

肉类预制菜全产业链质量安全控制技术研究进展

郭双霜¹, 朱 春¹, 刘海璐¹, 刘旖旎¹, 葛 焱^{2,3,*}

(1.南京工业大学浦江学院国际酒店与饮食文化学院, 江苏 南京 211200; 2.南京农业大学科学研究院, 江苏 南京 210095;
3.南京农业大学工学院, 江苏 南京 210095)

摘 要: 随着人们饮食习惯的改变和生活节奏的加快, 预制菜近几年发展迅速。人们对饮食营养、安全、卫生与方便提出了更高的要求。预制菜产业在生产许可、加工、流通、消费等环节均存在食品安全风险。我国是肉类生产和消费的第一大国, 如何将传统肉制品工业化以支撑肉类工业化的发展, 未来预制菜将成为肉类产业发展的重要方向。本文综述了肉类预制菜原料的加工特性、加工关键技术与质量控制技术, 以肉类原料的加工特性为基础, 着眼于肉类预制菜加工预处理、熟化、杀菌、包装、复热等关键技术, 总结原料在采收、加工及冷链运输过程中的质量控制技术, 分析肉类预制菜的发展现状与趋势, 为肉类预制菜的发展提供理论参考。

关键词: 肉; 预制菜; 质量安全; 冷链; 复热

Research Progress on Quality and Safety Control Technologies for the Whole Industry Chain of Precooked Meat Dishes

GUO Shuangshuang¹, ZHU Chun¹, LIU Hailu¹, LIU Yini¹, GE Yan^{2,3,*}

(1. College of International Hospitality & Dietary Culture, Pujiang Institute, Nanjing Tech University, Nanjing 211200, China;
2. The Academy of Science, Nanjing Agricultural University, Nanjing 210095, China;
3. College of Engineering, Nanjing Agricultural University, Nanjing 210095, China)

Abstract: As people's eating habits change and the rhythm of life accelerates, prepared dishes have developed rapidly in recent years. Consumers have raised higher requirements for the nutrition, safety, hygiene and convenience of diets. Many food safety risks occur in the industry chain of prepared dishes. Industrializing traditional meat products will support meat industrialization in China, the world's biggest producer and consumer of meat, and prepared dishes will become an important direction for the future development of the meat industry. This paper reviews the processing characteristics of and the key processing and quality control techniques for precooked meat dishes, focusing on the key technologies in the meat preprocessing, cooking, sterilization, packaging and reheating steps. In addition, the quality control techniques for the harvesting, processing and cold chain transportation of raw materials are summarized and the current status and future trends of precooked meat dishes are analyzed. Hopefully, this review will provide a theoretical basis for the development of precooked meat dishes.

Keywords: meat; precooked dishes; quality and safety; cold chain; reheating

DOI:10.7506/rlyj1001-8123-20231130-107

中图分类号: TS251.5

文献标志码: A

文章编号: 1001-8123 (2023) 12-0061-08

引文格式:

郭双霜, 朱春, 刘海璐, 等. 肉类预制菜全产业链质量安全控制技术研究进展[J]. 肉类研究, 2023, 37(12): 61-68.

DOI:10.7506/rlyj1001-8123-20231130-107. <http://www.rlyj.net.cn>

GUO Shuangshuang, ZHU Chun, LIU Hailu, et al. Research progress on quality and safety control technologies for the whole industry chain of precooked meat dishes[J]. Meat Research, 2023, 37(12): 61-68. (in Chinese with English abstract)

DOI:10.7506/rlyj1001-8123-20231130-107. <http://www.rlyj.net.cn>

收稿日期: 2023-11-30

基金项目: 2022年南京工业大学浦江学院校级课题 (njpj2022-1-13);

2023年度南京工业大学浦江学院科研创新团队项目 (NJPJ20230304)

第一作者简介: 郭双霜 (1986—) (ORCID: 0000-0001-8194-3411), 女, 讲师, 博士, 研究方向为农产品加工及贮藏。

E-mail: gssunny@126.com

*通信作者简介: 葛焱 (1987—) (ORCID: 0009-0003-4732-3181), 男, 副研究员, 硕士, 研究方向为农业大数据与农产品加工及品质控制。E-mail: geyanboxing@hotmail.com

预制菜是以一种或多种可食用资源或其制品为主要原料,配以调味料等辅料,经预加工(如分切、搅拌、腌制、滚揉、成型、调味等)和/或预烹调处理(如炒、炸、煮、蒸等),采用工业化、规模化生产和包装,可在冷链或常温环境进行贮存、运输及销售的具有一定的保质期的半成品或成品^[1-4]。近年来,随着经济消费升级,冷链技术的逐步发展,人们消费习惯的改变,预制菜迎来利好的消费环境。预制菜可按照加工程度划分,大致分为净菜、半成品菜、成品菜;按照消费端再加工方式划分,分为即食、即热、即烹、即配预制菜^[5];按照原料划分,分为果蔬产品、水产品、禽畜产品^[6];按照贮存温度划分,分为常温型(25℃)、冷藏型(0~4℃)及冷冻型($\leq -18^{\circ}\text{C}$)预制菜^[7]。

预制菜产业链包括生产许可、加工、流通、销售等环节,由于相关标准、法律法规不完善,监管力度不足,这些环节均存在食品安全风险。预制菜生产环节包括洗涤、加工、配制、修饰、烹饪等,预制菜的质量安全受多方面因素的影响:1)预制菜原料选择,很多厂家忽视原料的质量和安全性,使用低质、劣质或不合格的原料^[8];2)预制菜预处理,生产商不重视质量卫生、设备落后老旧、操作过程中未按照规范和质量标准进行严格操作和检测,出现清洗不干净、生熟不分^[9]。另外,肉类原料往往腥味重、营养丰富,容易受微生物污染。不同肉类原料脱腥、解冻、嫩化方式不同,其品质差异明显;3)肉类预制菜加工工艺,目前研究主要集中在绿色、节能、智能化肉制品生产上,针对传统酱卤、风干、腌腊和熏烤肉制品品质保持、风味分析、危害物控制和自动化设备应用等关键技术研究^[9],但研究尚处在探索与突破阶段;4)预制菜杀菌技术,热杀菌能有效控制食源性致病菌,但同时也会造成营养成分和风味的损失^[10]。部分企业为追求良好的风味和口感,采用较低强度的热杀菌或不经过热杀菌,导致致病菌、寄生虫杀灭不彻底,在后续流通和消费环节将导致食品安全隐患。选择适合的杀菌技术对预制菜风味品质的保持,促进预制菜发展十分重要^[11]。非热杀菌技术对于肉制品的营养、色泽等品质保持具有一定优势;5)预制菜包装,存在包装材料不安全、过度包装、包装方式不符合绿色环保要求等问题,合适的包装方式对保持和维护预制菜品质十分重要;6)滥用添加剂现象屡见不鲜。艾媒咨询2023年有关预制菜食品安全问题数据显示,68.55%的消费者对于非法添加剂的使用表示担忧^[12]。

