

DOI:10.13995/j.cnki.11-1802/ts.023154

引用格式:朱士臣,储雨姗,柯志刚,等.腌腊鱼贮藏过程品质变化及其多维度控制技术研究进展[J].食品与发酵工业,2020,46(10):284-289. ZHU Shichen, CHU Yushan, KE Zhigang, et al. Advances in quality change and multi-dimensional control technology of salt-cured fish during storage[J]. Food and Fermentation Industries, 2020, 46(10):284-289.

腌腊鱼贮藏过程品质变化及其多维度控制技术研究进展

朱士臣^{1,2}, 储雨姗^{1,2}, 柯志刚^{1,2}, 顾赛麒^{1,2}, 吕飞^{1,2}, 丁玉庭^{1,2,3}, 周绪霞^{1,2,3*}

1(浙江工业大学 食品科学与工程学院, 浙江 杭州, 310014) 2(国家远洋水产品加工技术研发分中心(杭州), 浙江 杭州, 310014)

3(海洋食品精深加工关键技术省部共建协同创新中心, 辽宁 大连, 116034)

摘 要 腌腊鱼是我国传统腌干水产品之一, 尤其在我国南方的饮食文化中占有重要地位。高品质的腌腊鱼咸鲜相宜、腊香浓郁, 深受消费者喜爱, 但腌腊鱼在贮藏过程中易发生脂质、蛋白质的水解和氧化、氨基酸脱羧、硝酸盐还原等一系列生化反应, 影响产品的质量和食用安全性。阐明腌腊鱼贮藏过程中品质变化规律及其内在机制, 并通过优化加工工艺、品质调控和智能包装等多维度控制技术提高其贮藏期间品质和安全越来越受到人们的关注。该文综述了腌腊鱼贮藏过程中品质变化规律及其机理, 并对近年来发展起来的品质控制技术做了进一步总结, 以期对腌腊鱼的高品质贮藏提供一定的参考。

关键词 腌腊鱼; 贮藏过程; 品质变化; 机理; 控制技术

Advances in quality change and multi-dimensional control technology of salt-cured fish during storage

ZHU Shichen^{1,2}, CHU Yushan^{1,2}, KE Zhigang^{1,2}, GU Saiqi^{1,2},
LYU Fei^{1,2}, DING Yuting^{1,2,3}, ZHOU Xuxia^{1,2,3*}

1(College of Food Science and Technology, Zhejiang University of Technology, Hangzhou 310014, China)

2(National R&D Branch Center for Pelagic Aquatic Products Processing (Hangzhou), Hangzhou 310014, China)

3(Collaborative Innovation Center of Seafood Deep Processing, Dalian 116034, China)

ABSTRACT Salt-cured fish is one of the traditional pickled aquatic products of China, which plays an important role in the food culture of South China. High-quality salted fish with a unique flavor and taste is very popular among consumers. However, the normal-temperature transportation of salt-cured fish makes it more prone to biochemical reactions, including hydrolysis and oxidation of lipids and proteins, amino acid decarboxylation and nitrate reduction, which affect the quality and safety of salt-cured fish during storage. The elucidation of the quality change and its internal mechanism of salt-cured fish during storage, and various methods (i. e., optimization of processing, quality control and packaging technologies) aiming to improve the quality and safety have gained more and more attention. To provide some guidelines for the high-quality storage of salt-cured fish, this paper reviewed the quality changes and corresponding mechanism of salt-cured fish during storage, and also made a further summary of the quality control technologies developed in recent years.

Key words salt-cured fish; storage process; quality change; mechanism; control technologies

第一作者: 博士, 讲师(周绪霞教授为通讯作者, E-mail: xzhou@zjut.edu.cn)

基金项目: 国家自然科学基金(31871869); “十三五”国家重点研发计划重点专项(2018YFD0901006)

收稿日期: 2019-12-19, 改回日期: 2020-02-18

腌腊鱼是以鲜鱼为原料,经盐腌制并加入调味品后,自然或人工干制而成,是具有地方特色的传统干腌水产品之一。其富含蛋白质、脂肪等营养物质,腊香浓郁,深受消费者喜爱^[1]。但腌腊鱼贮藏过程中易在内源性蛋白酶和微生物作用下,发生蛋白质、脂肪的水解和氧化、氨基酸脱羧、硝酸盐还原等一系列生物化学变化,使鱼体挥发性含氮化合物、亚硝酸盐以及醛酮类物质的含量增加,降低了腌腊鱼的品质和食用安全性^[2]。如何保持腌腊鱼制品贮藏期稳定性,开发更营养安全的腌腊鱼制品是当前腌腊鱼产业亟待解决的关键问题^[3]。目前在该领域的研究主要从两个方面展开,一是解析腌腊鱼贮藏过程中品质的变化规律及其机理;二是通过加工工艺优化、加工过程品质调控和智能包装等多维度控制技术优化提高其贮藏期间品质稳定性。本文重点从以上两个方面进行综述,以期对腌腊鱼的高品质贮藏及水产品加工产业的发展提供一定借鉴。

