畜禽类预制菜品质的影响,例如糖类抗冻剂、磷酸盐类抗冻剂、蛋白类抗冻剂等。王心诗等^[73]研究复配抗冻剂对冷冻贮藏 30 d 调理猪肉丝的抗冻保水性的影响,结果表明复配抗冻剂添加量为复合磷酸盐 0.2% 、黄原胶 0.2% 和海藻糖 2.5% 时,调理猪肉丝的解冻损失最小,保水性得到改善。对于减少冷冻贮藏和流通过程中温度波动对畜禽类预制菜的影响,提高冷链物流配送技术和覆盖率是较为有效的措施。但是由于基础设施不完善、标准化程度不高、能耗过大等制约因素,冷链配送会出现“断链”现象^[74]。因此,加强对冷链物流配送技术的研究,提高冷链物流配送的覆盖率,才能减少畜禽类预制菜在冷冻贮藏和流通过程中的温度波动,提高畜禽类预制菜的品质。

2 畜禽类预制菜相关标准现状

虽然当前畜禽类预制菜市场非常火爆,但是消费者对于畜禽类预制菜的满意度仍然较低,其中最重要的问题之一就是食品安全问题。同时,由于畜禽类预制菜没有相关的国家标准,企业难以实行标准化的生产,这不仅无法保证畜禽类预制菜的质量与安全,也不利于预制菜行业的长久发展,因此畜禽类预制菜相关标准亟待出台。目前已出台的预制菜相关标准已列于表4中。这些地方标准和团体标准主要是针对预制菜的概念、分类、加工技术、冷链配送等作出了初步的规定,这将对预制菜行业的发展发挥积极的作用,也能够为预制菜国家标准的统一提供基础支持。然而,目前针对畜禽类预制菜的具体标准仍较少,目前已出台的畜禽类预制菜标准有广东省企业创新发展协会发布的团体标准 T/GDID 1046-2022《清远鸡系列预制菜》和 T/GDID 1047-2022《清远乌鬃鹅系列预制菜》,山东临沂市食品工业协会发布的团体标准 T/LYFIA 037-2022《预制菜沂蒙炒鸡加工技术规范》和 T/LYFIA 038-2022《预制菜沂蒙全羊汤加工技术规范》。为了使预制菜行业的发展尽快步入正常轨道,各地各部门、行业协会、企业、高校等都在努力推动预制菜的标准化建设,这也对制定畜禽类预制菜相关标准起着重要的推动作用。

表4 预制菜相关标准
Table 4 Standards relating to prepared dishes

标准类型	标准号	标准名称
地方标准	DB4501/T 1-2022	预制菜术语
	DB4501/T 2-2022	预制菜分类
	DB4501/T 3-2022	预制菜冷链配送操作规范
	T/JCIA 0021-2022	预制菜点质量评价规范
	T/LYFIA 034-2022	预制菜加工技术规范
	T/SDJKR 006-202	预制菜中式菜肴成品
	T/CCA 024-2022	预制菜
团体标准	T/CHA 023-2022	预制菜品质分级及评价
	T/CHA 024-2022	预制菜生产质量管理技术规范
	T/GDNB 99.2-2022	预制菜术语、定义和分类
	T/GDNB 99.1-2022	预制菜标准体系构建总则
	T/GDID 1046-2022	清远鸡系列预制菜
	T/GDID 1047-2022	清远乌鬃鹅系列预制菜
	T/LYFIA 037-2022	预制菜沂蒙炒鸡加工技术规范
	T/LYFIA 038-2022	预制菜沂蒙全羊汤加工技术规范

3 总结与展望

预制菜在新冠疫情与“宅经济”的背景下逐渐被消费者所熟知,随着人们生活水平和生活习惯的变化,预制菜行业还有很大的消费和发展空间。畜禽类预制菜是预制菜的重要组成部分,在预制菜品类中占有较大比例,是预制菜行业发展的主力军。当前畜禽类预制菜仍处在发展初期,由于中式菜系种类和烹调方式的多样化以及消费者对畜禽类预制菜风味还原度、安全性和营养性的食用需求,畜禽类预制菜原料

