

酱卤肉制品关键加工技术研究进展

王浩明, 郑海波*, 李景军, 李先保, 何语静, 祝瑛泽
(安徽科技学院食品工程学院, 安徽 滁州 233100)

摘要: 酱卤肉制品是深受我国居民喜爱的一种传统肉制品, 在从作坊式生产到工业化生产的转变过程中, 通过持续的技术改进, 产品品质得到不断提高。本文围绕酱卤肉制品3个主要的加工环节: 腌制、卤制和杀菌, 对酱卤肉制品的加工技术进行总结。目前, 腌制技术主要有滚揉腌制、注射腌制、高压腌制、超声波辅助腌制等; 卤制技术主要有老汤卤制技术和定量卤制技术; 杀菌技术主要有热力杀菌、微波杀菌、超高压杀菌、高压电场杀菌、超声波杀菌、辐照杀菌等。这些技术, 特别是新技术在改善肉制品等食品品质方面具有良好的效果, 使用这些技术将有助于提高酱卤肉制品质量, 更好适应消费市场的需求。

关键词: 酱卤肉制品; 腌制技术; 卤制技术; 杀菌技术

Recent Progress in Key Processing Technologies for Soy Sauce and Pot-Roast Meat Products

WANG Haoming, ZHENG Haibo*, LI Jingjun, LI Xianbao, HE Yujing, ZHU Yingze
(College of Food Engineering, Anhui Science and Technology University, Chuzhou 233100, China)

Abstract: Soy sauce and pot-roast meat products are a kind of traditional Chinese meat products popular among people in the country. During the transition from craft production to industrial production, the product quality has been improved thanks to continuous technical improvements. This article summarizes the technologies currently used in the three main processing steps of soy sauce and pot-roast meat products: marination (tumbling, injection, high pressure and ultrasonic), stewing (stewing in soup stock and quantitative stewing) and sterilization (thermal sterilization, microwave sterilization, ultra-high pressure sterilization, high-voltage electric field sterilization, ultrasonic sterilization, and irradiation sterilization). These technologies, especially the newly developed ones, have good performance in improving the quality of various foods including meat products and therefore they will be helpful to improve the quality of soy sauce and pot-roast meat products in order to better adapt to the needs of consumers.

Keywords: soy sauce and pot-roast meat products; marination technology; stewing technology; sterilization technology

DOI:10.7506/rlyj1001-8123-20200518-125

中图分类号: TS251.6

文献标志码: A

文章编号: 1001-8123 (2020) 08-0102-06

引文格式:

王浩明, 郑海波, 李景军, 等. 酱卤肉制品关键加工技术研究进展[J]. 肉类研究, 2020, 34(8): 102-107. DOI:10.7506/rlyj1001-8123-20200518-125. <http://www.rlyj.net.cn>

WANG Haoming, ZHENG Haibo, LI Jingjun, et al. Recent progress in key processing technologies for soy sauce and pot-roast meat products[J]. Meat Research, 2020, 34(8): 102-107. DOI:10.7506/rlyj1001-8123-20200518-125. <http://www.rlyj.net.cn>

酱卤肉制品在我国已有几千年的发展历史, 其具有食用方便、色泽鲜亮、口感酥润、风味浓郁的特点, 深受我国老百姓喜爱。长久以来, 我国酱卤肉制品的发展比较缓慢, 直到近现代社会以后, 酱卤肉制品才走出家

庭式的小作坊, 进入工业化、规模化生产的新阶段。目前, 我国酱卤肉制品日消费量达到1.5万t左右。小作坊和小规模化生产很难保证产品品质和消费量的需求, 因此必须对传统酱卤肉制品的加工工艺进行改良与创新,

收稿日期: 2020-05-18

基金项目: 2019年滁州市科技创新专项科技计划项目(2019ZNO18); 2018安徽省重大科技专项(18030701212); 安徽科技学院人才项目(SPWD202001)

第一作者简介: 王浩明(1996—)(ORCID: 0000-0002-0233-9054), 男, 硕士研究生, 研究方向为畜产品加工与质量控制。
E-mail: 1416763821@qq.com

*通信作者简介: 郑海波(1982—)(ORCID: 0000-0001-5667-6454), 男, 讲师, 博士, 研究方向为畜产品加工与质量控制。
E-mail: zhenghaibo_anhui@163.com

使生产工艺更加科学化,生产设备更加现代化,进一步提高产品质量,从而满足消费者的需求^[1]。

现代酱卤肉制品的加工主要有3个关键工艺环节,分别为腌制、卤制和杀菌。因此,本文将围绕这3个加工环节介绍酱卤肉制品的相关加工技术及其研究进展。在腌制技术中,有滚揉腌制、注射腌制、高压腌制、超声波辅助腌制等;在卤制技术中,除了传统老汤卤制技术,还开发了定量卤制技术;在杀菌技术中,除了热力杀菌、微波杀菌,还有辐照杀菌、超高压杀菌、高压脉冲电场杀菌等新型低温杀菌技术。通过对这些技术进行介绍,为酱卤肉制品加工技术的升级提供新的思路。