保鲜是预制菜流通环节的重要一环。不当的贮存方式,如贮存过程中,容器、设备不卫生,未分门别类放置,贮藏温度、湿度不当,会一定程度影响预制菜食品的安全。由于食材种类不同,预制菜在加工运输过程中贮存条件也不同。为保证产品新鲜,减少营养成分流

失,预制菜需要低温贮藏和冷链运输。由于冷链物流成本相对较高,大部分预制菜企业一般采用价格较低的普通设备贮藏和运输,导致预制菜新鲜度降低,造成食品安全风险。

在预制菜销售环节,部分预制菜企业缺乏法律意识,导致食品标识信息不透明,或故意模糊标识信息,存在标识不齐全、标签不符合实际情况、虚假宣传等现象^[13]。消费者也会因贮藏温度、时间以及复热方式不当,导致食品安全问题。

肉品在预制菜中占比较重。肉类加工、贮藏、流通环节中汁液流失、褐变、质构劣化等,劣质肉发生率高达8%~10%,年损失约760万t,超过我国牛肉的年产量。因此,我国传统食品工业化和现代化是一项具有战略意义的伟大工程。本文从肉类预制菜原料的加工特性出发,综述肉类预制菜产业链中的质量安全控制技术,包括生产环节的原料的预处理、熟化技术、杀菌技术、包装技术,预制菜流通环节的冷链运输以及消费环节的复热等质量安全问题,以期对肉类预制菜产业的发展提供理论支持。

1 肉类预制菜原料的加工特性

原料肉是指胴体中可食部分,由肌肉组织、结缔组织、脂肪组织、骨骼组织四大部分构成。根据动物的种类、品种、年龄及营养状况等不同,原料肉组织的性质也不同,直接影响肉制品品质、加工用途和商业价值,因此,在实际加工过程中应根据需要进行原料选择和工艺设计。肉制品的加工特性包括质构、风味、多汁性、保水性、凝胶性、蒸煮损失、热稳定性等。不同部位、性别及状态的原料肉对肉制品品质有显著影响^[14]。前腿肉颜色较深较红,保水性和嫩度较好。肌肉脂肪含量影响肌肉的嫩度、多汁性和肉制品的风味,但加热易出油,不易控制。Mena等^[15]发现牛肉丸的硬度随脂肪含量增加(5%~20%)逐渐降低。肌肉脂肪含量与肌肉失水率成正比,而与滴水损失成反比^[16]。冷却肉比热鲜肉水分含量高,脂肪和蛋白质含量比热鲜肉低,嫩度比热鲜肉好,是加工生鲜肉和灌肠、烤肉、盐水火腿等肉制品的优良原料,但保水性相对较差。冷冻肉由于水分流失,使脂肪和蛋白质含量相对升高。

基于原料肉复杂的加工特性和易腐性,需要加大对肉类预制菜加工特性、品质、营养、口味复原、保鲜的研究,将传统手工艺与现代食品工艺结合,开发预制菜高新技术,研发智能装备,重点开展新型熟化、杀菌、包装方式,开展品质保持、风味分析、口味复原、危害物控制等研究。

2 肉类预制菜加工关键技术

2.1 原料预处理技术

肉制品种类繁多,如家禽、水产、猪、牛、羊等,原料、预处理方式不同,肉制品的品质也会有差异。预处理主要包括解冻、清洗、去杂、切片、脱腥、嫩化等。

2.1.1 解冻技术

冷冻速率与肉品色泽、保水性、组织结构等品质参数密切相关。不同解冻方式也会影响畜禽肉、水产品品质。解冻过程中原料肉蛋白质结构被破坏,脂肪、蛋白质易氧化,表现为保水性、嫩度、感官、汁液流失、丙二醛、羰基含量等变化。一般解冻方式有室温解冻、低温解冻、流水解冻、微波解冻、超声解冻、脉冲磁场辅助解冻等,不同解冻方式对原料肉品质影响不同。张艳妮等^[17]发现低温解冻(4℃)对鸡胸肉嫩度、解冻损失、弹性、咀嚼性优于流水解冻(10℃)、静水解冻(15℃)、微波解冻和常温解冻(20℃)。王建军等^[18]发现流水解冻鸡胸肉色泽、嫩度和保水性优于超声解冻。张馨月^[19]利用微波、超声解冻白切鸡,结果显示丙二醛含量低于室温和静水解冻,解冻时间缩短、口感明显改善,风味物质损失少,但汁液流失较多。刁华玉等^[20]研究4种解冻方式对冷冻南极磷虾肉品质的影响,结果表明,超声解冻时间最短、低温解冻时间最长;低温解冻保水性较好,内部水分结构完整,鲜味氨基酸含量高;低温解冻和静水解冻的虾肉品质最好,超声解冻和空气解冻的虾肉品质较差。综上所述,超声解冻可提高解冻速率,改善脂肪氧化和口感,低温和超声解冻能较好地保持肉制品的品质,低温和静水解冻损失小。近年来,新型物理场辅助解冻技术逐渐取代传统的空气解冻和水解冻,如静电场解冻、射频解冻、磁场解冻、微波解冻、超声波解冻等。