初加工、烹调、灭菌、贮藏等加工技术还需要不断革新;此外,由于畜禽类预制菜未来的发展方向之一是营养与健康,例如减盐减钠、减脂、减糖等,因此要加强畜禽类预制菜相关基础和应用基础研究,针对不同的畜禽类预制菜,对加工工艺进行筛选和优化将会对提高畜禽类预制菜产品的品质发挥重要作用,也为产业向机械自动化、信息化、智能化和健康化发展的大方向打下重要基础;同时,畜禽类预制菜还缺乏相关标准作为公共食品的安全支撑,因此畜禽类预制菜相关标准亟待出台,这样才能保证畜禽类预制菜的良性健康发展,推动预制菜行业进入高质量发展阶段。

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(9): 146-147. [ZHAO L L. Study on present situation and problems of prepared vegetable industry[J]. Marketing Management Review, 2021(9): 146-147.]
- [2] 钟楚涵, 蒋政. 预制菜赛道升温高品质菜品研发成关键[N]. 中国经营报, 2022-01-10(D03). [ZHONG C H, JIANG Z. Prepared dishes track heating high quality dishes research and development into the key[N]. China Business Journal, 2022-01-10(D03).]
- [3] 王俊岭. 当“年夜饭”碰上“预制菜”[N]. 人民日报海外版, 2022-02-08(011). [WANG J L. When "New Year's Eve Dinner" meets "Prepared Dishes"[N]. People's Daily Overseas Edition, 2022-02-08(011).]
- [4] 李晓红. 虎年春节餐饮消费“暖意融融”[N]. 中国经济时报, 2022-02-11(002). [LI X H. The year of the tiger lunar new year food consumption "Warm and Harmonious"[N]. China Economic Times, 2022-02-11(002).]
- [5] 赵钜阳, 王萌, 石长波. 菜肴类预制调理食品的开发及品质研究进展[J]. 中国调味品, 2019, 44(8): 193-196. [ZHAO J Y, WANG M, SHI C B. Research progress on development and quality of prepared foods for dishes[J]. China Condiment, 2019, 44(8): 193-196.]
- [6] 王卫, 张锐, 张佳敏, 等. 预制菜及其研究现状、存在问题和发展展望[J]. 肉类研究, 2022, 36(9): 37-42. [WANG W, ZHANG R, ZHANG J M, et al. Status quo, problems and future prospects of prepared dishes[J]. Meat Research, 2022, 36(9): 37-42.]
- [7] 孟刚. 预制菜市场升温[J]. 食品界, 2021(8): 46-48. [MENG G. Prepared food market heat up[J]. Food Industry, 2021(8): 46-48.]
- [8] 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. [YANG M Z, ZHANG Y, CUI Y Y, et al. The connotation and research progress of prepared food[J]. China Condiment, 2022, 47(3): 211-216.]
- [9] 王西汐, 曹金诺, 李赫, 等. 氯化钙复合脂肪酶处理工艺对鸡汤腥味的的影响[J]. 食品工业科技, 2019, 40(24): 131-136. [WANG X X, CAO J N, LI H, et al. Effect of calcium chloride combined lipase treatment process on the gamey taste of chicken soup[J]. Science and Technology of Food Industry, 2019, 40(24): 131-136.]
- [10] 尹莉丽, 王庭欣, 张良, 等. 过热蒸汽加工红烧肉的工艺研究[J]. 食品科技, 2017, 42(10): 122-128. [YIN L L, WANG T X, ZHANG L, et al. Superheated steam processing of braised pork

