

四种肉类保鲜新技术的研究现状与展望

周菲菲^{1,2}, 肖更生^{2*}, 傅曼琴², 徐玉娟², 吴继军², 林 美²

(1. 华南农业大学食品学院, 广州 510642;

2. 广东省农业科学院蚕业与农产品加工研究所 广东省农产品加工重点实验室, 广州 510610)

摘 要: 肉类作为机体摄取蛋白质的主要来源之一, 其安全性和新鲜性一直深受食品生产者和广大消费者的密切关注。传统的保鲜技术在延长肉类保质期方面存在一定的局限性, 单靠传统技术已经难以满足消费者获得高品质新鲜肉品的要求, 因此亟待提出新型的保鲜技术进一步改进传统的保鲜技术。本文从保鲜机制、保鲜应用、研究现状与展望等方面出发, 对国内应用较少的冰温保鲜、活性包装保鲜、超高压保鲜、生物保鲜剂保鲜等四种保鲜技术进行了阐述, 期望为进一步研究新型保鲜剂技术和扩大它们在食品工业中的应用提供重要的理论基础。

关键词: 冰温; 活性包装; 超高压; 生物保鲜剂

Status and prospects of four new technologies in meat products preservation

ZHOU Fei-Fei^{1,2}, XIAO Geng-Sheng^{2*}, FU Man-Qin², XU Yu-Juan², WU Ji-Jun², LIN Xian²

(1. College of Food Science, South China Agricultural University, Guangzhou 510642, China;

2. Guangdong Key Laboratory of Agri-product Processing, Sericulture and Agri-product Processing Research Institute, Guangdong Academy of Agricultural Science, Guangzhou 510610, China)

ABSTRACT: As one of the main sources of proteins absorbed by bodies, meats' safety and freshness has been closely watched by the food producers and consumers. Traditional preservation technologies were nearly difficult to meet the growing demands of acquiring fresh meats of high quality due to some aspects of limitations of traditional preservation technologies to extend the shelf life of products. There is in desperate need of new preservation technologies proposed to further improve the traditional preservation techniques. From the aspects of preservation mechanism, cling application, current research, four novel preservation technologies barely used in our country such as ice-temperature preservation, active packing, high pressure processing, biological preservative were discussed in detail in order to provide important theoretical basis for further study of new preservative technologies and more applications of new technologies in food industry.

KEY WORDS: ice-temperature preservation; active packing; high pressure processing; biological preservative

肉制品营养丰富、脂类含量高, 在加工贮存和销售过程中极易发生腐败变质, 影响食品安全, 给消费者和企业造成巨大损失, 所以如何延长保鲜期、保持肉品的原有风味并保证产品的安全卫生一直是动

物养殖加工和营销领域密切关注的问题。传统的抑制食品中微生物生长和繁殖的方法主要是热杀菌、干制、腌制、冷冻、冷藏、辐照、气调包装、添加抗菌剂。但是这些方法都存在一定的局限性, 不适用于鲜

基金项目: 广东省科技计划项目(2010A020104002)

Fund: Supported by Science and Technology Planning Project of Guangdong Province (2010A020104002)

*通讯作者: 肖更生, 研究员, 主要研究方向为农产品加工与贮藏工程。E-mail: gshxiao@yahoo.com

*Corresponding author: XIAO Geng-Sheng, Researcher, Guangdong Key Laboratory of Agri-product Processing, Sericulture and Agri-product Processing Research Institute, Guangdong Academy of Agricultural Science, Guangzhou 510610, China. E-mail: gshxiao@yahoo.com

肉和速食食品。

因此, 寻找一些新型的保鲜技术已经成为人们研究的热点。本文就国内研究的比较少的四种新型保鲜技术的概念、机制、研究现状进行了详细的阐述, 期望为进一步开拓保鲜技术和增加新型保鲜技术在肉类中的应用提供参考。

1 冰温保鲜技术(controlled freezing point technique)

目前使用最广泛的低温储藏技术主要是冷藏技术和冷冻技术。冷藏食品后熟、腐败速度较快, 难以实现食品的长期贮存。冷冻食品可以长期贮藏, 但由于食品的一部分细胞死亡以及解冻时出现汁液流失的现象, 也不能很好地保持食品的原有风味, 且能耗大。20 世纪 70 年代, 山根昭美^[1]提出冰温的概念。研究表明, 冰温技术可以克服冷藏和冻藏的不同缺陷, 能更好地保证食品的风味、口感、新鲜度^[2]。