1 腌腊鱼贮藏过程中品质变化规律及其作用机制

1.1 腌腊鱼脂质和蛋白质的氧化与降解

脂质和蛋白质等营养成分的氧化是影响腌腊鱼加工和贮藏期间品质变化的主要因素。张婷等^[2]研究发现咸鱼在4℃和20℃下,随贮藏时间增加,硫代巴化妥酸值(2-thiobarbituric acid, TBA)值先上升后下降,而在-20℃贮藏下,TBA呈现稳定的缓慢上升趋势,-20℃更有利于控制产品品质变化。OZOGUL等^[4]研究了腌制风尾鱼在4℃冷藏的条件下的货架期,发现TBA值从1.9 mg/kg增加到4.25 mg/kg,而脂肪过氧化值(peroxide value, POV)值则在贮存5个月时达到最大,推测是由于脂肪氧化第一阶段中产生的脂肪酸被氧化为氢过氧化物,并进一步分解为次级氧化物。龚丽等^[5]研究表明,低盐半干罗非鱼片储藏期间挥发性盐基氮(total volatile base nitrogen, TVBN)呈逐渐上升的趋势,这与微生物分解蛋白质产生胺类等碱性物质有关。

随贮藏时间的增加,腌腊鱼中的蛋白质分解产生的氨基酸在微生物的脱羧作用下生成更多的生物胺^[6],而蛋白质代谢产生的氨会在微生物作用下转化为亚硝酸盐^[7]。RABIE等^[6]研究发现腌腊鱼贮藏60 d后,生物胺的总含量从84 mg/kg增加至1 633 mg/kg。李冰^[7]发现腌干鲈鱼中亚硝酸盐含量随贮藏时间的延长呈波动上升趋势。蛋白质转化途径的食品安全隐患物质生成已成为影响腌腊水产品安全性的一个重要因素。

1.2 腌腊鱼挥发性风味物质的形成与表征

腌腊鱼加工贮藏过程中形成的挥发性物质是其具备独特风味的物质基础。腌腊鱼特征性风味物质主要通过酶或者化学反应生成,如脂类氧化降解、蛋白质降解、美拉德反应以及氨基酸的Strecker降解反应等^[8]。一般而言,腌腊鱼的特征风味物质主要为醇类、醛类和酮类物质(表1),挥发性物质的具体组成与腌制鱼的种类及腌制工艺密切相关。JÓNSDÓTTIR等^[9]结合感官评价与色谱分析等手段,研究了不同方式(注射腌制、干腌和混合腌制)所腌制鲑鱼的特征性风味组成的差异,结果表明,尽管不同腌制方式能显著影响腌腊鱼的特征风味,但风味物质的形成均与蛋白质及脂肪的降解产物有关。刘昌华^[10]研究发现,烯醛、不饱和醇和不饱和酮类化合物为腌制风干鲈鱼中主要的风味化合物,且脂质分解氧化是产品特征风味形成的主要生化反应。MORETTI等^[11]发现蛋白质和脂肪的水解反应有助于腌腊鲱鱼特征风味物质的形成,且随着贮藏期间的延长,挥发性风味物质的含量逐渐下降。李来好等^[12]采用顶空固相微萃取与气质联用相结合的方式对柳叶鱼、红牙、小黄鱼以及带鱼等4种常见的腌腊鱼中挥发性风味成分进行分析,其特征风味物质是3-甲基丁醛、己醛、(Z)-4-庚醛、庚醛、苯甲醛、辛醛、壬醛、1-戊烯-3-醇、3-甲基丁醇、1-辛烯-3-醇、庚醇、三甲胺,其中与产品鱼腥味密切相关的三甲胺会随着贮藏时间的延长而增加,从而影响消费者对产品的可接受性。

表1 腌腊鱼中的主要挥发性物质及形成机制^[9-12]

Table 1 The key volatile compounds of salt-cured fish and their corresponding formation mechanism