- cooking[J]. Food Science and Technology, 2017, 42(10): 122–128.]
- [11] 彭佳欢. 一体化灭菌炖煮对土豆烧牛肉品质影响的研究[D]. 保定: 河北大学, 2020. [PENG J H. Study on the effect of integrated sterilization stew on the quality of braised beef with potatoes[D]. Baoding: Hebei University, 2020.]
- [12] 陈星, 沈清武, 王燕, 等. 新型腌制技术在肉制品中的研究进展[J]. 食品工业科技, 2020, 41(2): 345–351. [CHEN X, SHEN Q W, WANG Y, et al. Research progress in new curing technology of meat products[J]. Science and Technology of Food Industry, 2020, 41(2): 345–351.]
- [13] DEUMIER F, TRYSTRAM G, COLLIGNAN A, et al. Pulsed vacuum brining of poultry meat: Interpretation of mass transfer mechanisms[J]. Journal of Food Engineering, 2003, 58(1): 85–93.
- [14] 郭昕, 黄峰, 张春江, 等. 静态变压腌制技术对猪肉品质的影响[J]. 中国农业科学, 2015, 48(11): 2229–2240. [GUO X, HUANG F, ZHANG C J, et al. Effects of pressure varied static brining on pork quality[J]. Scientia Agricultura Sinica, 2015, 48(11): 2229–2240.]
- [15] 王兆明, 贺稚非, 李洪军, 等. 真空滚揉腌制对伊拉兔肉品质特性的影响[J]. 食品科学, 2015, 36(17): 54–58. [WANG Z M, HE Z F, LI H J, et al. Effects of vacuum tumbling on quality characteristics of hyla rabbit meat[J]. Food Science, 2015, 36(17): 54–58.]
- [16] SINGH P, YADAV S, PATHERA A K, et al. Effect of vacuum tumbling on sensory quality of marinated chicken products[J]. The Asian Journal of Animal Science, 2018, 13(1): 27–30.
- [17] 李浩. 滚揉腌制工艺对西冷牛肉品质的影响[J]. 肉类工业, 2020(7): 15–22. [LI H. Effect of tumbling and curing technology on the quality of sirloin beef[J]. Meat Industry, 2020(7): 15–22.]
- [18] STEEN L, NEYRINCK E, MEY E D, et al. Impact of raw ham quality and tumbling time on the technological properties of polyphosphate-free cooked ham[J]. Meat Science, 2020, 164(C): 108093.
- [19] ALMA D A R, LUIS M C L, RAUL R V, et al. Ultrasound and meat quality: A review[J]. Ultrasonics Sonochemistry, 2019, 55: 369–382.
- [20] 钟赛意, 王善荣, 刘寿春. 超声波技术在动物性食品中的应用[J]. 肉类研究, 2006(11): 33–37. [ZHONG S Y, WANG S R, LIU S C. Application of ultrasonic technology in animal food[J]. Meat Research, 2006(11): 33–37.]
- [21] ELENA S I, ZHANG Z H, CATHERINE B, et al. Influence of extrinsic operational parameters on salt diffusion during ultrasound assisted meat curing[J]. Ultrasonics, 2018, 83: 164–170.
- [22] CARRILLO L L M, CRUZ G B Y, HUERTA J M, et al. The physicochemical, microbiological, and structural changes in beef are dependent on the ultrasound system, time, and one-side exposition[J]. Molecules, 2022, 27(2): 541–541.
- [23] ESMERALDA P G, ALMA D A R, IVAN G G, et al. Ultrasound as a potential process to tenderize beef: Sensory and technological parameters[J]. Ultrasonics Sonochemistry, 2019, 53: 134–141.