2.1.2 脱腥技术

肉类原料大多带有腥味,严重制约肉类预制菜发展。除腥技术通常有物理法、化学法、生物法和复合法等。

物理法包括掩蔽法、吸附法、包埋法、盐溶法等。掩蔽法主要利用植物产生的天然成分去掩盖水产品本身的腥味,如腌制是利用葱、姜、蒜及八角产生的姜醇、姜酚、葱蒜辣素、川辣素、茴香醇掩盖或减弱腥味物质的气味。此外,可利用天然植物提取物浸泡进行脱腥,植物中所含的黄酮类、萜类、酚类、有机酸以及儿茶素等物质,具有钝化酶、抗氧化、抗菌、抑制脂肪氧化和改善食品风味等功能,还能吸附具有不愉快气味的鱼腥味^[21-23]。荸荠富含多酚、多糖、黄酮等多种活性成分,荸荠粉对鲫鱼肉脱腥效果好,且赋予鱼肉淡淡的荸荠香味^[24]。研究发现红茶、生姜、紫苏联合脱腥对紫菜

鳕鱼脱腥效果比较好^[25]。吸附法主要是利用多孔性的固体吸附剂(焦炭、活性炭、大孔吸附树脂)将流经一种或多种组分吸附并积累与表面而形成的吸附作用^[26]。盛洁等^[27]通过大孔树脂吸附处理淡水鱼酶解物,能够显著降低不良风味物质的含量。包埋法是通过包埋剂将小分子挥发性腥味物质包络,从而去除异味。 β -环糊精的内腔疏水、外缘亲水,是良好的包埋材料,可将有机化合物嵌入其疏水性空洞内,具有良好的脱腥效果^[28]。盐溶法是利用盐析和晶体渗透作用,抑制某些微生物,从而减少胺类物质的生成。刘子琪^[29]利用食盐对牛肝进行脱腥,随添加量增加,牛肝腥味值呈先减小后增加的趋势,当添加量为1.0%时脱腥效果最好。可能由于食盐抑制内部酶活性,导致软化分解牛肝,过早进入自溶阶段,脱腥效果差^[30]。

化学法包括酸碱盐处理法、抗氧化剂法、美拉德反应法、臭氧脱腥法等。酸处理法中有机酸不但能溶解萃取水产品的腥味物质,而且能杀菌和消除组胺,酸处理后的鱼肉腥味得到改善^[31]。但化学法易造成化学残留,导致安全问题。因此,纯天然脱腥法越来越受到关注。美拉德反应产物能够掩盖水产品的腥味,赋予水产品焦香味和鲜味,如吡咯类、呋喃类和噁唑类等气味物质;但美拉德反应中游离氨基酸、还原糖、蛋白质分子肽等会发生变化,对营养成分影响较大。臭氧具有氧化和杀菌的作用,臭氧脱腥法对色泽和质构有所损害,但营养物质基本不被破坏^[32]。

生物法指利用微生物发酵技术将腥味物质转化为无腥味的大分子物质,同时产生甜香等特殊香味。高糖型高活性干酵母发酵对黄鲈鱼卵脱腥,发酵后鱼卵甜味和鲜味氨基酸含量增加,挥发性化合物种类和含量均增加,腥味物质相对含量降低,酵母发酵能够改善鱼卵的风味,增加玫瑰香味、甜味和肉香味^[33]。黄忠白等^[34]利用植物乳植杆菌发酵金枪鱼肉来改善其风味。Pan Jinfeng^[35]、温莉娟^[36]等采用酵母浸出物对虎河豚皮胶脱腥,其效果明显。

2.1.3 嫩化技术

传统物理嫩化技术主要有滚揉、超高压和超声波等,肉制品的嫩化主要经过滚揉和超高压的机械作用或促进钙蛋白酶作用;但滚揉的同时原材料结缔组织损伤,影响产品外观。超高压在改善肉品嫩度、延长货架期方面应用广泛^[37]。超声波作用能改变蛋白质的分子结构,增加组织蛋白酶和钙的释放,提高肉制品嫩度,研究表明超声波腌制显著提高酱牛肉的嫩度^[38]。此外,McDonnell等^[39]研究表明超声波的空化作用可以破坏肌肉组织,空化作用随着超声频率的升高而增强,在腌制液中对肌肉组织的破坏作用增强,有利于腌制剂向肌肉内渗透,同时也能促进亚硝酸盐与肌红蛋白结合。

传统化学嫩化技术主要有钠盐、钙盐和磷酸盐等。化学嫩化剂不仅能破坏分子间作用力,降解结缔组织蛋白质和肌原纤维,还能改变蛋白质的溶解度,提高产品的保水能力。磷酸盐类主要有焦磷酸钠、三聚磷酸钠、六偏磷酸钠等。王希搏等^[40]采用2%复合磷酸盐浸渍牛蛙腿肉14 h,感官和质构品质均得到提升。

生物嫩化剂主要有动物蛋白酶和植物蛋白酶。蛋白酶作用破坏了肉制品中肌原纤维蛋白、胶原蛋白和肌动球蛋白的空间结构,使肉制品嫩化。常用的植物蛋白酶包括菠萝蛋白酶、木瓜蛋白酶和无花果蛋白酶。蛋白酶与超声波复合的嫩化效果显著高于单一方法嫩化。研究发现,超声波能增强蛋白酶的活性,主要通过改变细胞代谢或改善溶剂和底物的传质,使蛋白酶与底物充分接触^[41]。超声波辅助复合酶处理冬菜扣肉,冬菜扣肉的加工品质和营养价值显著提高,剪切力下降,蛋白质消化率增大,游离氨基酸含量增加,挥发性风味物质种类增多^[42]。利用超声波的空化作用,结合游离半胱氨酸对木瓜蛋白酶的激活和保护作用,促进牛肉肌原纤维小片化,肌原纤维蛋白水解,肌动蛋白含量降低,改善冷鲜牛肉的嫩度^[43]。

2.2 生产环节的质量控制技术

由于预制菜灭菌和复热工序都需要加热,所以产品前期的制作工艺会对后期贮藏、复热过程中产品质构、风味、营养价值产生影响,因此需要选择适宜的加工工艺。熟肉预制菜加工过程中为促进肉制品的熟制与入味,需要长时间加热,导致肉质老化、蒸煮损失严重等,往往难以控制其口感和嫩度。在加工过程中,添加一些多糖类、蛋白类、油脂类、盐类成分以及采用一些加工技术,如高压处理^[44]、高强度超声波^[45]、脉冲电场^[46]、酸碱处理^[47]、非酶糖基化处理^[48]、谷氨酰胺转氨酶酶促糖基化处理^[49],能够改善肉制品的加工特性,促进盐分和香辛料的渗透和扩散,提高肉的嫩度,加速肉制品的熟制,减少蒸煮损失,促进蛋白质磷酸化,能够很大程度影响肉品品质,包括嫩度、保水性。添加碱性氨基酸可以改善肉的风味、质构及保水性^[50-51]。