挥发性物质种类	风味特征	挥发性风味物质	产生机制
醇类	坚果、蘑菇或泥土味	1-辛烯-3-醇	由12-脂质氧化酶氧化花生四烯酸形成
		1-戊烯-3-醇	由15-脂质氧化酶氧化二十碳五烯酸(EPA)而成
		3-甲基丁醇	亮氨酸分解,可作为美拉德反应底物
		3-甲基丁醛	亮氨酸的分解或蛋白质氧化
		乙醛	n-6不饱和脂肪酸的氧化
醛类	蔬菜、青草和水果香味	苯乙醛	苯基丙氨酸的Strecker降解
		顺式-4-庚烯醛	n-3多不饱和脂肪酸的氧化
		甲硫基丙醛	甲硫氨酸的Strecker降解
		庚醛、辛醛	十八烯酸氧化
		2-己烯醛	α-亚麻酸自动氧化
酮类	油腻味和香蕉味	2-辛烯醛	亚油酸氧化
		3-羟基-2-丁酮	脂肪氧化
		2-庚酮	多不饱和脂肪酸的氧化降解
烃类	风味贡献不大	甲苯	脂类氧化或者苯丙氨酸分解代谢产生
		十五烷、十七烷	微生物或摄入藻类产生
其他	鱼腥味、焦臭味	三甲胺	氧化三甲胺经兼性厌氧菌还原
		甲基吡嗪	羰基Strecker降解

1.3 腌腊鱼色泽劣化与组织质地特性变化

腌腊鱼的色泽和组织质地特性对其食用品质有着重要影响。腌腊鱼在贮藏过程中,一方面由于水分含量逐渐降低,造成鱼肉脱水、收缩,鱼体肌肉纤维收缩,肌纤维间距减小,组织结构紧密,使得其自身硬度值增加,颜色变暗;而蛋白质变性会使其组织结构韧性增加,蛋白质的凝胶性能降低,导致其弹性值下降;另一方面脂肪氧化和肌红蛋白氧化作用会使肉品色泽发生变化^[1]。在淡水鱼中,MORETTI等^[11]发现贮藏后期的腌腊鲱鱼呈现出更强烈的红色,认为美拉德反应是该现象的主要原因,可能是由于酶和非酶因素导致形成了能够与蛋白质和脂质成分交联的棕色荧光产物。顾赛麒等^[1]应用色差仪和质构仪对腌腊草鱼进行了测定,发现日晒过程中的腌腊鱼色泽不断变暗,逐步发红和变黄,同时硬度和咀嚼性提高。而在海水鱼中,WAWIRE等^[13]发现沙丁鱼经过腌制和干制后,颜色变深,但随贮藏时间增加,颜色没有显著差异,可能是由于腌制和干制对鱼类组织中的血液,脂肪成分和蛋白质的影响所致。

2 腌腊鱼高质化加工与多维度品质控制技术

为了更好地控制腌腊鱼贮藏过程中微生物污染、蛋白质和脂质氧化等引起的产品品质 and 安全性下降,本文从高质化加工关键技术、产品水分活度和贮藏温度控制,以及杀菌和包装方式等做了总结,主要总结如下。

2.1 腌腊鱼的高质化加工关键技术

腌制和干制是影响加工和贮藏过程中腌腊鱼风味和食用安全性的主要工艺过程。目前常用的腌制方式主要包括传统腌制和新型腌制法2种(表2),其中湿腌法所制备的腌腊鱼贮藏品质优于干腌法。何雄等^[14]发现相同贮藏时间内,湿腌法腌制的翘嘴红鲌鱼肉TVBN、菌落总数显著低于干腌法,而感官评分高于干腌法,且腌腊鱼保质期延长了2~3 d。除此之外,腌制时间、腌制浓度等也显著影响腌腊鱼的贮藏品质。郭雅等^[8]发现添加8%食盐所腌制的风干鳊鱼的脂肪分解氧化情况和风味更理想。TSIRON等^[15]研究发现,鲷鱼产品的贮藏期随腌制时间的增加而延长。干制方式对腌腊鱼的色度,脂肪氧化及菌落总数有一定影响。在淡水鱼中,余静等^[16]研究发现仿天然风干的腌腊草鱼比烘烤干燥的腌腊草鱼脂肪酸氧化程度低,贮藏期延长。顾赛麒等^[17]研究发现热风光照干燥的腌腊草鱼较冷风避光干燥的腌腊

鱼菌落总数低,更利于腌腊草鱼的贮藏。在海水鱼中,杨鹏^[18]研究发现,与热风干燥相比,热风-微波组合干制的腌制鲭鱼的 L^* 、 a^* 、 b^* 值均明显升高,硬度增加40%。