1.1 冰温保鲜的机制

冰温贮藏是继冷藏、气调贮藏后的第三代保鲜技术, 指把鱼类、肉类等生鲜品或加工品在冰温带内进行贮藏。冰温带是指 0 °C 以下、冰点以上的温度区域。冰温保鲜包含两方面内容: 一是将食品的温度控制在冰温带内以维持细胞的活体状态; 二是当食品的冰点较高时, 人为加入一些有机或无机物, 使其冰点降低, 扩大其冰温带。

冰温保鲜的温度控制在 0 °C 以下, 因此引起食品腐败变质的酶活性降低、致病菌和腐败菌的活性受到抑制。由于冰温带内食品处于非冻结状态, 因此冻结导致的蛋白质变性、干耗等一系列质构劣化现象得以避免^[3]。另外, 生物细胞在冰温胁迫条件下, 为了防止冻结和过多失水会相应地释放出的由醇类、糖类、氨基酸等可溶性分子组成的不冻液与产品的品质和风味有关。甚至有研究表明^[4], 在冰温贮藏过程中鱼肉口感和风味有所改善。

1.2 国内外的研究

冰温保鲜技术在日本已经是一套非常成熟的技术, 广泛用于鱼虾等水产品的保鲜。日本、美国等发达国家的冰温技术已经发展到无水活鱼冰温运输、超冰温贮藏、冰温干燥等^[5]。无水活鱼冰温保鲜^[6]类似于青蛙冬眠, 休眠之后的鱼数秒内苏醒并可以自由游动, 省去了活鱼在有水运输过程中的新陈代谢和

能量损耗。超冰温保鲜^[7]通过调节冷却速度等方法, 使食品温度降低至冻结点以下也能成功地保持生鲜过冷状态而不冻结。冰温干燥^[8]是指使用冰温干燥装置在温度为 -1.5~0 °C 条件下进行干燥, 保证水产品的鲜度和减少干耗影响。冰温在我国冰温保鲜技术才刚刚起步, 大多数还只处于试验研究阶段, 在工业化生产中的应用更是少之又少, 比起冷鲜肉国内消费者对冰温肉的概念还非常的陌生。

为寻求更好的保鲜效果, 尝试冰温保鲜结合其他保鲜手段联合保鲜已经成为国内的主要研究内容之一。王真真等^[9]发现冰温真空包装跟冰温空气包装相比可以将大黄鱼的保鲜时间延长至 6~7 d。荣建华等^[10]发现不同包装方式对鱼肉菌落总数、TVB-N、TBA 和肉汁渗出率的影响差异显著, 臭氧充气包装和 CO₂ 充气包装效果优于真空包装。李来好等^[11]研究表明, 冰温气调贮藏比单独使用冰温或气调保鲜的方法分别延迟了 3 d 和 6 d 的货架期。此外, 施建兵等^[12]发现臭氧辅助冰温储藏比单纯的冰温处理更能减少初始微生物的数量。李建雄等^[13]发现不同的电解时间处理的电解水也对冰温保藏产生影响。

1.3 技术难题

然而, 冰温保鲜技术也存在有以下问题: (1)食品冰点较高时, 可利用的冰温范围狭小, 只有 -1~-3 °C, 必须通过加入冰点调节剂来扩大冰温带^[14]。国内的焦点目前集中在果蔬冰点调节剂的研制上, 对肉类冰温保鲜过程中冰点调节剂的研究相对较少; (2)如何控制冰温保鲜过程中温度的波动。有研究表明, 稳定的 -1 °C 冰温能保持猪肉的一级鲜度 19 d, 波动的 -1 °C 冰温只有 12 d^[15]。普通冷库的温度波动范围是 2~3 °C, 冰温技术要求温度精度严格控制在 ±0.5 °C 范围内, 这就需要冷库的温度控制装备比普通冷库更加精密; (3)成套设施投资大。

2 活性包装(active packing, AP)

真空包装(VP)、控制气氛包装(CAP)、调节气氛包装(MAP)等传统包装在食品保鲜中因其良好的保鲜效果在现实中已经得到广泛的应用。Rooney 等^[16]在传统观包装的基础上提出了一种新型包装技术——活性包装(AP)。

2.1 活性包装的机制

包装材料在商品流通的过程中可以与内部的气体或者食品发生相互作用,能动态的维持一种有利于产品长期保存的微环境,保持食品的营养和风味,延长食品的货价期。因此,活性包装与传统包装最大的不同在于活性包装不仅仅能包裹食品,而且能起到一定的有益作用^[17]。已有的活性包装已经具备脱氧、脱乙烯、清除或释放 CO₂、释放乙醇、干燥、抗菌、抗氧化及吸收不良气味等功能。