2.2.1 熟化技术

2.2.1.1 真空低温烹调

真空低温慢煮是将肉原料置于真空袋中精确控制煮制时间并使其熟化,进而起到传统加工灭菌、灭酶的效果^[52]。真空低温烹调营养成分损失最少,色泽、嫩度及感官品质最佳。真空低温慢煮烹饪时间-温度的组合对肉制品的品质有着重要作用。谭青玲等^[53]采用70℃-105 min的真空低温慢煮烹饪条件卤制鸭肉,鸭肉品质最好。油炸是肉类预制菜常用的加工手段,油炸制品香酥可口的口感深受消费者喜爱,但常压油炸温度高,易引起脂肪、蛋白质、碳水化合物物理和化学性质

变化,甚至产生有毒物质。真空低温油炸相比于常压油炸,其营养损失小,油脂含量降低,油炸品质得到提升。目前已在水产品、禽肉预制菜中广泛应用,如油炸小龙虾、油炸带鱼、油炸小黄鱼、油炸鱼糜脆片、油炸鱼排、甜皮鸭等。

2.2.1.2 超声波辅助加热技术

超声波的空化效应和机械作用能改变肌纤维微观结构,从而改善肉及肉制品的嫩度、色泽、保水性等。龙锦鹏等^[54]研究发现在超声频率35.3 kHz、功率147 W、时间99.9 min条件下小酥肉嫩度增加且食用品质最佳。此外,超声波辅助加热还广泛应用于卤牛肉、汤类预制菜熬制。

2.2.1.3 微波辅助加热技术

微波根据频率不同,分为变频和非变频,非变频输出功率是固定的,变频可以控制频率大小,使食物处于连续的加热状态。罗嫚^[55]比较了不变频和变频微波加热猪里脊肉,发现变频功率500 W,温度75℃处理7~9 min,猪里脊肉口感和营养最佳。微波加热时间短,肉中肌原纤维迅速聚集、缩短,肉的硬度提高^[56]。与其他加热方式相比,在相同加热温度下,微波加热处理肉的质地和微观结构更佳;但是微波射频处理存在加热不均匀,对于物料性质复杂的食品处理效果较差^[57]。蒸制能提高加热的均匀性,蒸制处理肉嫩度好,因此在一定程度上与微波加热互补,并保持肉表面的湿度,改善产品的感官品质。

我国虽然中央厨房建设起步晚,但市场规模正在迅速发展。开发预调理装备,鱼去鳞、去内脏的设备。开发基于新型人员的智能化炒制技术与装备,提高炒菜的品质和效率。预制菜采用真空低温的加工设备可以提高菜品的品质。研制基于低频静电场技术的智能化炖炸技术与装备,提升炸制品品质,在挂糊上浆设备、连续式油炸装置上增加一个低频静电场,可使油温降低20℃,降低油脂氧化。开发基于过热蒸汽技术的智能化蒸烤技术与装备,提升蒸烤水平,解决热烘法烘制导致的外焦里生的情况。中式自动化中央厨房成套装备的研发,达到食品加工过程中的标准化、机械化、自动化和连续化。

2.2.2 杀菌技术

预制菜在原料采收、生产加工、包装、运输贮藏等过程中均有受到微生物污染的可能。预制菜经过预调理后口感、风味达到最佳,如果再进行热杀菌处理,常常会影响营养、食用、风味品质,而非热杀菌技术因其低温、高效、保留营养成分等优点在提升预制菜质量与品质方面具有一定优势。非热杀菌技术有脉冲强光、辐照、超高压、高压脉冲电场、超声波杀菌等。

脉冲强光杀菌技术利用脉冲强光闪烁的白光,使惰性气体灯产生比太阳光谱强度更强的紫外线至红外线区

域光,直接照射目标表面,从而实现杀菌目的^[58]。脉冲强光通过破坏细胞结构,使细胞壁和细胞质膜受损,对细菌和真菌都有较强的杀菌作用。脉冲强光还引起RNA和病毒蛋白降解,使病毒失活。

辐照是一种低温、节能、高效,且适合熟食肉类、冷冻包装畜禽肉的食品加工技术。⁶⁰Co γ 射线辐照能穿透食品包装达到减菌、灭菌的效果,是一种广谱、高效冷杀菌技术。经过辐照处理,肉制品的鲜味核苷酸含量增加,如黄嘌呤核苷酸和鸟嘌呤核苷酸^[59]。黄晓霞等^[60]采用 γ 射线辐照对烟熏鸡胸肉品质、风味和感官特性的影响。结果表明,3 kGy以上的辐照剂量对熏鸡胸肉有较好的杀菌效果,同时对熏鸡胸肉的整体品质也有显著影响。辐照可增加游离水和结合水的不稳定性,并显著增加肌纤维间隙和汁液流失。此外,辐照还促进游离脂肪酸和呈味核苷酸的降解,有效地提高鲜味氨基酸的含量,降低苦味和甜味氨基酸的含量。挥发物的种类和相对含量,特别是醛类、醇类、芳香烃类和酚类化合物在辐照后也发生了变化,而酒石酸、丙酮酸和苹果酸的含量则有所下降^[61]。研究发现不同辐照方式(γ 射线、电子束和X射线)和剂量水平处理熟牛肉饼和猪肉香肠后,煮熟的牛肉饼和猪肉香肠的pH值不受辐射源或剂量的影响,也有效地减少2种食品中的需氧细菌总数,但加速了肉的脂肪氧化。因此,大多数预制菜品在烹调后的营养成分较稳定,不易受到辐解自由基氧簇的干扰,很难受到辐照的影响。但不同的辐照来源对加工肉制品的品质属性也有不同的影响,对于色泽敏感和脂肪含量较高的肉类食品会受到自由基氧簇环境的劣变影响,在辐照后的贮藏期间里无法像辐照异味那样复原,从而会影响消费者的感官体验。