1 腌制技术

腌制主要利用食盐等腌制剂对原料肉进行处理,具有调节肉制品风味的作用,同时可以改善肉制品品质、色泽和保水性^[2-3]。一定用量的腌制剂还可以抑制微生物的生长,延长贮存期^[4]。经过多年的发展,腌制技术已从传统的单一静置腌制发展出了一系列更加高效的腌制技术,如滚揉腌制技术、注射腌制技术、高压腌制技术和超声波辅助腌制技术等。

1.1 滚揉腌制技术

滚揉腌制是将肉块与腌制液放入滚揉机中,肉块在滚揉作用下不断翻滚、摔打,使加入的腌制剂、调味料等迅速、均匀地扩散到肌肉纤维组织的过程。相比传统的静置腌制法,滚揉腌制法的腌制速率更快,原料肉保水性和肉质嫩度更高。在常压滚揉技术的基础上,人们又开发出低温真空滚揉腌制技术、充气变压滚揉腌制技术等改进型滚揉腌制技术。

低温真空滚揉腌制技术是采用带有制冷功能和抽真空功能的滚揉机,在低温和真空条件下对肉块进行滚揉处理。真空腌制方法可以使肉内外产生气压差,腌制结束后,溶解出的蛋白质和腌制液在气压差的作用下沿组织空隙进入肉中,从而获得比常压滚揉腌制更好的腌制效果^[5-6]。在滚揉过程中,一般温度控制在10℃以下,同时真空度小于-100 kPa,这样有助于抑制微生物的生长繁殖,减少因摩擦而引起的肉温升高和气泡形成。滚揉效果受滚揉方式、肉块大小、滚揉行程、滚揉机负荷、真空度及温度等多方面的影响^[7]。史培磊等^[8]研究真空滚揉对鹅肉品质的影响,结果表明,滚揉腌制后鹅肉的蒸煮损失率降低7%、剪切力降低9.81 N,肌纤维直径减小10 μm,肌节长度增加0.8 μm。李可等^[9]研究发现,连续真空滚揉相比间歇真空滚揉更有助于猪排骨盐溶性蛋白的溶出,提高保水性和嫩度。陈星等^[10]发现,鸭肉的真空滚揉时间应小于2 h,时间过长可能会导致保水性下降。

充气变压滚揉技术是指滚揉过程中滚筒内部的气压处于变动状态,可以是真空状态,也可以是加压状态。通过正负压的交替,促使肌肉组织结构压迫与舒张交替作用,使腌制液呈周期性发生吸入和挤出运动,从而加速腌制液渗透。充气变压滚揉的腌制效果受滚揉温度、滚揉气压、变压交变比、抑菌气体含量等的影响。詹文圆^[11]、吴汉东^[12]等研究发现,使用混合气体(N₂、O₂、CO₂)增大了气体与肉之间的摩擦力及所作的功,从而增加了机械摩擦的效率,促进了肉质嫩化。同时,不同气体对微生物有一定的抑制作用,詹文圆^[13]研究发现,CO₂与N₂体积比为9:1时,肠杆菌科生长得到抑制,在总菌数中所占比例下降幅度较大。充气变压滚揉中的变压交变比与不同气体间的比例也是腌制效果的关键影响因素,在应用中应合理选择。

1.2 注射腌制技术

注射腌制技术是使用盐水注射机将配制好的腌制液注射到肉中,使腌制液极快进入原料肉。通常注射腌制技术与滚揉技术结合使用,滚揉可以促进腌制液的均匀分散^[14]。

注射腌制时的盐水配方及盐水注射率直接关系到腌制效果。贾娜等^[15]研究盐水注射率对酱牛肉品质的影响,结果发现,注射量20 mL/kg时,酱牛肉的蒸煮损失率较低,肉质嫩度提高。赵志霞等^[16]研究罗非鱼片的快速腌制工艺,发现注射腌制的效果优于静置腌制、真空腌制和超声腌制,注射腌制的食盐渗透速率更快、产品出品率更高,品质较好。徐宝才等^[17]研究滚揉、注射腌制液后滚揉、嫩化后滚揉、注射后嫩化滚揉及腰刀绞制后滚揉5种处理方法对于猪肉切片火腿出水、质构及口感问题的改善作用,结果发现,注射后滚揉处理相比其他处理更有助于提高猪肉切片火腿的品质,并建议应用于工业化生产。传统熏鸡腌制存在腿部、胸部等部位腌制不透、盐分分布不均匀等缺陷,王玉田等^[18]采用质量浓度10 g/100 mL盐水、注射量15 mL/kg腌制2 h,基本解决了上述问题。注射腌制一般适用于大块肉的腌制,对于体积小的肉块,注射腌制的意义不大。注射腌制较多应用于西式肉制品,对于传统酱卤肉制品,盐水注射法可以起到快速腌制的作用,在部分产品中已经有所应用。