2.2 活性包装的形式

活性包装系统的形式分三种:一是生物活性试剂生成剂小袋与肉制品一起包装;二是将活性物质直接通过共混、填充、接枝或涂覆等方式融入包装材料的体系中;三是有成膜特性的抗菌大分子以及生物活性可食性膜的使用。

2.2.1 抗菌膜

微生物污染通常发生在食品的表面,浸渍或者涂膜可以起到一定的保鲜效果,但也存在两方面的缺陷:(1)抗菌物质从表面向其内部扩散而被中和失去作用^[18]。(2)直接加入食品配方中的抗菌物质可能会与食品中的一些物质的作用导致活性降低。

包装材料中的抗菌物质由于缓慢地从包装材料中释放,始终维持食品表面需要的浓度,因此抗菌效果更加显著。目前有机酸(山梨酸、丙酸、安息香酸等)及有机酸盐、细菌素(尼生素^[19]、片球菌素^[20]等)、溶菌酶、杀菌剂(苯莱特、抑霉唑、三氯生^[21]等)、银离子^[22]等已经广泛添加到包装材料中。

2.2.2 表面改性

另外一些具有抗菌活性的基团通过化学改性的方法固定在聚合物薄膜的表面,还可以阻止抗菌物质迁移到食品中^[23]。Cohen 等^[24]报道尼龙纱或尼龙布在 1~3 J/cm² 的 193 nm 光的辐射下聚合物链中的部分氨基化合物可以转变成胺。研究表明,胺基仍固定在聚合物表面,并且在磷酸缓冲液中对金葡萄球菌 ATCC25923、粪肠球 ATCC19433 具有抗菌活性。

2.2.3 可食性薄膜

以多糖、蛋白质、脂质为原料制备可食性的薄膜,通过不同分子间相互作用而形成的具有多孔网络结构的薄膜,以其良好的生物降解性、可食性、生物适应性、美学性质以及抗氧化性和抗压性备受关注。

Gennadios 等^[25]认为可食性涂薄膜可有效减缓鲜肉和冻结肉储藏过程中的湿度降低、保持鲜肉和家禽切片中的汁液、减少恶臭引起的脂质氧化和肌红蛋白氧化造成的褐变、减少涂层肉表面微生物的数目、减少风味损失等。Lee 等^[26]研究表明,结合适当增塑剂的乳清蛋白薄膜不仅具有良好的感官特性和机械张力,而且尼生素-WPI 外膜可以显著地抑制乳酸杆菌的生长。Dawson 等^[27]发现将尼生素或溶菌酶加入到玉米蛋白或者大米蛋白膜材料中可以抑制胚芽乳酸杆菌的生长;加入 EDTA 可以抑制大肠杆菌的生长。

但是,由于诸多原因,国内关于活性包装在肉制品保鲜方面的应用还很少。即便如此,活性包装技术以其独特保鲜理念和潜在的应用价值必将在包装领域取得良好的发展。

3 超高压技术(high pressure processing, HPP)

超高压技术是一种新兴的非热力杀菌技术,广泛应用于热处理容易引起的营养、感官、功能性质改变的食品中。凭借超高压环境,破坏微生物的细胞膜和细胞壁、引起蛋白质变性、抑制酶活性和影响遗传机制等,杀灭肉中的微生物,降低肉制品食源性疾病的风险。比起传统的热杀菌,HPP 处理几乎不会或者很少对食品的营养和风味产生影响^[28]。越来越多的数据证明,超高压单独处理或者超高压结合其他保鲜手段可以在食品储藏方面获得良好的保鲜效果^[29,30]。

3.1 研究进展

朱晓红等^[31]对真空包装的酱牛肉进行 600 Mpa 和 5、10、15 min 的超高压处理,发现超高压处理能够显著抑制初始菌数,而且没有热处理组储藏末期出现的产品褪色现象。孙新生等^[32]的研究还表明,超高压处理初期烟熏火腿色泽和游离脂肪酸指标的都不会发生显著变化,随贮藏期延长,高压处理组样品硫代巴比妥酸(TBARS)值比对照组有上升,但 TBARS 最大值小于 0.5 mg/100 g。解华东等^[33]发现 600 MPa 处理可以使卤制鹅菌落总数降低 6 个对数级,而且随着压力的增高,抑制效果逐渐增强。Han 等^[34]对真空包装的火腿进行 HPP 处理,发现利用 DGGE 技术几乎检测不到导致火腿酸败的乳酸菌