随着“低盐膳食”观念在消费者中的普及,腌腊鱼中的高盐含量深受消费者诟病。如何在降低腌腊鱼中盐含量的同时保证其贮藏品质,是广大研究者共同关注的问题。在腌腊鱼腌制过程中结合新型物理手段如高压、超声、脉冲电场等技术降低腌腊鱼中盐含量是目前研究较为广泛的降盐策略之一。

新型腌制方法主要借助物理场如压力、超声、脉冲等改变食品结构,加快NaCl在食品内部的传质速率,从而提高盐渍效率,缩短腌制时间(表2)。KANG等^[21]发现一定强度的超声通过改变肌原纤维间距离而加快NaCl在肌肉内的扩散,并显著影响盐渍过程中盐分的传质系数。OJHA等^[19]也认为NaCl在肉中的扩散速率显著依赖于超声功率,低超声功率对NaCl的扩散速率影响有限,只有在较高的超声强度作用下,NaCl的扩散速率才明显高于静态盐渍。通过短时施加一定强度的电场,可改变细胞膜的通透性,从而加快NaCl的传质过程。SIMPSON等^[22]研究表明,与静置盐渍相比,1 V/cm强度的电场辅助盐渍可明显加快NaCl在三文鱼中的扩散速率,而对三文鱼的品质无明显的负面影响。除了上述的物理辅助方法外,还可通过化学机制(添加钠盐替代物如钾盐、镁盐、复合盐、盐增强剂)、盐的结构设计(盐外形或尺寸改变)等方式减少食盐添加量^[23]。此外,基于NaCl与味觉感知间的作用机制,提高相对游离钠离子含量也是目前提出的减盐策略之一。

2.2 腌腊鱼的多维度品质控制技术

2.2.1 加工过程品质调控技术

通过在加工过程中加入外源性添加物可以控制腌腊鱼贮藏过程中自身脂肪氧化,抑制微生物生长及生物胺等有害物质的积累,从而延长产品的贮藏时间。特别是近年来,在腌腊鱼制备过程中加入天然功能成分成为提高腌腊鱼加工及贮藏品质的主要策略之一。刘玮^[28]研究发现不同浓度茶多酚和Nisin能有效抑制封鳊鱼在贮藏期间细菌繁殖和TVBN的增加,且浓度越高,抑制率越高。杨蓉蓉等^[29]发现八角茴香提取物能够显著减少风干鲈鱼贮藏过程中菌落总数、肠杆菌数和金黄色葡萄球菌数,且对腐胺、尸胺、组胺、酪胺和苯乙胺的生成均具有明显抑制作用,而花椒的添加对腌腊鱼的营养成分无显著影响,但能

明显减少多不饱和脂肪酸如 EPA 和 DHA 等的氧化损失^[30]。

表 2 不同腌制方式及其优缺点

Table 2 Advantages and disadvantages of different cured methods

腌制方式	优点	缺点	作用机制	参考文献	
传统腌制方法	干腌法	操作简便、营养成分流失少	腌制不均匀、时间长、失重大、色泽较差	利用食盐的渗透压和吸湿性作用	[14]
	湿腌法	腌制均匀、盐水可重复利用	制品的色泽和风味不佳、腌制时间长	盐分扩散和水分渗透作用	[14]
	混合腌制法	色泽好、营养流失少、咸度适中	操作复杂	盐分扩散和水分渗透作用	[24]
	注射腌制法	腌制周期短、品质好、效率高	风味不佳	利用注射针直接将盐水注射到肌肉	[25]
新型腌制方法	静态变压腌制	腌制效果好、品质好	成本较高	加压促使腌制液扩散到细胞间隙	[26]
	真空滚揉腌制	腌制时间短、提高肉品质	成本高	真空排物料间空气促进腌制液渗入，滚揉技术加速腌制	[27]
	超声波腌制	缩短腌制时间、提高腌制效率、有效减少盐含量	高强度会增加脂肪氧化速度和蛋白质变性程度	利用超声波的空化作用，增加盐分的扩散系数	[21]
	超高压腌制	缩短腌制时间，提高腌制效率、营养成分流失少	成本较高	超高压破坏食品非共价键，促进食盐扩散并失活微生物	[19]
	脉冲电场腌制	减少食盐含量、提高产品嫩度	成本高、会使肉变软	脉冲电场造成细胞膜穿孔，使盐在制品中快速均匀分布	[22]