- [24] 黄亚军, 周存六. 超声波技术在肉及肉制品中的应用研究进展[J]. 肉类研究, 2020, 34(5): 91–97. [HUANG Y J, ZHOU C L. Recent progress in application of ultrasound in processing of meat and meat products[J]. Meat Research, 2020, 34(5): 91–97.]
- [25] SHI H B, ZHANG X X, CHEN X, et al. How ultrasound combined with potassium alginate marination tenderizes old chicken breast meat: Possible mechanisms from tissue to protein[J]. Food Chemistry, 2020, 328(C): 127–144.
- [26] OZUNA C, PUIG A, GARCÍA-PÉREZ J V, et al. Influence of high intensity ultrasound application on mass transport, microstructure and textural properties of pork meat (*Longissimus dorsi*) brined at different NaCl concentrations[J]. Journal of Food Engineering, 2013, 119(1): 84–93.
- [27] 冷雪娇. 超高压处理对鸡胸肉腌制效果的研究[D]. 南京: 南京农业大学, 2013. [LENG X J. Study of high pressure brining on the chicken breast[D]. Nanjing: Nanjing Agricultural University, 2013.]
- [28] O'NEILL C M, CRUZ-ROMERO M C, DUFFY G, et al. Improving marinade absorption and shelf life of vacuum packed marinated pork chops through the application of high pressure processing as a hurdle[J]. Food Packaging and Shelf Life, 2019, 21(C): 100350–100350.
- [29] 董士楷, 张志祥, 尚海涛, 等. 腌制类食品的超高压处理研究进展[J]. 安徽农业科学, 2018, 46(10): 14–16, 20. [DONG S K, ZHANG Z X, SHANG H T, et al. Review of the research on the ultra-high pressure treatment of pickled food[J]. Journal of Anhui Agricultural Sciences, 2018, 46(10): 14–16, 20.]
- [30] 陈薪竹, 邓欢, 刘静. 超高压处理对食品风味物质的影响[J]. 产业与科技论坛, 2020, 19(8): 61–62. [CHEN X Z, DENG H, LIU J. Effect of ultra-high pressure treatment on food flavor substances[J]. Industrial & Science Tribune, 2020, 19(8): 61–62.]
- [31] 周秀丽, 董福凯, 查恩辉. 调理牛排腌制液配方的响应面优化及其品质测定[J]. 食品工业科技, 2017, 38(24): 194–200. [ZHOU X L, DONG F K, ZHA E H. Response surface optimization of pickled liquid formulation and quality determination of conditioning steak[J]. Science and Technology of Food Industry, 2017, 38(24): 194–200.]
- [32] 于秋影, 赵宏蕾, 常婧瑶, 等. 新型滚揉技术在肉制品加工中应用的研究进展[J]. 食品科学, 2022, 43(17): 380–388. [YU Q Y, ZHAO H L, CHANG J Y, et al. Research progress on the application of new tumbling technology in meat processing[J]. Food Science, 2022, 43(17): 380–388.]
- [33] 李慧, 张莹, 郭添荣, 等. 滚揉技术在肉制品加工中的应用研究进展[J]. 肉类研究, 2020, 34(2): 99–104. [LI H, ZHANG Y, GUO T R, et al. Recent progress in application of tumbling technology in meat processing[J]. Meat Research, 2020, 34(2): 99–104.]
- [34] NONDORF M J, KIM Y H B. Fresh beef tumbling at different post-mortem times to improve tenderness and proteolytic features of *M. longissimus lumborum*[J]. International Journal of Food Science & Technology, 2022, 57(5): 3021–3030.
- [35] 申晓琳, 张秀凤, 郝修振, 等. 呼吸滚揉技术对牛肉腌制效果的影响[J]. 食品工业, 2015, 36(6): 173–176. [SHEN X L, ZHANG X F, HAO X Z, et al. Effect of breath tumbling on beef