属的存在。Montiel 等^[35]对熏制的鲑鱼进行 400、500、600 MPa 处理后 5 °C 冷藏, 发现除了肉质的亮度有所增加之外, 微生物数量大大减少, 微生物的生长受到抑制, 而且储藏期间并没有检测到显著地脂质氧化。Montiel 等^[36]发现 HPP 处理结合乳过氧化物酶体系 (LPS) 可以抑制冷熏鲑鱼中的产单核细胞李斯特菌的生长, 避免生物胺的产生。Hereu 等^[37]甚至建立了钝化速食肉制品中产单核细胞李斯特菌的数学模型。Gudbjornsdottir 等^[38]发现, 700~900 MP 处理冷熏的鲑鱼的 10 s, 足以使李斯特菌数从 4500 cfu/g 降低至 0.3 cfu/g 以下。

3.2 超高压的局限性

然而, 不同压力水平的 HPP 处理能影响到鲜肉的质量参数, 包括改变鲜肉的色泽、质地, 其中肉色改变最为明显^[39,40]。HPP 处理后, 肉色苍白, 失去鲜肉的原有鲜红色, 表现为亮度和黄度增加, 红度降低。根据欧盟(EU)对鲜肉的定义^[41], 鲜肉是指除了冷藏肉、冻藏肉、速冻肉及真空包装或适当气体包装肉之外的不经任何保藏处理的肉。因此 HPP 在鲜肉保鲜领域的应用的受到了极大限制。此外, 不同的压力水平和处理时间可能会导致脂质氧化^[42,43]。

4 生物保鲜剂应用

生物保鲜剂是指从植物、动物和微生物代谢产物中提取或利用现代生物工程技术得到的保鲜剂, 其作用机制主要是通过其抗菌、抗氧化以及抑制酶作用等活性来实现保鲜效果, 具有安全、高效的特点, 已经成为人们关注的热点。

4.1 植物提取物

孙立娜等^[44]用浓度为 0.15 g/100 mL 的竹叶抗氧化物溶液浸泡羊肉后, 在贮藏过程中其感官、细菌总数 pH 值以及挥发性盐基氮指标均为最好, 保鲜时间比对照组样品延长 5~7 d。香辛料提取物^[45]对肉品保鲜也有一定效果, 多种香辛料提取物复合使用^[46]、生物保鲜剂结合其他保鲜手段联合保鲜^[47]效果更佳。

4.2 动物提取物

布冠好等^[48]研究表明, 肌肽显著抑制了冷藏碎猪肉中 TBARS 和高铁肌红蛋白的形成量; 肌肽对冷藏 5 d 猪肉脂类氧化的抑制作用高于植酸和 Vc; 肌肽对冷藏 5 d 的加盐碎牛肉的氧化抑制作用大于三聚磷酸钠

和丁基羟基茴香醚。邢子鑫等^[49]的研究也表明, 肌肽对 TBARS 的抑制能力高于 BHT 和 α -生育酚, 可将冷鲜肉的保藏时间从 9 d 增加到 15 d, 效果好于 Vc。

4.3 功能性糖

李春保等^[50]比较研究了三种天然生物保鲜剂对冷鲜鸡肉的保鲜效果, 壳聚糖处理组的保鲜效果明显优于纳他霉素和 ϵ -聚赖氨酸处理组, 比不经处理的对照组货架期延迟 6 d。Duan 等^[51]探索了壳聚糖-鱼油膜对冷藏蛇鳕鱼片品质的影响, 复合涂膜处理不仅降低贮藏期间鱼片中 TBA 降低, 还可以很程度地维持鱼片中不饱和脂肪酸 ω -3 的含量。唐亚丽等^[52]在海藻酸钠涂膜中加入甘油、茶多酚和甘草提取物制成抗菌性海藻酸钠复合涂膜, 结果表明复合涂膜能更有效的降低酶的活性, 抑制组织胺的生成, 其良好的抗菌性能抑制微生物的生成, 使鲫鱼的货架期延长 2 d。

4.4 蛋白质

某些细菌通过核糖体机制产生的一类具有抑菌生物活性的多肽、蛋白质或蛋白质复合物, 如乳酸链球菌素(Nisin)作为防腐剂而被广泛使用。由于 Nisin 可以抑制肉制品中梭菌的生长, 因此有望减少硝酸盐的使用^[53]。李志成等^[54]发现, 由 Nisin、茶多酚、壳聚糖组成的复合保鲜剂可以使冰鲜猪肉的保鲜期延长 25 d 以上, 且复合保鲜剂效果好过单一保鲜剂。李燕等^[55]从鱿鱼精巢组织得到鱼精蛋白添加到鱼糜制品中, 发现鱼精蛋白在中性和碱性介质中有良好的抑菌活性, 可与酸性防腐剂协同作用。常丹^[56]对色泽、气味、粘性、弹性等感官指标的检查及细菌总数、pH 值、TVB-N 值等理化指标的测定, 发现蜂王浆及其蛋白质对猪肉具有一定的保鲜作用, 能够抑制细菌的生长繁殖, 且随着蜂王浆浓度的增大, 抑制作用越强。