2.2.2 水分活度控制技术

水分活度(water activity, Aw)与腌腊鱼的贮藏品质有着密切的关系。低 Aw 能够抑制腌腊鱼贮藏过程的生化变化和微生物的生长繁殖,稳定腌腊鱼的品质并延长其货架期。目前主要通过适当增加 NaCl 浓度、延长干制时间及物理手段辅助等降低腌腊鱼 Aw,以提高产品的贮藏稳定性。鱼肉组织盐化会使肌肉组织间形成渗透压而促使水分子迁移。因此,基于盐与水分迁移之间的内在联系,LAUB-EKGREEN 等^[31]建立了 NaCl 和 Aw 分布的动力学模型,从而可以通过控制盐渍时间调节 Aw,保证腌腊鱼制品的储藏安全性。周星宇等^[32]研究发现使用盐水腌制或添加丙二醇与丙三醇、磷酸盐复合物,能够降低鳗鱼鲞 Aw,抑制绝大部分细菌、霉菌和酵母的生长繁殖,提高半干鳗鱼鲞的保藏性能。龚丽等^[33]发现半干咸鱼制品的 Aw 随含盐量的增加显著下降,延长了保质期,但通过单一增加含盐量降低 Aw 的方法对组胺形成的抑制能力有限^[34]。

2.2.3 贮藏温度控制技术

贮藏温度对腌腊鱼品质的影响与其含盐量或含水量密切相关。李慧兰^[35]以菌落总数、感官评定、TVBN 为指标研究了贮藏温度对不同含水量腌制鲫鱼贮藏期的影响。结果表明,贮藏温度的降低显著延长了低、高 2 种含水量的半干鲫鱼贮藏期,且相同温度下,低含水量半干鲫鱼的贮藏期显著高于高含水量半干鲫鱼。盐含量的适度增加可在一定程度上抵消

温度升高对腌制鱼制品品质的不利影响,但较高的贮藏温度可能会促进极端嗜盐菌增殖而缩短鱼制品保质期^[36]。一般而言,低温贮藏不但可以抑制腌腊鱼中微生物的生长繁殖,而且可以降低脂质氧化反应等生化反应速率,使产品品质更佳且货架期更长。KA-RACAM 等^[37]研究发现即使不使用抗氧化剂,腌制的凤尾鱼也可以在(4±1)℃下冷藏 150 d。

2.2.4 新型灭菌技术

腌腊鱼的品质劣变、腐败变质多是由微生物引起的,在贮藏前采取一定的灭菌措施,可以减少产品中初始微生物含量,保证腌腊鱼的贮藏品质。目前常用的灭菌技术由超高温瞬时灭菌、超高压灭菌、脉冲紫外线杀菌、超声波杀菌及脉冲电场杀菌等(表 3)。LIU 等^[38]通过脉冲紫外线辐照处理显著降低了干腌肉制品的菌落总数,产品在 20℃贮藏货架期长达 294 d。JUAN 等^[39]研究表明,超高压处理金枪鱼可以显著降低产品中微生物数量并在一定程度上抑制脂质氧化,使其在 4℃和-20℃下的保质期分别延长了 22 d 和 93 d。黄现青等^[40]通过低温等离子体处理有效延长了酱卤鸭腿的货架期,且处理时间为 180 s 的感官品质较优。由上可知,不同的灭菌方式均能在一定程度上有效抑制微生物的繁殖,但应综合考虑灭菌方式及其作用条件对产品营养品质、风味品质及感官品质的影响,选择适宜的腌腊制品的灭菌方式。

表 3 不同灭菌方式的灭菌机制及其优缺点

Table 3 Sterilization mechanisms and advantages and disadvantages of different sterilization methods

灭菌方式	灭菌机制	优缺点	参考文献
超高温瞬时杀菌	微生物受热致死	延长保质期,但营养价值降低,风味、质地发生变化	[41]
超高压杀菌	高压使微生物膜损伤,蛋白质变性	较好保持食品色香味和营养品质,但成本高且蛋白质部分变性	[39]
脉冲紫外线杀菌	破坏微生物的细胞结构和 DNA	杀菌时间短,操作易控制	[38]
超声波杀菌	空化作用损伤微生物	速度快,安全,但灭菌不太彻底	[42]
脉冲电场杀菌	产生的磁场和电离作用破坏微生物细胞膜	较好保持食品的品质,但成本高	[43]
辐射杀菌	辐射破坏微生物的 DNA	环保,灭菌时间短,但成本高,易产生辐射臭	[44]
低温等离子体冷杀菌	静电作用破坏微生物细胞膜	环保,能更好保持食品的色香味	[40]