超高压一般是指压强超过100 MPa。在超高压条件下,酶失活、细胞膜破裂、菌体内成分溢出,微生物菌体破坏而死亡。蛋白质构象和分子间/分子内相互作用破坏,蛋白质结构变化和功能修饰,如蛋白质增溶、聚集、变性、凝胶化或解聚^[62],从而改善肉制品的质地和保水性,被广泛应用于食品加工中。Wang Jianyi等^[63]发现低于300 MPa超高压处理能够增强肌球蛋白凝胶的保水性能和结构性能。胡小军等^[64]探究不同压力对虾滑品质特性的影响发现,采用200 MPa超高压处理虾滑,虾滑的蒸煮得率和质构明显改善。Kaur等^[65]也发现采用适当的压力和保压时间能有效改善虾的质地和色泽,杀灭微生物。Liu Qiaoyu等^[66]用超高压处理海产品香肠,发现超高压能够改变蛋白质构象,改善产品的凝胶强度、持水性和咀嚼性。

2.2.3 新型多功能包装技术

预制菜的包装技术主要包括真空包装、气调包装、抗菌包装、纳米保鲜、智能包装、等离子体保鲜技术

等。在预制菜加工中,保鲜是重点和难点,目前采用较多的是锡箔纸和铝钛箔保鲜技术。锡箔纸保鲜可直接接触、密封性更强、导热更快,保鲜铝钛箔能最大化隔离光、空气、水分和细菌,有效防止食物受潮、氧化、变质。乙烯分解材料、抗菌缓释材料、防凝水抗菌材料对延缓果实成熟衰老、减少腐烂、防止结露有较好效果。气调包装能根据肉类预制菜的腐败特点和生理特性,通过不同气体组成,延缓肉制品的氧化反应速率和酶促反应的速率,调节肉类代谢^[1]。抗菌包装是将抗菌成分加入到包装材料中,从而达到抑制微生物生长,保持食品品质的目的。抗菌物质分为天然、无机和有机物质,如动植物、微生物中提取的天然抗菌剂,多种有机酸类、酚类等有机抗菌剂。可食性膜保鲜也是抗菌包装的一种,是在蛋白质、多糖、脂类等成膜基质中添加抗菌剂、抗氧化剂等浸渍、喷洒、涂布于食物表面,从而起到保鲜、防腐的作用。金属纳米粒子复合膜具有抗菌、抗氧化、高阻隔性等特点,有助于食品保鲜^[67],如Ag、ZnO、MgO、TiO₂等粒子。南京农业大学研发的低温等离子体杀菌保鲜包装技术,指包装内的气体在高压电场下会产生光电子、离子和自由基,通过与微生物接触破坏其细胞结构,30 s即可完成杀菌。智能包装技术是将智能化仪器安置在包装中,或将机械、生物、电子、化学传感器以及网络技术等科技融入包装材料中,从而密切观测食品的风味品质的变化。目前,智能包装技术常见的有时间-温度型、气体指示型和新鲜度指示型3种。

2.3 流通环节的质量控制技术

在供应端的运输过程中,冷链物流是预制菜行业发展的基础和支撑。消费者网上购买的预制菜普遍采用降温冰袋进行运输;但在运输过程中随着环境条件的变化或运输时间较长,降温冰袋常在运输途中融化,环境温度超过所需的冷藏温度,导致微生物加速繁殖^[68]。预制菜对新鲜度要求很高,与发达国家相比,我国冷链市场尚未成熟,冷链流通率低、产品腐损率高。冷链物流的供应链是温控供应链,也是预制菜的难点所在。若缺乏先进的仓储物流体系及冷链运输技术支撑,在运输过程中食材新鲜度损耗大,将直接影响预制菜的销售范围。冷链运输需要温控装备、智能信息、品质保障以及供应链管理。由于传统的冷链运输信息化监管中存在数据不透明、可追溯性差等问题,物联网和区块链技术能较好地解决这些问题,实现冷链运输的实时性、透明化数据监管。

2.4 消费环节的质量控制技术

预制菜在食用前,往往需要复热,微波、蒸汽、水煮、烘烤是消费者常用的复热方式,并且广泛应用于餐

饮业和食品服务行业中肉类预制菜加热^[69]。复热方式一定程度上会影响预制菜的物化特性、风味、感官等品质。

微波复热具有复热快、绿色环保等优点，在预制菜复热中应用广泛。研究表明，微波复热是预制烤鱼、预制咸烧白、红烧肉、汤类预制菜、家禽预制菜适宜的加热方式^[70-73]。合理调整微波火力并分配每段火力，复热效果更佳^[74]；但微波复热对糖醋排骨损害最大^[75]。蒸汽复热能进一步使肉质变得酥烂，是一种绿色、安全、环保、效率高的加热方式。适合卤煮型预制菜加热，如蒸鸡、盐水鸭、肉丸加热。烘烤复热是对半成品、冷冻调理品重新熟化的过程，如鱼排、鸡排、红烧鸭、烤鸡、火腿肠加热。通过烘烤加热，肉制品口感、香气、色泽、水分含量等品质产生变化，且复热温度过高、时间过长，会产生有害物质和不良风味。

3 结 语

预制菜的新鲜度、食材及味道，加工过程是否合规，有无滥用添加剂，是否冷链是消费者较关心的问题。目前，预制菜同质化严重、保真性不足、营养品质问题，以及加工技术落后、生产效率低、生产装备欠缺，这些“卡脖子”关键技术问题普遍存在。规模化、现代化是预制菜产业发展的方向，借助现代科技提升、改造预制菜的制作工艺，特别是在中式预制菜营养风味保持、保鲜、口味复原、危害因子控制、智能装备开发上充分发挥现代食品工业加工技术，实现从传统的人工操作到智能控制方向发展。