4.5 生物保鲜剂的局限性

生物保鲜剂的发展还存在以下问题, 距离实际生产还有一定的距离。第一, 没有一种生物保鲜剂能有效抑制和杀灭所有的微生物, 使用不同比例组合的保鲜剂复合保鲜效果更佳, 复合保鲜剂联合其他贮藏手段保鲜仍然是以后研究的重点之一。第二, 大多数生物保鲜剂的研究还处于试验阶段, 某些生物保鲜剂成分复杂, 作用机制尚不清楚, 是否能引起人

体产生不良反应尚待考证。第三, 获得生物保鲜剂的成本问题。第四, 目前我国《食品添加剂使用卫生标准》中批准用于肉制品的生物保鲜剂只有乳酸链球菌素、纳他霉素等少数几种。

5 展望

随着食品科技的发展和消费者对高质量食品的要求, 传统的食品保鲜技术已经越来越难以满足广大消费者的需求。深入探究导致肉类腐败变质的主要原因, 并在原有的食品保鲜理论上提出肉类保鲜的新概念新方法势必成为今后研究的重大课题。新型保鲜技术如文中提到的冰温保鲜等虽然理论和实践上可能不及传统的保鲜技术成熟, 但是随着技术的进步新型保鲜技术以及更加优异的保鲜效果一定会后来居上, 取代传统的保鲜技术。

参考文献

- [1] 日本冰温研究所. 冰温[P]. 东京: 株式会社冰温研究所东京事务所, 1991: 1-20.
Japan Institute of Ice Temperature. Ice temperature [P]. Tokyo: Ice Temp Res Inst Tokyo Office, 1991: 1-20.
- [2] Maritino MN, Zarizky NE. Ice Crystal Size Modifications During Frozen Beef Storage [J]. *J Food Sci*, 1988, 53(6):1631-1637.
- [3] 吴成业, 叶玫, 王勤, 等. 鲢、鳙、罗非鱼在冰温保鲜过程中的几个鲜度指标变化研究[J]. *福建水产*, 1993(3): 11-14.
Wu CY, Ye M, Wang Q, *et al.* Research on freshness indexes change of silver carp, bighead carp and silver carp with controlled freezing-point [J]. *J Fujian Fish*, 1993(3): 11-14.
- [4] Gallart-Jornet L, Rustad T, Barat JM, *et al.* Effect of super chilled storage on the freshness and salting behaviour of Atlantic salmon (*Salmosalar*) filets [J]. *Food Chem*, 2007, 103: 1268-1281
- [5] 张娟, 娄永江. 冰温技术及其在食品保鲜中的应用[J]. *食品研究与开发*, 2006, 27(8): 150-152.
Zhang J, Lou YJ. Controlled freezing-poin technique and its application in food fresh-keeping [J]. *Food Res Dev*, 2006, 27(8): 150-152.
- [6] 山根昭美. 活鱼的冰温运输[J]. *养殖*, 1990, 27(1): 67-68.
Shan GZM. Live fish transportation during ice temperature storage [J]. *Feed*, 1990, 27(1): 67-68.
- [7] 日本冰温协会. 冰温生鲜食品 [EB/OL]. [2010-07-14] <http://www.hyo-on.or.jp/foods new. html>
Japan Association of Ice Temperature. Fresh food during ice temperature storage [EB/OL]. [2010-07-14] <http://www.hyo-on.or.jp/foods new. html>
- [8] 山根昭美. 冰温食品[J]. *冷冻*, 1985, 60(696): 38-45.
Shan GZM. Food during ice temperature storage [J]. *Refrig*, 1985, 60(696): 38-45.
- [9] 王真真, 董士远, 刘尊英, 等. 冰温下包装方式对大黄鱼的保鲜效果研究[J]. *水产科学*, 2009, 28(8): 431-434.