1.3 高压腌制技术

高压腌制技术是高压食品加工技术在肉制品腌制加工领域的具体应用,该技术不仅可以提高腌制效率,还可以有效杀灭微生物,延长产品货架期。Kruk等^[19]研究显示,超高压处理能够显著加快肉的腌制速率,由于肉品中细胞的细胞膜结构在高压处理过程中会被破坏,腌制液更容易进入细胞中,所以腌制效率会更高。腌制压力一般应低于300 MPa,腌制压力大于300 MPa时,蛋白质容易发生不可逆变性^[20]。冷雪娇等^[21]采用



0.1~300 MPa的压力对鸡胸肉进行辅助腌制处理,研究发现,高压处理能明显提高鸡胸肉的盐含量和保水性,150 MPa时,鸡胸肉的盐含量最高,达到常压组的3倍左右;高压腌制还会影响肉的颜色,在低于150 MPa的压力下处理对肉色影响较小,压力高于150 MPa时则容易使肉色发白,因此高压腌制处理时不宜采用过高压力^[21]。王旭^[22]研究发现,超高压处理能够快速达到羊腿肉腌制平衡,缩短腌制时间,200 MPa以内高压处理时可以增加腌制品的总质量,但继续增加压力则导致总质量降低。段虎等^[23]对牛肉高压腌制的研究也得到类似的结果,通过优化发现,压力223.5 MPa时腌牛肉品质最佳,增大压力和延长腌制时间会导致肉质硬度增大,反而降低产品品质。

最近10余年,高压加工技术在西方发达国家的应用发展非常迅速,但在我国的应用还非常有限,阻碍高压技术产业应用的最主要因素是设备的可靠性及成本与经济产出之间还存在较大鸿沟。

1.4 超声波辅助腌制技术

超声波辅助腌制技术是利用超声波产生的空化效应、热效应和机械作用使液体中的小气泡发生共振,并且导致局部温度上升,通过超声的机械作用来破坏介质,粉碎液体中的颗粒,促进腌制液渗透。该技术可以提高腌制速率,改善肉品保水性和嫩度,同时对微生物也有灭活效果^[24]。McDonnell等^[25]研究发现,在25 min的处理时间内,相比盐水腌制处理,超声处理能使猪肉盐含量提高近1倍。韦田等^[26]研究发现,超声波频率40 kHz、功率40 W、处理60 min,能显著提高腌制剂的渗透效率和猪肉腌制效率,超声波辅助腌制1 d的效果相当于干腌9 d。从肌肉的微结构来看,经过超声处理后,肌肉纤维发生松散、断裂、弯曲、脱落等变化,这些变化被认为与肉质嫩度提高有关,而过高强度的超声波处理则可能对细胞结构产生严重破坏,最终影响产品品质^[26]。

超声波技术可以与其他技术联合,通过协同作用提高腌制效果。付萧逸^[27]将超声波与碳酸氢钠结合,协同腌制鸡胸肉,研究发现,在相同的腌制时间内,鸡胸肉中氯化物含量提高77.99%。李鹏等^[28]研究超声波与变压滚揉结合腌制对鸭肉蛋白质的影响,发现鸭肉蛋白的 α -螺旋构象含量降低, β -折叠、 β -转角及无规则卷曲构象含量增加。张建梅等^[29]研究发现,在超声波作用下腌制鸡胸肉,能促进脂肪的氧化作用,降低脂肪稳定性,过高强度及长时间的超声处理会导致蛋白质聚集增加、改变蛋白质构象,从而降低肉品品质。腌制的功率、频率、时间、距离、变幅杆尺寸等会影响超声效果^[26,30]。目前超声波技术在肉制品中的应用还不成熟,实际应用还具有很大挑战。

2 加热卤制技术

酱卤肉制品包含酱制品和卤制品两大类,二者都是通过煮制形成最终风味,但是2种产品在制作工艺上有所不同,特别是加热卤制工艺有着明显不同。卤制品主要使用盐水卤制,调味料和香辛料使用少,产品色泽较淡。酱制品香辛料用量偏高,酱味浓,调料味重。卤制所用的卤汁通常反复使用,而酱制所用的酱汁则是现用现做,并不保留。蛋白质、脂肪浸出物和一些其他物质在煮制时发生一系列变化,在煮制过程中,通过脂质氧化作用、美拉德反应和一些物质的热分解生成各种风味物质,从而赋予肉的滋味和芳香^[31]。煮制步骤是酱卤肉制品工艺中至关重要的一步,目前煮制技术主要有老卤煮制与定量卤煮。

2.1 老卤煮制技术

老卤煮制是将各种调味料和香辛料熬煮成卤水,然后将肉制品下锅煮制而成,用过的卤水通常保留,以便下一次卤制再用,因此常有“百年老卤”之说。吕永平等^[32]研究不同煮制时间对酱卤鸡翅质量的影响,发现煮制时间对鸡翅的色泽、嫩度及口感有显著影响,煮制时间过短色泽难以形成、硬度过大,煮制时间过长则发生褪色,弹性也会变差。虽然卤煮温度和时间是2个非常重要的参数,但是对于产品风味而言更为重要的则是老卤的风味。老卤在反复煮制过程中聚集了很多风味成分^[31-33],同时也聚集了许多有害成分,尤其是杂环胺含量过高,从而给产品带来不安全因素^[34]。唐春红等^[35]对传统卤煮工艺不同卤制次数后卤汤中营养成分及杂环胺含量的变化进行分析,结果表明,经9次卤煮后卤汤中的蛋白质含量由0.09%增加至3.86%,总游离氨基酸含量由68.57 mg/100 g上升至601.92 mg/100 g,同时杂环胺含量由12.29 ng/g上升至28.64 ng/g。有学者提出废弃老卤,以确保产品的安全健康,但从实际生产来看,目前酱卤肉制品企业在生产中仍广泛使用老卤煮制技术。