2.2.5 智能包装技术

通过保鲜包装防止或减少腌腊鱼与氧气的接触,可以抑制贮藏过程中各种氧化反应速率及好氧型微生物的繁殖,从而延长产品货架期。近年来,随着材料学的发展,一些具有抗氧化、抗菌等特定功能的新型智能材料,包括保鲜包装技术、可视化包装技术及二维码技术等,可以应用到腌腊鱼制品的贮藏过程中(表4)。

表 4 不同包装方式的特点及作用

Table 4 Characteristics and applications of different packaging methods for salt-cured fish

包装方式	特点及作用	参考文献
真空包装	抗湿性强、氧气含量低抑制好氧微生物生长,延缓脂肪氧化	[49]
气调包装	减少氧含量,隔绝外界微生物,防止微生物生长	[50]
抑菌活性包装	在包装材料中添加了抗菌剂,抑制微生物生长	[46]
抗氧化活性包装	抑制氧化,延长货架期	[45]
可视化智能包装	无需拆开包装就可直观观察食品品质变化情况	[47]

LLORET 等^[45]研究了含有分散纳米黏土的多层聚酰胺膜对真空包装干腌火腿冷冻贮藏期间产品稳定性的影响。结果表明,该包装材料可有效抑制氧气传输,延缓产品贮藏期间的脂质氧化。LEE 等^[46]利用 1% 的百里香精油-鳙鱼鱼皮明胶复合抗菌薄膜包裹肉样品,显著抑制了肉中李斯特菌和大肠杆菌的生长,延长了产品保质期。水产品贮藏过程中蛋白质氧化和降解会产生大量的生物胺类等碱性物质而使腌腊鱼的 pH 升高,因此可以利用 pH 敏感型颜色指示剂来监测包装环境进而指示产品品质变化。基于此原理,MA 等^[47]制备了基于聚乙烯醇、壳聚糖纳米颗粒和桑树提取物的视觉化智能薄膜,随着贮藏过程中鱼品质的劣化,该膜颜色也从红色变为绿色,为通过可视化包装材料检测水产品品质变化情况提供了一条可行途径。此外,还可以以二维码为食品信息载体,定期测定腌腊鱼贮藏过程品质变化,更新在线品质报告,建立食品溯源系统,保障食品安全^[48]。

3 展望

与冷藏和冻藏水产品相比,腌腊鱼低水分、较高含盐量的特点有利于维持其贮藏期间的稳定性,但传统常温流通方式使其在贮运过程中易发生脂质氧化和蛋白质的氧化分解,继而产生风味劣变、亚硝酸生成等品质和安全问题,这成为制约腌腊鱼及干腌水产制品产业发展的关键因素。而通过单一的品质控制策略对腌腊鱼贮藏期品质控制效果有限,应在充分理解并继续深入研究腌腊鱼贮藏过程中品质变化机制的基础上,从产品的加工、贮藏及流通等各个环节入手,通过高质化加工关键技术、产品 Aw 和贮藏温度控制技术、杀菌和包装新技术等方面进行全面综合的多维度品质控制,协同提高腌腊鱼的食用品质及安全性。与此同时,随着消费者食品消费观念的改变,低盐腌腊鱼的生产方式已成为发展趋势,如何在降低盐度的前提下,仍保留产品的传统风味特征和贮藏稳定性仍是该产业目前亟待解决的一个重要问题。

参 考 文 献

[1] 顾赛麒,唐锦品,周绪霞,等. 腌腊鱼传统日晒干制过程中品质变化与香气形成[J]. 食品科学, 2019, 40(17): 36-44.

[2] 张婷,吴燕燕,李来好,等. 不同贮藏条件下咸鱼品质的变化规律[J]. 食品工业科技, 2012, 33(23): 296-300.

[3] 吴燕燕,赵志霞,李来好,等. 传统腌制鱼类产品加工技术的研究现状与发展趋势[J]. 中国渔业质量与标准, 2017, 7(3): 1-7.

[4] OZOGUL Y, OZOGUL F, KULEY E. Effects of combining of smoking and marinating on the shelf life of anchovy stored at 4 °C [J]. Food Science & Biotechnology, 2010, 19(1): 69-75.

[5] 龚丽,刘军,刘秋月,等. 低盐半干罗非鱼片储藏期间的品质变化[J]. 食品科技, 2017(1): 167-170.