- curing[J]. Food Industry, 2015, 36(6): 173-176.]
- [36] 冯婷, 孙京新, 邢新涛, 等. 超声波辅助滚揉对生鲜鸡肉腌制效果的影响[J]. 食品工业科技, 2014, 35(18): 98-100, 105. [FENG T, SUN J X, XIN X T, et al. Effect of ultrasonic-assisted tumbling on fresh chicken curing[J]. Science and Technology of Food Industry, 2014, 35(18): 98-100, 105.]
- [37] 李鹏, 孙京新, 冯婷, 等. 不同滚揉腌制对鸭肉蛋白及水分分布的影响[J]. 中国食品学报, 2019, 19(10): 157-164. [LI P, SUN J X, FENG T, et al. Effects of different rolling and curing on protein and moisture distribution of duck meat[J]. Journal of Chinese Institute of Food Science and Technology, 2019, 19(10): 157-164.]
- [38] 许美玉, 何丹, 宋洪波, 等. 真空滚揉-超高压制备调理鸡胸肉的工艺优化[J]. 食品与机械, 2020, 36(8): 171-177. [XU M Y, HE D, SONG H B, et al. Optimization of vacuum tumbling combined ultra high-pressure treatment preparation of conditioned chicken breast[J]. Food & Machinery, 2020, 36(8): 171-177.]
- [39] RICARDIN O, GIPSY T M, YAMIRA C B, et al. Effects of high hydrostatic pressure processing and sodium reduction on physicochemical properties, sensory quality, and microbiological shelf life of ready-to-eat chicken breasts[J]. LWT, 2020, 127: 109352.
- [40] 吴丹丹, 何静, 吉日木图. 不同加工方法对驼肉品质的影响[J/OL]. 食品与发酵工业: 1-10. [2022-08-10]. DOI: 10.13995/j.cnki.11-1802/ts.029905. WU D D, HE J, JIRI M T. The effect of different processing methods on the quality of camel meat[J/OL]. Food and Fermentation Industries: 1-10 [2022-08-10]. DOI:10.13995/j.cnki.11-1802/ts.029905.]
- [41] BHAT Z F, MORTON J D, ZHANG X, et al. Sous-vide cooking improves the quality and *in vitro* digestibility of *Semitendinosus* from culled dairy cows[J]. Food Research International, 2020, 127(C): 108708.
- [42] HWANG S I, LEE E J, HONG G P. Effects of temperature and time on the cookery properties of sous-vide processed pork loin[J]. Food Science of Animal Resources, 2019, 39(1): 65-72.
- [43] ORTUÑO J, MATEO L, RODRÍGUEZ-ESTRADA M T, et al. Effects of sous vide vs grilling methods on lamb meat colour and lipid stability during cooking and heated display[J]. Meat Science, 2021, 171(prepublish): 108287-108287.
- [44] 王引兰, 王强. 正交设计法优化真空低温蒸煮鸡胸肉的加工工艺[J]. 江苏调味副食品, 2021(1): 23-25. [WANG Y L, WANG Q. Optimization of processing technology of chicken breast with sous vide cooking by orthogonal design[J]. Jiangsu Condi-ment and Subsidiary Food, 2021(1): 23-25.]
- [45] ZHANG M, CHEN M F, FANG F, et al. Effect of sous vide cooking treatment on the quality, structural properties and flavor profile of duck meat[J]. International Journal of Gastronomy and Food Science, 2022, 29: 100565.
- [46] 韩旭, 彭海川, 白婷, 等. 蒸煮和油炸对鱼肉蛋白质营养和风味的影响[J]. 成都大学学报(自然科学版), 2021, 40(3): 247-255. [HAN X, PENG H C, BAI T, et al. Effect of steaming and frying on fish protein nutrition and flavor[J]. Journal of Chengdu University (Natural Science Edition), 2021, 40(3): 247-255.]