2.2 定量卤煮技术

定量卤煮技术由张春晖团队提出并开发,他们根据传统肉制品风味、口感与色泽等特点,在确保传统风味的基础上,通过原料肉与煮制液的精确配比,结合熟化生香、色泽形成与固化,实现了酱卤肉制品无老汤定量煮制^[36]。与传统加工方式相比,定量煮制工艺有助于产品的标准化,生产成本更低、香辛料的利用率高,促进了酱卤肉制品向标准化和连续化生产的方向发展^[37]。陈立业等^[38]比较老卤煮制工艺和定量卤煮工艺对酱牛肉质构特性的影响,发现采用定量卤煮工艺的蒸制酱牛肉较老卤煮制酱牛肉具有低剪切力和高出品率的特点,蒸制酱牛肉的硬度显著小于煮制酱牛肉,且弹性显著大于煮制酱牛肉,蒸制酱牛肉的色泽、口感、风味得分均高



于煮制酱牛肉。孙圳等^[39]研究煮制方式对鸡腿肉中挥发性风味物质组分及含量的影响,结果表明,定量卤煮鸡腿肉中的挥发性风味物质呈现更好。陈旭华^[40]将定量卤制技术与传统卤制进行对比,发现定量卤制法制作的鸡腿肉中风味化合物的功能指数比老汤卤制高0.48%,比水煮鸡腿肉高1.97%。据了解,定量卤煮技术已经在国内许多企业使用,但也存在一些企业不愿意放弃传统老卤煮制技术,原因可能是对新工艺不熟悉,导致产品品质还达不到老卤煮制的风味水平,另外新卤和老卤本身存在的风味差异也可能是原因之一。

3 杀菌技术

酱卤肉制品加工完成后往往面临着贮藏的问题,杀菌程度直接决定了产品的贮藏形式。目前杀菌方式主要有热力杀菌和非热力杀菌技术。热力杀菌一般指加热杀菌,分为常压加热杀菌和高压加热杀菌2种方式。非热力杀菌技术是指不利用加热方法杀灭食品中微生物的杀菌技术。目前常见的非热力杀菌技术主要有超高压杀菌、微波杀菌、脉冲电场杀菌、超声波杀菌及辐照杀菌等技术^[41]。

3.1 热力杀菌

热力杀菌是目前使用最广泛的杀菌方式,可以分为常压加热杀菌和加压加热杀菌。常压杀菌的温度一般在100℃以下,而加压杀菌的温度在100℃以上。高茹雪^[42]研究发现:杀菌温度低于70℃时可以保留肉制品中的大多数营养物质,并且可以杀死大多数致病菌,但会有少数芽孢菌残留;120℃以上杀菌可以在较短时间内杀死肉制品中的所有微生物。加压杀菌的温度偏高,会导致蛋白质变性过度,物质分解、氧化作用加速,从而导致产品风味变差、营养损失等问题。何苗等^[43]采用顶空固相微萃取结合气相色谱-质谱及气相色谱-嗅辨仪技术分析高温杀菌对福建风味鸭风味的影响,结果表明,高温杀菌导致醛类物质含量增加、萜类物质含量下降,产生高温蒸煮味,产品风味劣变明显。常压加热杀菌虽然更有助于形成良好的风味,但杀菌不彻底,产品保质期短,需要低温贮藏才能延长保质期;高温杀菌处理延长了产品的货架期,可以在常温下贮藏,但过热处理降低了产品的品质。因此,酱卤肉制品需要研究和发展新的杀菌技术,一方面要避免热处理强度过大,另一方面要延长产品的货架期。

3.2 微波杀菌

近年来,微波杀菌因加热时间短、升温快、加热较均匀等优点而受到广泛关注^[44]。蒋宇飞等^[45]发现,用微波对白切鸡进行杀菌处理7 min并贮藏50 d后,产品细菌总数为 1.4×10^3 CFU/g,仍低于现行GB 2726—2016《食品安全国家标准 熟肉制品》的限量(1.0×10^4 CFU/g)。

目前研究认为,微波杀菌是微波的热效应和电磁波效应共同作用的结果^[46]。李星等^[47]利用微波处理卤鹅肉,发现微波杀菌可以增加卤鹅肉的特征风味化合物种类,对卤鹅肉风味起到积极作用。戚彪等^[48]研究微波杀菌对卤猪肝品质的影响,结果表明,微波杀菌后卤猪肝水分含量降低,嫩度下降,韧性增强,在表面温度达到70℃时,其杀菌效果与高温杀菌接近,且品质变化较小。张祎敬等^[49]研究发现,微波杀菌功率和时间对盐焗鸡翅根的杀菌效果有显著影响,但是微波强度过大会导致产品感官品质下降,750 W微波20 min处理后,可实现35℃贮藏保质期达到35 d,且不会对感官品质产生明显影响。