参考文献：

- [1] 周恩弛, 张春红, 李丹, 等. 预制菜包装技术的研究及展望[J]. 包装工程, 2023, 44(23): 142-147. DOI:10.19554/j.cnki.1001-3563.2023.23.017.
- [2] 王静香, 张忠明, 李纪岳, 等. 我国预制菜产业发展特点与趋势预判[J]. 粮油食品科技, 2024, 32(1): 1-9. DOI:10.16210/j.cnki.1007-7561.2024.01.025.
- [3] 张德权, 刘欢, 孙祥祥, 等. 预制菜肴工业化加工技术现状与趋势分析[J]. 中国食品报, 2022, 22(10): 39-47. DOI:10.16429/j.1009-7848.2022.10.005.
- [4] 中国烹饪协会. 预制菜: T/CCA 024—2022[S]. 北京: 中国烹饪协会, 2022: 2-5.
- [5] 赵超凡, 陈树俊, 李文兵, 等. 预制菜产业发展问题分析[J]. 现代食品科技, 2023, 39(2): 104-109. DOI:10.13982/j.mfst.1673-9078.2023.2.1476.
- [6] 刘杰, 盛后财, 翟玮玮, 等. 江苏淮安预制菜产业发展现状、面临的问题及对策建议[J]. 食品安全导刊, 2023(36): 183-186; 192. DOI:10.16043/j.cnki.cfs.2023.36.045.
- [7] 李冬梅, 张雪迪, 毕景然, 等. 中式预制菜肴产业的传承与创新[J]. 中国食品学报, 2022, 22(10): 1-8. DOI:10.16429/j.1009-7848.2022.10.001.
- [8] 马明思. 浅谈高校食堂食材采购中的食品安全控制[J]. 食品安全导刊, 2022(14): 42-44. DOI:10.16043/j.cnki.cfs.2022.14.020.
- [9] 邵栋梁. 塑料食品包装材料的卫生安全性分析[J]. 包装与食品机械, 2010, 28(1): 51-54; 58.
- [10] 陈璇, 项君涵, 肖珊, 等. 低温流通肉类预制菜的品质影响因素与控制技术研究进展[J]. 食品安全质量检测学报, 2024, 15(3): 100-109. DOI:10.19812/j.cnki.jfsq.11-5956/ts.2024.03.005.
- [11] 金柯男, 朱广潮, 程代, 等. 肉类预制菜的安全与控制研究进展[J]. 现代食品科技, 2023, 39(2): 110-118. DOI:10.13982/j.mfst.1673-9078.2023.2.1635.
- [12] 艾媒咨询. 中国预制菜食品安全消费者认知调查大数据[EB/OL]. <https://www.jufair.com/information/84165.html>. 2023-09-28.
- [13] 薛庆元. 预制菜投诉多 演唱会退票难[N]. 中国消费者报, 2024-01-09(001). DOI:10.28867/n.cnki.nxfzb.2024.000062.
- [14] 张远. 原料肉特性对肉制品品质的影响[D]. 郑州: 河南农业大学, 2014: 28-40.
- [15] MENA B, FANG Z X, ASHMAN H, et al. Influence of cooking method, fat content and food additives on physicochemical and nutritional properties of beef meatballs fortified with sugarcane fiber[J]. International Journal of Food Science and Technology, 2020, 55(6): 2381-2390. DOI:10.1111/ijfs.14482.
- [16] 谭林, 姜海龙. 肌肉脂肪含量与猪肉品质的相关性分析[J]. 饲料博览, 2010(12): 11-13. DOI:10.3969/j.issn.1001-0084.2010.12.004.
- [17] 张艳妮, 刘婷, 张雯雯, 等. 不同解冻方式对鸡胸肉物理品质的影响[J]. 食品研究与开发, 2021, 42(22): 57-63. DOI:10.12161/j.issn.1005-6521.2021.22.009.
- [18] 王建军, 雷阳, 黄天然, 等. 不同解冻方式对817肉鸡食用品质和肌原纤维蛋白特性的影响[J]. 南京农业大学学报, 2022, 45(3): 604-611. DOI:10.7685/jnau.202108023.
- [19] 张馨月. 不同冻结及解冻方式对白切鸡食用品质的影响[D]. 南京: 南京农业大学, 2021. DOI:10.27244/d.cnki.gnjnu.2021.001900.
- [20] 刁华玉, 林松毅, 陈冬, 等. 解冻方式对南极磷虾肉理化特性和滋味的影响[J]. 中国食品学报, 2023, 23(4): 228-238. DOI:10.16429/j.1009-7848.2023.04.022.
- [21] 黄丕苗, 王智荣, 陈渭慧, 等. 迷迭香提取物对白鲢鱼肉腥味的脱腥及其脱腥条件优化[J]. 食品与发酵工业, 2021, 47(6): 176-183. DOI:10.13995/j.cnki.11-1802/ts.025543.
- [22] MERLO T C, CONTRERAS-CASTILLO C J, SALDANA E, et al. Incorporation of pink pepper residue extract into chitosan film combined with a modified atmosphere packaging: effects on the shelf life of salmon fillets[J]. Food Research International, 2019, 125: 108633. DOI:10.1016/j.foodres.2019.108633.
- [23] HUANG P M, WANG Z R, SHI Y, et al. Deodorizing effects of rosemary extract on silver carp (*Hypophthalmichthys molitrix*) and determination of its deodorizing components[J]. Journal of Food Science, 2022, 87(2): 636-650. DOI:10.1111/1750-3841.16023.
- [24] 田星慧, 刘小红, 罗忆芝, 等. 荸荠粉对鲫鱼鱼肉的脱腥条件优化[J]. 食品工业, 2023, 44(5): 108-112.
- [25] 马凯迪, 黄琼, 李莹, 等. 紫菜鳕鱼脱腥及调味工艺优化研究[J]. 江苏农业科学, 2022, 50(16): 186-195. DOI:10.15889/j.issn.1002-1302.2022.16.028.
- [26] 李放, 邓林艳, 张婉婷, 等. 淡水虾腥味脱除技术研究进展[J]. 农产品加工, 2023(3): 89-92. DOI:10.16693/j.cnki.1671-9646(X).2023.02.020.
- [27] 盛洁, 胡凌豪, 陈建康, 等. 凤尾鱼酶解产物脱腥脱色工艺优化[J]. 食品工业科技, 2020, 41(7): 190-196; 202. DOI:10.13386/j.issn1002-0306.2020.07.032.
- [28] 沈洛夫, 赖凤英. β -环糊精在鸭肉香肠中的脱腥工艺[J]. 无锡轻工大学学报, 2003, 22(1): 105-107. DOI:10.3321/j.issn.1673-1689.2003.01.026.