[6] RABIE M, SIMON-SARKADI L, SILIHA H, et al. Changes in free amino acids and biogenic amines of Egyptian salted-fermented fish (*Feseekh*) during ripening and storage[J]. Food Chemistry, 2009, 115(2): 635-638.

[7] 李冰. 鲈鱼腌制工艺与货架期预测模型研究[D]. 大连:大连海洋大学, 2016.

[8] 郭雅. 不同腌制工艺对风干鳊鱼品质影响研究[D]. 南京:南京师范大学, 2016.

[9] JÓNSDÓTTIR, RÓSA. Flavor and quality characteristics of salted

- and desalted cod (*Gadus morhua*) produced by different salting methods[J]. Journal of Agricultural and Food Chemistry, 2011, 59(8): 3 893–3 904.
- [10] 刘昌华. 鲈鱼风干成熟工艺及其脂质分解氧化和风味品质特性研究[D]. 南京:南京农业大学, 2012.
 - [11] MORETTI V M, VASCONI M, CAPRINO F, et al. Fatty acid profiles and volatile compounds formation during processing and ripening of a traditional salted dry fish product[J]. Journal of Food Processing and Preservation, 2017, 41(5): e13 133.
 - [12] 李来好, 丁丽丽, 吴燕燕, 等. 咸鱼中的挥发性风味成分[J]. 水产学报, 2012, 36(6): 979–988.
 - [13] WAWIRE M, TSIGHE N, MAHMUD A, et al. Effect of salting and pressing on quality characteristics of spotted sardine (*Amblygaster sirm*) during different storage conditions[J]. Journal of Food Composition and Analysis, 2019, 79: 47–54.
 - [14] 何雄, 周静峰, 孙金才, 等. 翘嘴红鲌肉腌制工艺优化[J]. 食品安全质量检测学报, 2018, 9(8): 133–138.
 - [15] TSIRON T N, TAOUKIS P S. Effect of storage temperature and osmotic pre-treatment with alternative solutes on the shelf-life of gilt-head seabream (*Sparus aurata*) fillets[J]. Aquaculture & Fisheries, 2017, 2(1): 39–47.
 - [16] 余静, 张佳敏, 王卫, 等. 干燥工艺对腌腊鱼品质特性的影响[J]. 食品研究与开发, 2019, 40(12): 95–102.
 - [17] 顾赛麒, 周洪鑫, 郑皓铭, 等. 不同干制方式对腌腊草鱼脂肪氧化和挥发性风味成分的影响[J]. 食品科学, 2018, 39(21): 8–17.
 - [18] 杨鹏. 多脂红身鱼类鲭鱼在腌渍与干制加工中的品质变化及其控制技术的研究[D]. 杭州:浙江工业大学, 2010.
 - [19] OJHA K S, KEENAN D F, BRIGHT A, et al. Ultrasound assisted diffusion of sodium salt replacer and effect on physicochemical properties of pork meat[J]. International Journal of Food Science & Technology, 2016, 51(1): 37–45.
 - [20] 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.
 - [21] KANG D C, WANG A R, ZHOU G H, et al. Power ultrasonic on mass transport of beef: Effects of ultrasound intensity and NaCl concentration[J]. Innovative Food Science & Emerging Technologies, 2016, 35:36–44.
 - [22] SIMPSON R, NUÑEZ H, JAQUES A, et al. Application of a moderate electric field for the potential acceleration of the salting process of Atlantic salmon (*Salmo salar*) [J]. Journal of food process engineering, 2018, 41(6): e12 846.
 - [23] INGUGLIA E S, ZHANG Z, TIWARI B K, et al. Salt reduction strategies in processed meat products – A review[J]. Trends in Food Science & Technology, 2017, 59:70–78.
 - [24] 刘伯钧. 肉的腌制技术[J]. 食品与药品, 2001(10): 9–11.
 - [25] 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.
 - [26] 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): 151–162.
 - [27] 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): 151–162.
 - [28] 刘玮. 封鳊鱼营养品质、风味特征及其防腐保鲜[D]. 合肥:合肥工业大学, 2017.
 - [29] 杨蓉蓉, 王永丽, 章建浩. 八角茴香提取物对风干鲈鱼加工贮藏过程中生物胺及微生物的抑制效应[J]. 食品科学, 2016, 37(2): 225–231.
 - [30] ZHANG J, XU D, ZHAO X, et al. Effect of zanthoxylum bungeanum maxim on the lipid oxidation and fatty acid composition of dry-cured fish during processing[J]. J Food Process Pres, 2017, 41(3): e12 894.