微波杀菌技术热效率高、绿色节能、易操作,在肉制品、乳制品、水产品、果汁类、调味品和方便食品等产品中有着广泛应用。

3.3 辐照杀菌

辐照技术是采用放射性同位素或电子辐射照射食品,使食品中的微生物死亡的一种杀菌方法。辐照技术的杀菌效果主要取决于辐照剂量,辐照剂量越高,杀菌效果越好。张艳艳等^[50]用辐照对酱卤牛肉进行杀菌,结果发现,电子辐照剂量6 kGy左右时,菌落总数为20 CFU/g,远低于GB 2726—2016的可接受水平限值。张晗等^[51]研究电子束辐照在水产品保鲜中的应用,结果发现,冷藏前对鲈鱼肉采取3~5 kGy电子束辐照处理较为合适,可有效延长鲈鱼肉货架期6~10 d。Galán等^[52]用2~4 kGy剂量辐照处理即食香肠,结果显示,当辐照剂量在3 kGy以下时,香肠的色泽、质构和感官特性均在可接受范围内,但异味随辐照剂量的升高而增大。杨文鸽等^[53]对牡蛎辐照的研究显示,5 kGy以下剂量对牡蛎的品质无显著影响,9 kGy剂量时产生明显异味。由于辐照处理肉制品时剂量偏高会导致食品产生异味,因此企业应用辐照技术时应当充分考虑产品品质及杀菌效果之间的平衡。

3.4 超高压杀菌

超高压杀菌的机理是利用高压破坏微生物的细胞结构,使其蛋白质变性,从而使微生物失去活力,最终达到延长产品货架期的目的。超高压杀菌技术有处理均匀、可以快速将压力传递至样品、不受样品形状和大小影响的特点,但由于高压只作用于形成蛋白质等高分子物质的非共价键,因此,食品的新鲜度、营养价值和感官特性几乎不受影响^[54-55]。Garriga等^[56]研究表明,超高压杀菌可以有效抑制及杀灭牛里脊切片中的酵母菌和大肠杆菌,降低沙门氏菌和单核细胞增生李斯特菌造成的安全风险。韩衍青等^[57]研究发现,烟熏切片火腿在经过400 MPa和600 MPa超高压处理后,乳酸菌数长时间处于慢增长状态,且整个贮藏期内肠杆菌数低于 10^2 CFU/g。李楠等^[58]研究超高压杀菌对冰鲜鸡肉中微生



物的影响,结果表明,当杀菌参数为压力250 MPa、保压时间10 min时,冰鲜鸡大胸、琵琶腿、鸡翅中冷藏货架期能延长2~3 d。超高压杀菌不仅对微生物起到杀灭作用,对肉制品品质也有积极作用。刘杨铭等^[59]使用超高压技术处理酱卤羊肚,不仅对酱卤羊肚起到了杀菌作用,并且改善了其滋味、口感、颜色等感官品质。国外已将超高压技术应用于火腿等产品的杀菌,目前我国还未实现大规模使用。

3.5 高压脉冲电场杀菌

高压脉冲电场杀菌具有杀菌效率高、能量消耗小、无环境污染且对食品品质几乎无影响的特点,是一种将高电压的短脉冲反复作用于电极间的物料,以杀灭物料中微生物的冷杀菌技术^[60]。高压电场可以使微生物细胞表面产生孔洞,细胞内原生质体变形,蛋白质与核酸外渗,从而达到对细菌的杀灭作用^[61]。李霜等^[62]利用高压脉冲电场对调理牛肉进行杀菌,脉冲频率30.5 kHz、占空比2.3%、处理时间7 min、电场强度45 kV/cm,结果发现,调理牛肉中微生物致死率达到87.33%,产品货架期延长2 d。高压脉冲电场的脉冲频率、电场强度、处理时间、占空比等因素均会影响杀菌效果。除高压脉冲电场本身的因素外,环境因素,如温度也会明显影响杀菌效果。Ohshima等^[63]研究发现,在20~42 ℃范围内,大肠杆菌在其最佳生长温度37 ℃时致死率最低,越偏离该温度,致死率越高。Novickij等^[64]研究也证实,高压脉冲电场结合温和加热(40 ℃)杀菌,可以降低对高压脉冲电场强度的要求。需要注意的是,高压脉冲电场强度较低时,如小于30 kV/cm,微生物活性有可能不减反增,因此为了起到杀菌效果,需要增强电场强度^[65]。

4 结 语

随着人们消费观念的改变,酱卤肉制品加工技术也需要不断改进,以提高产品品质。传统酱卤肉制品在工业化生产时存在成本高、风味不稳定、微生物腐败等多重问题,特别是存在避免过热处理产生异味和保持热杀菌强度之间的矛盾。为此,传统酱卤肉制品的品质升级亟待新的工艺技术,本文所总结的腌制技术、卤煮技术、杀菌技术有助于为酱卤肉制品的生产提供新的解决方案,进一步提升传统酱卤肉制品品质。