- [29] 刘子琪. 牛肝排风味差异分析及贮藏稳定性评价[D]. 兰州: 甘肃农业大学, 2022: 11. DOI:10.27025/d.cnki.ggsnu.2022.000155.
- [30] YANCEY J W S, WHARTON M D, APPLE J K. Cookery method and end-point temperature can affect the Warner-Bratzler shear force, cooking loss, and internal cooked color of beef *Longissimus* steaks[J]. Meat Science, 2011, 88(1): 1-7. DOI:10.1016/j.meatsci.2010.11.020.
- [31] 郑世杰, 王朝瑾, 来庆华, 等. 冻干柠檬皮粉在四角蛤蜊水解液中的脱腥研究[J]. 食品工业科技, 2017, 38(15): 225-232. DOI:10.13386/j.issn1002-0306.2017.15.042.
- [32] 林学清. 鹿角藻脱腥脱色技术研究[J]. 福建轻纺, 2017(4): 44-47. DOI:10.3969/j.issn.1007-550X.2017.04.004.
- [33] 宋仪, 燕建辉, 张梅超, 等. 酵母发酵黄鲷鱼鱼卵的工艺探究及其风味成分分析[J]. 食品工业科技, 2023, 44(24): 139-151. DOI:10.13386/j.issn1002-0306.2023010153.
- [34] 黄忠白, 明庭红, 董丽莎, 等. 金枪鱼鱼白的植物乳杆菌发酵脱腥增香作用研究[J]. 中国食品学报, 2019, 19(2): 147-154. DOI:10.16429/j.1009-7848.2019.02.019.
- [35] PAN J F, JIA H, SHANG M J, et al. Effects of deodorization by powdered activated carbon, β -cyclodextrin and yeast on odor and functional properties of tiger puffer (*Takifugu rubripes*) skin gelatin[J]. International Journal of Biological Macromolecules, 2018, 118: 116-123. DOI:10.1016/j.ijbiomac.2018.06.023.
- [36] 温莉娟. 定量卤制牛心加工工艺及货架期的研究[D]. 兰州: 甘肃农业大学, 2018: 1-5.
- [37] 杨宁宁, 邓源喜, 武杰, 等. 响应面法优化超声波辅助超高压改善牛肉质构的研究[J]. 农产品加工, 2023(9): 1-5; 10. DOI:10.16693/j.cnki.1671-9646(X).2023.05.001.
- [38] 李博文, 孔保华, 杨振, 等. 超声波处理辅助腌制对酱牛肉品质影响的研究[J]. 包装与食品机械, 2012, 30(1): 1-4; 40. DOI:10.3969/j.issn.1005-1295.2012.01.001.
- [39] MCDONNELL C K, LYNG J G, ALLEN P. The use of power ultrasound for accelerating the curing of pork[J]. Meat Science, 2014, 98(2): 142-149. DOI:10.1016/j.meatsci.2014.04.008.
- [40] 王希搏, 颜浩昆, 荣建华, 等. 复合磷酸盐浸泡条件对冷藏牛蛙腿肉品质的影响[J]. 中国调味品, 2023, 48(10): 1-8. DOI:10.3969/j.issn.1000-9973.2023.10.001.
- [41] SINISTERRA J V. Application of ultrasound to biotechnology: an overview[J]. Ultrasonics, 1992, 30(3): 180-185. DOI:10.1016/0041-624X(92)90070-3.
- [42] 廖林. 超声波辅助复合蛋白酶对冬菜扣肉加工工艺及品质特性的影响研究[D]. 重庆: 西南大学, 2023: 11-22. DOI:10.27684/d.cnki.gxndx.2023.001569.
- [43] 董世容, 刘雨蝶, 杨希, 等. 超声波协同半胱氨酸促进木瓜蛋白酶对冷鲜牛肉嫩化作用的研究[J]. 食品科技, 2023, 48(7): 85-91. DOI:10.13684/j.cnki.spkj.2023.07.031.
- [44] CHAN J T Y, OMANA DA, BETTI M. Application of high pressure processing to improve the functional properties of pale, soft, and exudative (PSE)-like turkey meat[J]. Innovative Food Science & Emerging Technologies, 2011, 12(3): 216-225. DOI:10.1016/j.ifset.2011.03.004.
- [45] ALARCON-ROJO A D, CARRILLO-LOPEZ L M, REYES-VILLAGRANA R, et al. Ultrasound and meat quality: a review[J]. Ultrasonics Sonochemistry, 2019, 55: 369-382. DOI:10.1016/j.ultsonch.2018.09.016.
- [46] DONG M, XU Y J, ZHANG Y M, et al. Physicochemical and structural properties of myofibrillar proteins isolated from pale, soft, exudative (PSE)-like chicken breast meat: effects of pulsed electric field (PEF)[J]. Innovative Food Science & Emerging Technologies, 2020, 59: 102277. DOI:10.1016/j.ifset.2019.102277.
- [47] RAGHAVAN S, KRISTINSSON H G. Conformational and rheological changes in catfish myosin during alkali-induced unfolding and refolding[J]. Food Chemistry, 2008, 107(1): 385-398. DOI:10.1016/j.foodchem.2007.08.037.
- [48] BIAN G L, XUE S W, XU Y J, et al. Improved gelation functionalities of myofibrillar protein from pale, soft and exudative chicken breast meat by nonenzymatic glycation with glucosamine[J]. International Journal of Food Science and Technology, 2018, 53(8): 2006-2014. DOI:10.1111/ijfs.13789.
- [49] 冯燕英, 牟代臣, 祁文磊, 等. 蛋白质糖基化接枝改性研究进展[J]. 食品与机械, 2019, 35(2): 190-195. DOI:10.13652/j.issn.1003-5788.2019.02.036.
- [50] 尹敬, 任晓璞, 钱烨, 等. 含KCl、氨基酸的低钠盐替代食盐对风干草鱼加工过程中理化特性的影响[J]. 食品工业科技, 2019, 40(3): 12-19; 24. DOI:10.13386/j.issn1002-0306.2019.03.003.
- [51] 李加慧, 狄雨晗, 王文琪, 等. 基于宰后蛋白质磷酸化研究L-组氨酸和L-赖氨酸对鸡胸肉加工特性的影响[J]. 肉类研究, 2022, 36(7): 20-26. DOI:10.7506/rlj1001-8123-20220505-056.
- [52] ALAHAKOON A U, OEY I, BREMER P, et al. Optimisation of sous vide processing parameters for pulsed electric fields treated beef briskets[J]. Food and Bioprocess Technology, 2018, 11: 2055-2066. DOI:10.1007/s11947-018-2155-9.
- [53] 谭青玲, 夏杨毅, 叶柯, 等. 基于模糊数学感官评价方法的真空低温烹饪卤鸭工艺优化[J]. 食品研究与开发, 2023, 44(10): 162-169. DOI:10.12161/j.issn.1005-6521.2023.10.022.
- [54] 龙锦鹏, 黄静, 邓楷, 等. 超声波嫩化对小酥肉品质的影响[J]. 食品与发酵科技, 2019, 55(5): 29-34. DOI:10.3969/j.issn.1674-506X.2019.05-006.
- [55] 罗嫚. 微波低温加热对猪肉特性影响的研究[D]. 广州: 华南理工大学, 2015: 37-61.
- [56] 沈铭聪, 周名洋, 孙杨赢, 等. 不同加热方法对盐水鹅食用品质的影响[J]. 食品工业科技, 2019, 40(11): 63-69; 78. DOI:10.13386/j.issn1002-0306.2019.11.012.
- [57] LLAVE Y, TERADA Y, FUKUOKA M, et al. Dielectric properties of frozen tuna and analysis of defrosting using a radio-frequency system at low frequencies[J]. Journal of Food Engineering, 2014, 139: 1-9. DOI:10.1016/j.jfoodeng.2014.04.012.
- [58] 单迪, 杨欢, 谢利, 等. 杀菌技术在提升预制菜质量安全中的应用研究[J]. 包装工程, 2023, 44(9): 18-27. DOI:10.19554/j.cnki.1001-3563.2023.09.003.
- [59] 柯欢, 韩旭, 彭海川. 辐照剂量对风干牦牛肉中鲜味核苷酸含量的影响[J]. 中国调味品, 2022, 47(7): 49-52. DOI:10.3969/j.issn.1000-9973.2022.07.009.
- [60] 黄晓霞, 游云, 刘巧瑜. 不同剂量⁶⁰Co- γ 射线辐照对烟鸡胸肉贮藏过程中滋味的的影响[J]. 食品安全质量检测学报, 2023, 14(7): 56-64. DOI:10.19812/j.cnki.jfsq11-5956/ts.2023.07.014.
- [61] HAM Y K, KIM H W, HWANG K E, et al. Effects of irradiation source and dose level on quality characteristics of processed meat products[J]. Radiation Physics and Chemistry, 2017, 130: 259-264. DOI:10.1016/j.radphyschem.2016.09.010.
- [62] ZHU Y C, YAN Y W, YU Z H, et al. Effects of high pressure processing on microbial, textural and sensory properties of low-salt emulsified beef sausage[J]. Food Control, 2022, 133: 108596. DOI:10.1016/j.foodcont.2021.108596.
- [63] WANG J Y, LI Z Y, ZHENG B D, et al. Effect of ultra-high pressure on the structure and gelling properties of low salt golden threadfin bream (*Nemipterus virgatus*) myosin[J]. LWT-Food Science and Technology, 2019, 100: 381-390. DOI:10.1016/j.lwt.2018.10.053.