 - [31] LAUB-EKGREEN M H, JESSEN F, MARTINEZ-LOPEZ B. Mechanistic modelling of the coupled salt and water transport in herring during brining and curing[J]. Journal of Food Engineering, 2019, 250:18–25.
 - [32] 周星宇, 杨文鸽, 王延辉, 等. 半干鳗鲡水分活度降低剂的研究[J]. 食品工业科技, 2009, 30(9): 199–200.
 - [33] 龚丽, 苏建, 刘清化, 等. 半干咸鱼水分活度的研究[J]. 食品工业科技, 2006, 27(4): 50–54.
 - [34] KORAL S, TUFAN B, ŞAVNICAR A, et al. Investigation of the contents of biogenic amines and some food safety parameters of various commercially salted fish products[J]. Food Control, 2013, 32(2): 597–606.
 - [35] 李慧兰. 半干淡水鱼的贮藏特性研究[D]. 武汉:华中农业大学, 2013.
 - [36] LORENTZEN G, EGENESS F A, PLEYM I E, et al. Shelf life of packaged loins of dried salt-cured cod (*Gadus morhua* L.) stored at elevated temperatures[J]. Food Control, 2016, 64:65–69.
 - [37] KARACAM H, KUTLU S, KOSE S. Effect of salt concentrations and temperature on the quality and shelf-life of brined anchovies [J]. International Journal of Food Science & Technology, 2010, 37(1): 19–28.
 - [38] LIU N, ZHU Q, ZENG X, et al. Influences of pulsed light-UV treatment on the storage period of dry-cured meat and shelf life prediction by ASLT method[J]. Journal of Food Science and Technology, 2019, 56(4): 1 744–1 756.
 - [39] JUAN C, RAMIREZ-SUAREZ J C, MORRISSEY M T. Effect of high pressure processing (HPP) on shelf life of albacore tuna (*Thunnus alalunga*) minced muscle[J]. Innovative Food Science & Emerging Technologies, 2006, 7(1–2): 19–27.
 - [40] 黄现青, 宋莲军, 赵秋艳, 等. 低温等离子体(500 W)处理对真空包装酱卤鸭腿货架期的影响[J]. 肉类工业, 2018, 443(3): 30–32.
 - [41] DEETH H C, LEWIS M J. Heat Treatments of Milk-Thermisation and Pasteurisation[M]. Chichester: John Wiley & Sons, Ltd, 2017:15–39.
 - [42] ANTANAS S, KRISTINA S, RENALDAS R, et al. Inactivation of some pathogenic bacteria and phytoviruses by ultrasonic treatment [J]. Microbial Pathogenesis, 2018, 123:144–148.
 - [43] NING Z, NING Y, YUE Z, et al. Inactivation of *Pichia rhodanensis* in relation to membrane and intracellular compounds due to microchip pulsed electric field (MPEF) treatment[J]. Plos One, 2018, 13(6): e0 198 467.
 - [44] MAHMOUD B S M, COKER R, SU Y C. Reduction in *Listeria monocytogenes* and spoilage bacteria on smoked catfish using X-ray treatments[J]. Letters in Applied Microbiology, 2012, 54(6): 524–529.
 - [45] LLORET E, FERNANDEZ A, TRBOJEVICH R, et al. Relevance of nanocomposite packaging on the stability of vacuum-packed dry cured ham[J]. Meat Science, 2016, 118:8–14.
 - [46] LEE K Y, LEE J H, YANG H J, et al. Production and characterisation of skate skin gelatin films incorporated with thyme essential oil and their application in chicken tenderloin packaging[J]. International Journal of Food Science & Technology, 2016, 51(6): 1 465–1 472.
 - [47] MA Q, LIANG T, CAO L, et al. Intelligent poly (vinyl alcohol)-chitosan nanoparticles-mulberry extracts films capable of monitoring pH variations[J]. International Journal of Biological Macromolecules, 2018, 108: 576–584.
 - [48] 王振辉. 基于二维码的食品溯源系统[J]. 农业工程, 2017, 7(6): 29–32.
 - [49] MENEZES N M C, MARTINS W F, LONGHI D A, et al. Modeling the effect of oregano essential oil on shelf-life extension of vacuum-packed cooked sliced ham[J]. Meat Science, 2018, 139:113–119.
 - [50] 吴燕燕, 赵志霞, 李来好, 等. 不同包装与贮藏条件对两种低盐腌制罗非鱼片品质影响[J]. 食品科学, 2019, 40(9): 249–255.