参考文献:

- [1] 宋大巍, 刘松昱, 金宝麟, 等. 传统酱卤肉制品杀菌防腐技术研究进展[J]. 科学技术创新, 2018(11): 45-46.
- [2] 张苏苏, 赵子瑞, 苑冰冰, 等. 酱卤肉制品加工技术研究进展[J]. 食品安全质量检测学报, 2016, 7(8): 3270-3276. DOI:10.15922/j.cnki.rlyj.2016.12.008.
- [3] AKKOSE A, AKTAS N. Curing and diffusion coefficient study in pastirma, a Turkish traditional meat product[J]. Meat Science, 2014, 96(1): 311-314. DOI:10.1016/j.meatsci.2013.07.026.
- [4] LIU Xiaochang, ZHANG Yuemei, LI Dapeng, et al. Characterization of the microbiota in lightly salted bighead carp (*Aristichthys nobilis*) fillets stored at 40 ℃[J]. Food Microbiology, 2017, 62: 106-111. DOI:10.1016/j.fm.2016.10.007.
- [5] WANG Zhengyu, XU Weiwei, KANG Ning, et al. Microstructural, protein denaturation and water holding properties of lamb under pulse vacuum brining[J]. Meat Science, 2016, 113: 132-138. DOI:10.1016/j.meatsci.2015.11.015.
- [6] VILLALOBOS-DELGADO L H, CARO I, BLANCO C, et al. Quality characteristics of a dry-cured lamb leg as affected by tumbling after dry-salting and processing time[J]. Meat Science, 2014, 97(1): 115-122. DOI:10.1016/j.meatsci.2014.01.015.
- [7] 苑瑞生. 滚揉工艺对鸡肉调理制品食用品质影响的研究[D]. 泰安: 山东农业大学, 2011: 25-62. DOI:10.7666/d.d144223.
- [8] 史培磊, 阎辉辉, 李春保, 等. 滚揉腌制前后鹅肉品质的变化[J]. 食品科学, 2011, 32(11): 88-92.
- [9] 李可, 闫路辉, 栗俊广, 等. 不同腌制方式对猪排骨品质的影响[J]. 食品工业, 2019, 40(10): 128-132.
- [10] 陈星, 沈清武, 罗洁. 不同腌制方式对鸭肉腌制速率及品质的影响[J]. 食品科学, 2020, 41(12): 7-13. DOI:10.7506/spkx1002-6630-20190603-016.
- [11] 詹文圆, 郇延军, 孙敬, 等. 变压滚揉腌制工艺对冷却猪肉中微生物的影响[J]. 食品工业科技, 2009, 30(1): 211-213.
- [12] 吴汉东, 查恩辉. 变压滚揉腌制工艺对冷却猪肉中微生物的影响[J]. 食品工业, 2011(7): 15-16.
- [13] 詹文圆. 肉制品加工中变压滚揉腌制技术研究[D]. 无锡: 江南大学, 2008: 6-12. DOI:10.7666/d.y1397876.
- [14] 马菲, 郇延军, 刁欣悦, 等. 基于注射-滚揉工艺的酱卤肉制品风味料液制备工艺的优化[J]. 食品与发酵工业, 2019, 45(18): 162-167. DOI:10.13995/j.cnki.11-1802/ts.020357.
- [15] 贾娜, 李博文, 孔保华. 盐水注射及食用胶对酱牛肉品质的影响[J]. 食品与发酵工业, 2015, 41(3): 96-99. DOI:10.13995/j.cnki.11-1802/ts.201503017.
- [16] 赵志霞, 吴燕燕, 李来好, 等. 低盐罗非鱼片快速腌制的工艺研究[J]. 南方水产科学, 2017, 13(6): 105-114. DOI:10.3969/j.issn.2095-0780.2017.06.013.
- [17] 徐宝才, 孙建清, 韩衍青, 等. 原料肉的机械前处理工艺对猪肉切片火腿品质的影响[J]. 农业工程学报, 2012, 28(14): 250-255.
- [18] 王玉田, 李铁欣. 盐水注射法对沟帮子熏鸡腌制效果的影响[J]. 食品研究与开发, 2009(6): 63-65.
- [19] KRUK Z A, YUN H, RUTLEY D L, et al. The effect of high pressure on microbial population, meat quality and sensory characteristics of chicken breast fillet[J]. Food Control, 2011, 22(1): 6-12. DOI:10.1016/j.foodcont.2010.06.003.
- [20] NUFIEZ-MANCILLA Y, PEREZ-WON M, VEGA-GALVEZ A, et al. Modeling mass transfer during osmotic dehydration of strawberries under high hydrostatic pressure conditions[J]. Innovative Food Science and Emerging Technologies, 2011, 12(3): 338-343. DOI:10.1016/j.ifset.2011.03.005.
- [21] 冷雪娇, 徐幸莲, 周光宏, 等. 高压腌制对鸡胸肉食用品质的影响[J]. 食品科学, 2013, 34(17): 53-56. DOI:10.7506/spkx1002-6630-201317012.
- [22] 王旭. 超高压腌制对羊腿肉品质影响及传质动力学研究[D]. 银川: 宁夏大学, 2016: 9-17. DOI:10.7666/d.Y3109100.
- [23] 段虎, 刘勤华, 王玮娟, 等. 高压对牛肉腌制进程及其品质特性的影响[J]. 食品研究与开发, 2014(3): 107-110; 111. DOI:10.3969/j.issn.1005-6521.2014.03.030.
- [24] 康大成. 超声波辅助腌制对牛肉品质的影响及其机理研究[D]. 南京: 南京农业大学, 2017: 121-144.
- [25] MCDONNELL C K, LING 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.