Wang ZZ, Dong SY, Liu ZY, *et al.* Effects of vacuum packaging on freshness of large yellow croaker *psedoscaiaena crocea* under ice-temperature condition [J]. *Fish Sci*, 2009, 28(8): 431-434.
- [10] 荣建华, 郭姗姗, 赵思明, 等. 包装方式对冰温保鲜脆肉鲩鱼片品质的影响[J]. *食品科技*, 2012 (4): 115-118.
Rong JH, Guo SS, Zhao SM, *et al.* Effect of different package on quality of crisped grass carp fillet during ice storage [J]. *Food Sci Technol*, 2012(4): 115-118.
- [11] 李来好, 彭城宇, 岑剑伟, 等. 冰温气调贮藏对罗非鱼片品质的影响[J]. *食品科学*, 2009 (24): 439-443.
Li LH, Peng CY, Cen JF, *et al.* Effect of ice-temperature controlled atmosphere storage on quality of tilapia Fillets [J]. *Food Sci*, 2009(24): 439-443.
- [12] 施建兵, 谢晶, 高志立, 等. 臭氧水浸渍后冰温贮藏提高鲳鱼块的保鲜品质[J]. *农业工程学报*, 2013, 29(6): 274-279.
Shi JB, Xie J, Gao ZL, *et al.* Effects of ozone water dipping and super-chilling on improving preservation quality of pomfret fillet [J]. *Trans CSAE*, 2013, 29(6): 274-279.
- [13] 李建雄, 谢晶, 潘迎捷, 等. 酸性电解水结合冰温对冷却肉保鲜的影响[J]. *山西农业科学*, 2011, 39(7): 715-719.
Li JX, Xie J, Pan YJ, *et al.* Effect of acid electrolyzed oxidizing water combined with controlled freezing-point storage on chilled meat [J]. *J Shanxi Agr Sci*, 2011, 39(7): 715-719
- [14] 何雪莹, 孔保华, 刘骞等. 冰温结合冰点调节剂保鲜对鲤鱼肉糜贮存期间品质特性的影响[J]. *食品科学*, 2012, 33(12): 309-312.
He XY, Kong BH, Liu Q, *et al.* Effect of regulated superchilling on quality characteristics of common carp during storage [J]. *Food Sci*, 2012, 33(12): 309-312.
- [15] 李建雄, 谢晶, 潘迎捷. 冰温对猪肉的新鲜度和品质的影响[J]. *食品工业科技*, 2009, 30(6): 67-70.
Li JX, Xie J, Pan YJ, *et al.* Effect of superchilling on freshness and quality of pork [J]. *Sci Technol Food Ind*, 2009, 30(6): 67-70.
- [16] Rooney M. Active packaging in charged films. In N. Gontard(Ed.), *Les emballages actifs* [M]. Paris: Tec Doc, 2000: 229-239..
- [17] Suppakul P, Miltz J, Sonneveld K, *et al.* Activepackaging technologies with an emphasis on antimicrobial packaging and its applications [J]. *J Food Sci*, 2003, 68: 408-420.
- [18] Quintavalla S, Vicini L. Antimicrobial food packaging in meat