- [47] 袁波, 张佳敏, 刘雅宁, 等. 豆豉兔丁工业化加工工艺研究[J]. 食品科技, 2021, 46(7): 143-149. [YUAN B, ZHANG J M, LIU Y N, et al. Industrialization processing technology of rabbit cubes with fermented black bean[J]. Food Science and Technology, 2021, 46(7): 143-149.]
- [48] 汪正熙, 张佳敏, 王卫, 等. 红烧鹅菜肴工业化的加工工艺[J]. 食品工业, 2021, 42(12): 134-138. [WANG Z X, ZHANG J M, WANG W, et al. Industrialized processing technology of braised goose dishes[J]. Food Industry, 2021, 42(12): 134-138.]
- [49] 刘树萍, 邱雅楠, 张宇晴, 等. 油炸对挂糊里脊肉品质影响的研究[J]. 肉类工业, 2017(8): 27-32. [LIU S P, QIU Y N, ZHANG Y Q, et al. Study on the effect of frying on the quality of pork tenderloin with batter[J]. Meat Industry, 2017(8): 27-32.]
- [50] ZHAO T P, XI J, ZHANG C X, et al. Using *Adinandra nitida* leaf extract to prevent heterocyclic amine formation in fried chicken patties[J]. RSC Advances, 2021, 11(12): 6831-6841.
- [51] CHENG Y Q, YU Y J, WANG C, et al. Inhibitory effect of sugarcane (*Saccharum officinarum* L.) molasses extract on the formation of heterocyclic amines in deep-fried chicken wings[J]. Food Control, 2021, 119: 107490.
- [52] RIZWAN K M, ROSA B, MOHAMMAD A. Blueberry, raspberry, and strawberry extracts reduce the formation of carcinogenic heterocyclic amines in fried camel, beef and chicken meats[J]. Food Control, 2020, 123: 107852.
- [53] LI S N, TANG S H, YAN L G, et al. Effects of microwave heating on physicochemical properties, microstructure and volatile profiles of yak meat[J]. Journal of Applied Animal Research, 2019, 47(1): 262-272.
- [54] 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. [ZHANG K H, ZANG M W, ZHANG Z Q, et al. Effect of reheating methods on volatile flavor constituents and lipid oxidation in cooked pig ear[J]. Food Science, 2018, 39(14): 242-248.]
- [55] 张凯华, 臧明伍, 张哲奇, 等. 微波复热时间对预制猪肉饼过熟味、脂肪氧化和水分分布特性的影响[J]. 食品科学, 2020, 41(9): 50-56. [ZHANG K H, ZANG M W, ZHANG Z Q, et al. Effect of microwave reheating time on warmed-over flavor, lipid oxidation and water distribution in precooked pork patties[J]. Food Science, 2020, 41(9): 50-56.]
- [56] 晔博文, 周星辰, 汪正熙, 等. 微波复热对工业化预调理菜肴酱肉丝品质的影响[J]. 肉类研究, 2021, 35(11): 9-15. [ZAN B W, ZHOU X C, WANG Z X, et al. Effect of microwave reheating on quality of precooked sautéed shredded pork with sweet bean sauce[J]. Meat Research, 2021, 35(11): 9-15.]
- [57] HUANG M S, ZHANG M, BHANDARI B. Recent development in the application of alternative sterilization technologies to prepared dishes: A review[J]. Critical Reviews in Food Science and Nutrition, 2019, 59(7): 1188-1196.
- [58] XIANG L, MOHAMMED F. A review on recent development in non-conventional food sterilization technologies[J]. Journal of Food Engineering, 2016, 182: 33-45.
- [59] 唐彬, 靳苗苗, 张洪翠, 等. 微波处理及其非热效应对麻辣鸡块品质的影响[J]. 食品与发酵工业, 2018, 44(12): 200-207. [TANG B, JIN M M, ZHANG H C, et al. Effects of microwave processing and its non-thermal effect on quality of spicy chicken[J].