- [26] 韦田, 梅林, 王志耕, 等. 超声波对猪肉腌制效率及其品质特性的影响[J]. 食品与发酵工业, 2015, 41(11): 176-180. DOI:10.13995/j.cnki.11-1802/ts.201511032.
- [27] 付萧逸. 超声波辅助碳酸氢钠腌制对鸡肉品质的影响[D]. 合肥: 安徽农业大学, 2019: 11-39. DOI:10.26919/d.cnki.gannu.2019.000130.
- [28] 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. DOI:10.16429/j.1009-7848.2019.10.019.
- [29] 张建梅, 厉建军, 孙晓红, 等. 超声波辅助腌制对肉制品的影响[J]. 农产品加工, 2019(15): 11-14. DOI:10.16693/j.cnki.1671-9646(X).2019.08.004.
- [30] INGUGLIA E S, ZHANG Z, BURGESS C, et al. Influence of extrinsic operational parameters on salt diffusion during ultrasound assisted meat curing[J]. Ultrasonics, 2018, 83: 164-170. DOI:10.1016/j.ultras.2017.03.017.
- [31] 成亚斌, 黄凯信, 宋贤良, 等. 不同卤制次数的盐焗鸡卤汁中的营养成分变化规律[J]. 食品与发酵工业, 2014, 40(3): 129-133. DOI:10.13995/j.cnki.11-1802/ts.2014.03.031.
- [32] 吕永平, 贾敏敏. 符离集烧鸡系列产品酱卤鸡翅的加工技术研究[J]. 安徽农学通报, 2018, 24(22): 89-90; 115. DOI:10.16377/j.cnki.issn1007-7731.2018.22.036.
- [33] 李艳逢. 盐水鸭复卤卤水基本品质特性的研究[D]. 南京: 南京农业大学, 2009: 29-88. DOI:10.7666/d.y1762830.
- [34] 章天婵, 王路瑶. 肉制品中杂环胺形成因素及抑制方法研究进展[J]. 肉类研究, 2020, 34(4): 94-99. DOI:10.7506/rlyj.1001-8123-20200220-051.
- [35] 唐春红, 李海, 李侠, 等. 反复卤煮对老汤品质的影响研究[J]. 现代食品科技, 2015, 31(5): 187-192. DOI:10.13982/j.mfst.1673-9078.2015.5.030.
- [36] 李侠. 传统肉制品定量卤制加工技术研究取得突破[J]. 基层农技推广, 2016, 4(1): 108.
- [37] 苑冰冰, 张苏苏, 赵子瑞, 等. 酱卤肉制品加工与新技术应用研究进展[J]. 农产品加工, 2016(18): 39-45. DOI:10.16693/j.cnki.1671-9646(X).2016.09.041.
- [38] 陈立业, 郭兆斌, 刘耀娜, 等. 不同卤制方式对酱牛肉营养品质和质构特性的影响[J]. 粮食科技与经济, 2019, 44(8): 104-107. DOI:10.16465/j.gste.cn431252ts.20190830.
- [39] 孙圳, 韩东, 张春晖, 等. 定量卤制鸡肉挥发性风味物质剖面分析[J]. 中国农业科学, 2016, 49(15): 3030-3045. DOI:10.3864/j.issn.0578-1752.2016.15.017.
- [40] 陈旭华. 酱卤肉制品定量卤制工艺研究[D]. 北京: 中国农业科学院, 2014: 18-33.
- [41] 费楠, 李芳菲, 党苗苗, 等. 非热杀菌技术特点及在肉制品加工中的应用[J]. 食品安全质量检测学报, 2015, 6(2): 540-544. DOI:10.19812/j.cnki.jfsq11-5956/ts.2015.02.034.
- [42] 高茹雪. 卤鸡翅品质改良关键工艺研究[D]. 福州: 福建农林大学, 2012: 45-56.
- [43] 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. DOI:10.3969/j.issn.1003-5788.2014.03.008.
- [44] 余恺, 胡卓炎, 黄智洵, 等. 微波杀菌研究进展及其在食品工业中的应用现状[J]. 食品工业科技, 2005, 26(7): 185-189. DOI:10.13386/j.issn1002-0306.2005.07.060.
- [45] 蒋宇飞, 芮汉明. 白切鸡微波杀菌后在冷藏过程中的品质变化[J]. 食品工业科技, 2008, 29(4): 258-261. DOI:10.13386/j.issn1002-0306.2008.04.063.
- [46] 陈海英, 牟伟勋. 微波杀菌技术在不同形态食品领域的应用分析[J]. 食品工业, 2016, 37(10): 255-257.
- [47] 李星, 布丽君, 张晓春, 等. 微波杀菌对卤鹅挥发性风味成分的影响研究[J]. 食品工业科技, 2017, 38(14): 97-100; 105. DOI:10.13386/j.issn1002-0306.2017.14.019.
- [48] 戚彪, 曲超, 成晓瑜, 等. 微波杀菌对卤猪肝品质特性的影响[J]. 食品科学, 2013, 34(1): 69-72.
- [49] 张祎敏, 秦丽娟, 宋贤良, 等. 微波杀菌对盐鸡翅根杀菌效果及品质影响[J]. 食品工业科技, 2016, 37(20): 245-248. DOI:10.13386/j.issn1002-0306.2016.20.040.