- industry [J]. *Meat Sci*, 2002, 62(3): 373–380.
- [19] Scannell AGM, Hill C, Ross RP, *et al.* Development of bioactive food packaging materials using immobilised bacteriocins Lactocin 3147 and Nisaplin [J]. *Int J Food Microbiol*, 2000, 60(2): 241–249.
- [20] Santiago-Silva P, Soares NFF, Nóbrega JE, *et al.* Antimicrobial efficiency of film incorporated with pediocin on preservation of sliced ham [J]. *Food Control*, 2009, 20(1): 85–89.
- [21] Cutter CN. Effectiveness of triclosan-incorporated plastic against bacteria on beef surfaces [J]. *J Food Protec*, 1999, 62(5): 474–479.
- [22] Ishitani T. Active packaging for food quality preservation in Japan [J]. *Spec Publ Royal Soc Chem*, 1995, 162: 177–188.
- [23] Haynie SL, Crum GA, Doele BA. Antimicrobial activities of amphiphilic peptides covalently bonded to a water-insoluble resin [J]. *Antimicrob Agents Ch*, 39: 301–307.
- [24] Cohen JD, Erkenbrecher CW, Haynie SL, *et al.* Process for preparing antimicrobial polymeric materials using irradiation [P]. United States Patent US 5,428,078.
- [25] Gennadios A, Hanna MA, Kurth LB. Application of edible coatings on meat, poultry and seafoods: a review [J]. *Lebens-mittel-Wissenschaft Technol*, 30: 337–350.
- [26] Lee JW, Son SM, Hong SI. Characterization of protein-coated polypropylene films as a novel composite structure for active food packaging application [J]. *J Food Eng*, 2008, 86(4): 484–493.
- [27] Dawson PL, Carl GD, Acton JC, *et al.* Effect of lauric acid and nisin-impregnated soy-based films on the growth of *Listeria monocytogenes* on turkey bologna [J]. *Poultry Sci*, 2002, 81(5): 721–726.
- [28] Cheftel JC. Review: High-pressure, microbial inactivation and food preservation [J]. *Food Sci Technol Int*, 1995, 1(2):75–90.
- [29] Hereu A, Bover-Cid S, Garriga M, *et al.* High hydrostatic pressure and biopreservation of dry-cured ham to meet the Food Safety Objectives for *Listeria monocytogenes* [J]. *Int J Food Microbiol*, 2012, 154(3): 107–112.
- [30] Gou JY, Hyeon-Yong L, Juhee A. Effect of high pressure processing on the quality of squid (*Todarodes pacificus*) during refrigerated storage [J]. *Food Chem*, 2010, 119: 471–476.
- [31] 朱晓红, 姚中峰, 贾琛, 等. 超高压技术在酱牛肉保鲜中的应用[J]. *食品工业科技*, 2012, 33(2): 725–732.
- Zhu XH, Yao ZF, Jia S, *et al.* Application of high pressure processing in fresh-keeping of spiced beef [J]. *Sci Technol Food Ind*, 2012, 33(2): 725–732.
- [32] 孙新生, 韩衍青, 徐幸莲, 等. 超高压处理对烟熏火腿色泽、游离脂肪酸及脂肪氧化指标的影响[J]. *食品工业科技*, 2011, (7): 22.
- Sun XS, Han YQ, Xu XL, *et al.* Effect of high pressure processing on color, free fatty acids and lipid oxidation of sliced smoked cooked ham [J]. *Sci Technol Food Ind*, 2011, (7): 22.
- [33] 解华东, 布丽君, 葛良鹏, 等. 超高压处理对卤制鹅肝灭菌保鲜与品质的影响[J]. *农业工程学报*, 2011, 27(14): 247–252.
- Xie HD, Bu LJ, Ge LP, *et al.* Effects of ultra-high pressure processing on sterilization and quality attributes of spiced goose gizzard [J]. *Trans CSAE*, 2011, 27(2): 247–252.
- [34] Han Y, Jiang Y, Xu X, *et al.* Effect of high pressure treatment on microbial populations of sliced vacuum-packed cooked ham [J]. *Meat Sci*, 2011, 88(4): 682–688.
- [35] Montiel R, De Alba M, Bravo D, *et al.* Effect of high pressure treatments on smoked cod quality during refrigerated storage [J]. *Food Control*, 2012, 23(2): 429–436.
- [36] Montiel R, Bravo D, Alba M, *et al.* Combined effect of high pressure treatments and the lactoperoxidase system on the inactivation of *Listeria monocytogenes* in cold-smoked salmon [J]. *Innov Food Sci Emerg Technol*, 2012, 16: 26–32.
- [37] Hereu A, Dalgaard P, Garriga M, *et al.* Modeling the high pressure inactivation kinetics of *Listeria monocytogenes* on RTE cooked meat products [J]. *Innov Food Sci Emerg Technol*, 2012.
- [38] Gudbjornsdottir B, Jonsson A, Hafsteinsson H, *et al.* Effect of high-pressure processing on *Listeria* spp. and on the textural and microstructural properties of cold smoked salmon [J]. *LWT-Food Sci Technol*, 2010, 43(2): 366–374.
- [39] Cheftel JC, Culioli J. Effects of high pressure on meat: a review [J]. *Meat Sci*, 1997, 46(3): 211–236.
- [40] Bajovic B, Bolumar T, Heinz V. Quality considerations with high pressure processing of fresh and value added meat products [J]. *Meat Sci*, 2012, 92(3): 280–289.
- [41] European Commission. Corrigendum to Regulation (EC) No 853/2004 of the European Parliament and of the Council of 29 April 2004 laying down specific hygiene rules for food of animal origin [J]. *J Off*, 2004, 25: 2004.
- [42] Orlien V, Hansen E, Skibsted LH. Lipid oxidation in high-pressure processed chicken breast muscle during chill storage: critical working pressure in relation to oxidation mechanism [J]. *European Food Res Technol*, 2000, 211(2): 99–104.
- [43] Mariutti LRB, Orlien V, Bragagnolo N, *et al.* Effect of sage and garlic on lipid oxidation in high-pressure processed chicken meat [J]. *Eur Food Res Technol*, 2008, 227(2): 337–344.
- [44] 孙立娜, 靳焯. 竹叶抗氧化物在冷却羊肉中的保鲜效果[J]. *肉类研究*, 2011, 25(2): 21–24.
- Sun LN, Jin Y. Fresh-keeping effect of bamboo leaf-derived antioxidant on chilled mutton [J]. *Meat Res*, 2011, 25(2): 21–24.