Food and Fermentation Industries, 2018, 44(12): 200–207.]

[60] 李新, 汪兰, 吴文锦, 等. 熟制鸭肉超高压杀菌技术初探[J]. 保鲜与加工, 2018, 18(2): 50–54, 60. [LI X, WANG L, WU W J, et al. Exploration of ultra-high pressure sterilization on cooked duck meat[J]. Storage and Process, 2018, 18(2): 50–54, 60.]

[61] 何立超, 马素敏, 李成梁, 等. 辐照处理提高猪肉火腿肠保鲜效果[J]. 农业工程学报, 2016, 32(22): 296–302. [HE L C, MA S M, LI C L, et al. Improving preservative effect of pork ham sausages by irradiation[J]. Transactions of the Chinese Society of Agricultural Engineering, 2016, 32(22): 296–302.]

[62] 赵彤, 禹广聚, 张媛媛, 等. 响应面法优化符离集烧鸡复合生物防腐剂的防腐效果[J]. 食品科技, 2017, 42(7): 238–243. [ZHAO T, YU G J, ZHANG Y Y, et al. Optimization of biopreservatives to improve preservation of Fuliji roast chicken by response surface methodology[J]. Food Science and Technology, 2017, 42(7): 238–243.]

[63] 李蓉, 林海滨. 食品杀菌新技术应用研究进展[J]. 现代食品, 2022, 28(12): 63–67. [LI R, LIN H B. Research progress on application of new food sterilization technology[J]. Modern Food, 2022, 28(12): 63–67.]

[64] 姚涛, 沈韞韬, 徐琰, 等. 辐照技术在猪肉加工制品中的应用[J]. 肉类工业, 2021(1): 44–46. YAO T, SHEN Y T, XU Y, et al. Application of irradiation technology in pork processed products[J]. 肉类工业, 2021(1): 44–46.]

[65] XI F, JO C, NAM K C, et al. Impact of electron-beam irradiation on the quality characteristics of raw ground beef[J]. Innovative Food Science and Emerging Technologies, 2019, 54: 87–92.]

[66] 何苗, 陈洁, 曾茂茂, 等. 高温杀菌对福建风味鸭风味的影响[J]. 食品与机械, 2014, 30(3): 29–34. [HE M, CHEN J, ZENG M M, et al. Effect of high temperature sterilization on volatiles in Fujian flavor duck[J]. Food & Machinery, 2014, 30(3): 29–34.]

[67] 赵志平, 张钰麟, 康馨樾, 等. 防腐剂对常温贮藏冷吃兔中兔肉品质的影响[J]. 中国调味品, 2021, 46(12): 27–30. [ZHAO Z P, ZHANG Y L, KANG X Y, et al. Effect of preservatives on the quality of spicy rabbit meat stored at normal temperature[J]. China

Condiment, 2021, 46(12): 27–30.]

[68] 宋慧, 陈学红, 马利华, 等. Nisin、姜油协同高氧气调包装熟肉保鲜效果的研究[J]. 食品科技, 2012, 37(7): 131–135. [SONG H, CHEN X H, MA L H, et al. Preservation of Nisin, ginger oil combined with high oxygen modified atmosphere packaging in pork products[J]. Food Science and Technology, 2012, 37(7): 131–135.]

[69] PIZATO S, CORTEZ-VEGA W R, GIOMBELLI A, et al. Effect of storage temperature at 7 °C on the physical-chemical and microbiological quality of industrialized cooked chicken breast meat[J]. Acta Scientiarum: Technology, 2014, 36(2): 355–360.]

[70] ANNA M A. Effect of refrigerated storage on quality of chicken meat balls[J]. Asian Journal of Dairying & Foods Research, 2014, 33(1): 48–51.]

[71] SEMENEH S, AMMARA A, KIM B J, et al. Ethanolic extract of moringa stenopetala leaves enhances the quality characteristics and shelf-life of vacuum-packed pork patty during refrigeration storage[J]. Preventive Nutrition and Food Science, 2021, 26(3): 357–365.]

[72] 程伟伟, 夏列, 蒋爱民, 等. 不同冷冻方式对调理猪肉贮藏期品质影响的对比研究[J]. 食品工业科技, 2015, 36(8): 333–339.]

[CHENG W W, XIA L, JIANG A M, et al. A comparative study of quality of different freezing methods prepared pork during the storage period[J]. Science and Technology of Food Industry, 2015, 36(8): 333–339.]

[73] 王心诗, 刘琨, 王启宇, 等. 速冻调理猪肉丝抗冻保水配方优化[J]. 食品工业, 2021, 42(9): 120–124. [WANG X S, LIU K, WANG Q Y, et al. Optimization of antifreeze and water retention formula of quick-frozen prepared pork shreds[J]. Food Industry, 2021, 42(9): 120–124.]

[74] 许波, 张丽云. 我国调理食品冷链配送技术应用现状与展望[J]. 物流科技, 2020, 43(9): 155–157. [XU B, ZHANG L Y. The application status and prospects of cold chain distribution technology on prepared food in china[J]. Logistics Sci-Tech, 2020, 43(9): 155–157.]