- [64] 胡小军, 李春兰, 王标诗, 等. 超高压处理对虾滑预制菜品质特性的影响[J]. 食品工业科技, 2023, 44(11): 88-94. DOI:10.13386/j.issn1002-0306.2022070243.
- [65] KAUR B P, RAO P S, NEMA P K. Effect of hydrostatic pressure and holding time on physicochemical quality and microbial inactivation kinetics of black tiger shrimp (*Penaeus monodon*)[J]. Innovative Food Science & Emerging Technologies, 2016, 33: 47-55. DOI:10.1016/j.ifset.2015.12.002.
- [66] LIU Q Y, LIN Z Q, CHEN X M, et al. Characterization of structures and gel properties of ultra-high-pressure treated-myofibrillar protein extracted from mud carp (*Cirrhinus molitorella*) and quality characteristics of heat-induced sausage products[J]. LWT-Food Science and Technology, 2022, 165: 113691. DOI:10.1016/j.lwt.2022.113691.
- [67] 司星雨, 刘帅, 张扬. 基于金属纳米粒子的活性包装复合膜在生鲜食品保鲜领域的研究进展[J/OL]. 食品科学[2023-09-26]. DOI:10.7506/spkx1002-6630-20230529-272.
- [68] 钱韻芳, 林婷, 曹维, 等. 模拟冷链流通中温度波动对腐败希瓦氏菌的生长及其腐败产物的影响[J]. 食品与发酵工业, 2021, 47(9): 100-106. DOI:10.13995/j.cnki.11-1802/ts.025350.
- [69] CHOI Y S, HWANG K E, JEONG T J, et al. Comparative study on the effects of boiling, steaming, grilling, microwaving and superheated steaming on quality characteristics of marinated chicken steak[J]. Korean Society for Food Science Animal Resources, 2016, 36(1): 1-7. DOI:10.5851/kosfa.2016.36.1.1.
- [70] 王源渊, 尚珊, 丁若松, 等. 不同复热方式对预制烤鱼品质的影响[J]. 食品与发酵工业, 2024, 50(1): 248-255. DOI:10.13995/j.cnki.11-1802/ts.034629.
- [71] 董平, 范文教, 朱开宪, 等. 不同复热方式对咸烧白风味的影响[J]. 食品科技, 2023, 48(2): 122-129. DOI:10.13684/j.cnki.spkj.2023.02.013.
- [72] 赵钜阳, 石长波, 张琪. 微波复热功率及时间对速冻红烧肉品质的影响[J]. 食品安全质量检测学报, 2017, 8(9): 3519-3525. DOI:10.3969/j.issn.2095-0381.2017.09.040.
- [73] 赵培静, 冯浩森, 李湘銮, 等. 微波复热对竹笋鸡汤品质的影响[J]. 食品安全质量检测学报, 2023, 14(22): 107-115. DOI:10.19812/j.cnki.jfsq11-5956/ts.2023.22.008.
- [74] 鹿旭, 刘天毅, 位天意, 等. 微波复热红烧肉均匀性改善研究[C]//2022年中国家用电器技术大会论文集. 宁波: 中国家用电器协会, 2023: 4. DOI:10.26914/c.cnkihy.2023.002786.
- [75] 赵颖颖, 李三影, 闫路辉, 等. 不同复热方式对糖醋排骨品质的影响[J]. 中国调味品, 2021, 46(7): 52-59. DOI:10.3969/j.issn.1000-9973.2021.07.011.