- [45] 夏秀芳, 孔保华, 于长青, 等. 几种天然香辛料提取物延长冷却肉货架期的研究[J]. 食品与机械, 2008, 24(3): 55-59.
Xia XF, Kong BH, Yu CQ, *et al.* Study on extending the shelf-life of chilled meat by several natural spice extracts [J]. Food Mach, 2008, 24(3): 55-59.
- [46] 刘柳, 孔保华, 刘莺, 等. 香辛料提取物在培养基及冷却猪肉中对单核细胞增生性李斯特菌的抑制作用[J]. 食品工业科技, 2008, 29(9): 87-901.
Liu L, Kong BH, Liu Q, *et al.* The inhibition effect of spices extraction on *Listeria monocytogenes* in culture medium and in chilled pork [J]. Sci Technol Food Ind, 2008, 29(9): 87-901.
- [47] 陈洪生, 孔保华, 刁静静, 等. 大蒜提取物与有氧气调复合包装对冷却肉的保鲜研究[J]. 食品与发酵工业, 2008, 34(4): 131-1361.
Chen HS, Kong BH, Diao JJ, *et al.* Antimicrobial and antioxidant activity of garlic extraction on chilled meat [J]. Food Ferment Ind, 2008, 34(4): 131-1361.
- [48] 布冠好, 杨国宇, 李宏基. 肌肽对肉品体系中脂类氧化的抑制作用[J]. 河南工业大学学报 (自然科学版), 2011, (4): 11.
Bu GH, Yang GY, Li HJ. Inhibition effects of carnosine on lipid peroxidation in meat product system [J]. J Henan Univ Technol (Nat Sci), 2011, (4): 11.
- [49] 邢子鑫, 朱秋劲. 肌肽对猪肉的氧化抑制和保鲜作用[J]. 肉类研究, 2009, 23(10): 8-12.
Xing ZX, Zhu QJ. Studies on Antioxidant Activities and Refreshment of Carnosine for Pork [J]. Meat Res, 2009, 23(10): 8-12.
- [50] 李春保, 卢鹏, 王志耕. 天然保鲜剂对冷鲜鸡肉保鲜效果的影响[J]. 肉类工业, 2011, (4): 16.
Li CB, Lu P, Wang ZG. Refreshing effect of natural preservative on cold fresh chicken [J]. Meat Ind, 2011, (4): 16.
- [51] Duan JY, Jiang Y, Cherian G, *et al.* Effect of combined chitosan-krill oil coating and modified atmosphere on the storability of cold-stored lingcod (*Ophiodon elongates*) fillets [J]. Food Chem, 2010, 122(4): 1035-1042.
- [52] 唐亚丽, 卢立新, 吕淑胜. 抗菌涂膜与气调包装对生鲜净鱼保鲜的影响[J]. 北京工商大学学报, 2011, 29(6): 58-62.
Tang YL, Lu LX, Lv SS. Preservative effect of antimicrobial film and modified atmosphere packaging on fish [J]. J Food Sci Technol, 2011, 29(6): 58-62.
- [53] Arauz LJ, Jozala AF, Mazzola PG, *et al.* Nisin biotechnological production and application: a review [J]. Trends Food Sci Technol, 2009, 20(3): 146-154.
- [54] 李志成, 蒋爱明, 李红蕊, 等. 生物保鲜剂对冰鲜猪肉的保鲜效果[J]. 西北农林科技大学学报, 2008, 36(8): 203-208.
Li ZC, Jiang AM, Li HR, *et al.* Effects of biologic preservative on chilled pork [J]. J Northwest A F Univ, 2008, 36(8): 203-208.
- [55] 李燕, 汪之和, 王麟, 等. 鱿鱼鱼精蛋白的抑菌作用及在保鲜中的应用[J]. 食品科学, 2004, 25(10): 80-84.
Li Y, Wang ZH, Wang L, *et al.* Study on Antibacterial Action of Squid Protamine and the Preservation of the Ground Flesh of Fish [J]. Food Sci, 2004, 25(10): 80-84.
- [56] 常丹. 蜂王浆蛋白抑菌、抗氧化活性及其在肉品保鲜中的应用[D]. 西安: 西北大学, 2011.
Chang D. Study on antibacterial and antioxidant activities of royal jelly proteins and its application in meat preservation [D]. Xi'an: Northwest A F Univ, 2011.

(责任编辑: 项丽霞)

作者简介



周菲菲, 硕士研究生, 主要研究方向为农产品加工与贮藏工程。
E-mail: zhff1988@163.com



肖更生, 研究员, 主要研究方向为农产品加工与贮藏工程。
E-mail: gshxiao@yahoo.com