- [50] 张艳艳, 王健, 李海军, 等. 电子束辐照对酱卤牛肉品质的影响[J]. 安徽农业科学, 2014, 42(14): 4441-4443. DOI:10.13989/j.cnki.0517-6611.2014.14.029.
- [51] 张晗, 吕鸣春, 梅卡琳, 等. 电子束辐照对鲈鱼肉杀菌保鲜效果及品质的影响[J]. 食品科学, 2018, 39(21): 66-71. DOI:10.7506/spkx1002-6630-201821010.
- [52] GALÁN I, GARCÍA M L, SELGAS M D. Irradiation is useful for manufacturing ready-to-eat cooked meat products enriched with folic acid[J]. Meat Science, 2011, 87(4): 330-335. DOI:10.1016/j.meatsci.2010.11.007.
- [53] 杨文鸽, 徐大伦, 楼乔明, 等. 电子束辐照对鲜牡蛎杀菌保鲜效果的影响[J]. 中国食品学报, 2015, 15(7): 80-85. DOI:10.16429/j.1009-7848.2015.07.012.
- [54] BUCKOW R, SIKES A, TUME R. Effect of high pressure on physicochemical properties of meat[J]. Critical Reviews in Food Science and Nutrition, 2013, 53(7): 770-786. DOI:10.1080/10408398.2011.560296.
- [55] HEINZ V, BUCKOW R. Food preservation by high pressure[J]. Journal for Consumer Protection and Food Safety, 2010, 5(1): 73-81. DOI:10.1007/s00003-009-0311-x.
- [56] GARRIGA M, GREBOL N, AYMERICH M T, et al. Microbial inactivation after high-pressure processing at 600 MPa in commercial meat products over its shelf life[J]. Innovative Food Science and Emerging Technologies, 2004, 5(4): 451-457. DOI:10.1016/j.ifset.2004.07.001.
- [57] 韩衍青, 孙新生, 刘登勇, 等. 应用超高压手段延长低温烟熏火腿的货架期[J]. 食品科学, 2011, 32(15): 99-102.
- [58] 李楠, 张艳芳, 韩剑飞, 等. 超高压杀菌对冰鲜肉肉感官品质及微生物的影响[J]. 肉类工业, 2015(3): 19-23; 27. DOI:10.3969/j.issn.1008-5467.2015.03.007.
- [59] 刘杨铭, 侯然, 赵伟, 等. 超高压对酱卤羊肚感官品质、微观结构及其肌浆蛋白特性的影响[J]. 食品科学, 2019, 40(9): 76-82. DOI:10.7506/spkx1002-6630-20180409-098.
- [60] 杨宇帆, 王浩, 孔保华, 等. 高压电场技术在食品加工中的应用研究进展[J]. 食品工业科技, 2019, 40(19): 316-320; 325. DOI:10.13386/j.issn1002-0306.2019.19.055.
- [61] TAO Xiaoyun, CHEN Jian, LI Luning, et al. Influence of pulsed electric field on *Escherichia coli* and *Saccharomyces cerevisiae*[J]. International Journal of Food Properties, 2014, 18(7): 1416-1427. DOI:10.1080/10942912.2014.917098.
- [62] 李霜, 李诚, 陈安均, 等. 高压脉冲电场对调理牛肉杀菌效果的研究[J]. 核农学报, 2019, 33(4): 722-731. DOI:10.11869/j.issn.100-8551.2019.04.0722.
- [63] OHSHIMA T, OKUYAMA K, SATO M. Effect of culture temperature on high-voltage pulse sterilization of *Escherichia coli*[J]. Journal of Electrostatics, 2002, 55(3/4): 227-235. DOI:10.1016/s0304-3886(01)00206-6.
- [64] NOVICKIJ V, STANEVIČIENĖ R, STAIGVILA G, et al. Effects of pulsed electric fields and mild thermal treatment on antimicrobial efficacy of nisin-loaded pectin nanoparticles for food preservation[J]. LWT-Food Science and Technology, 2020, 120: 108915. DOI:10.1016/j.lwt.2019.108915.
- [65] 张涛, 范成凯, 杨勇, 等. 高压脉冲电场对酵母活性变化与致死双重效应研究[J]. 核农学报, 2018, 32(8): 1556-1561. DOI:10.11869/j.issn.100-8551.2018.08.1556.