

可食用膜在冷鲜肉保鲜中的应用研究进展

高立红, 郑艳*

(沈阳农业大学食品学院, 辽宁 沈阳 110161)

摘要: 如何保证冷鲜肉在货架期期间的质量一直是生鲜肉企业关注的问题。为了延长冷鲜肉的货架期, 肉制品工业多采用热加工、冷冻及添加防腐剂等方式保鲜。由于热加工和冷冻技术对冷鲜肉的质量和营养价值均会造成一定损害, 而化学防腐剂对人体又有潜在毒性, 因此研究和开发绿色环保的保鲜材料和方法已成为广大学者研究的重点。可食用膜是近几年发展起来的一种能有效减少冷鲜肉汁液流失、控制冷鲜肉微生物污染的防腐保鲜技术。可食用膜结合复合天然保鲜剂不仅可以有效增强抑菌效果, 还能弥补可食用膜在抑菌性能方面的缺陷, 扩大了可食用膜的应用范围。本文综述了可食用膜的主要成膜基质、成膜方式以及可食用膜在冷鲜肉保鲜中的应用。

关键词: 冷鲜肉; 保鲜; 可食用膜; 货架期

Recent Progress in the Application of Edible Films in the Preservation of Chilled Meat

GAO Lihong, ZHENG Yan*

(College of Food Science, Shenyang Agricultural University, Shenyang 110161, China)

Abstract: How to ensure the quality of chilled meat during its shelf life has been a major concern for meat enterprises. Usually, thermal processing, freezing and addition of preservatives are useful in the meat industries for meat preservation to prolong its shelf life. Developing environment-friendly packaging materials and methods has been a key focus for researchers, for both thermal processing and freezing have a detrimental effect on the quality and nutritional value of chilled meat and chemical preservatives are potentially toxic to the body. Edible films have recently emerged as a new food preservation technology, which can effectively reduce drip loss and control microbial contamination in chilled meat. The antimicrobial effect of natural preservatives can be improved when combined with edible films, expanding the application scope of edible films. This article aims to elaborate the film-forming materials and film preparation methods and review the application of edible films in chilled meat preservation.

Key words: chilled meat; preservation; edible film; shelf life

DOI:10.7506/rlyj1001-8123-201712010

中图分类号: TS251.5

文献标志码: A

文章编号: 1001-8123 (2017) 12-0056-04

引文格式:

高立红, 郑艳. 可食用膜在冷鲜肉保鲜中的应用研究进展[J]. 肉类研究, 2017, 31(12): 56-59. DOI:10.7506/rlyj1001-8123-201712010. <http://www.rlyj.pub>

GAO Lihong, ZHENG Yan. Recent progress in the application of edible films in the preservation of chilled meat[J]. Meat Research, 2017, 31(12): 56-59. DOI:10.7506/rlyj1001-8123-201712010. <http://www.rlyj.pub>

近年来, 冷鲜肉作为传统鲜肉的替代品逐渐占据肉类消费市场的主导地位^[1]。然而, 冷鲜肉营养丰富、含水量高的特点使其在货架期期间极易发生腐败变质, 如何保证冷鲜肉在货架期期间的品质是生鲜肉企业最需要解决的问题中的关键。肉品贮藏期间, 影响其品质的因素主要包括汁液流失、脂肪酸败和蛋白质改性、由致病菌或腐败菌污染导致的腐败变质^[2]以及由运输和加工造成的

机械损伤三方面。

通常, 肉制品工业中多采用热加工、冷冻及添加防腐剂等方式保鲜。由于热加工和冷冻技术会对冷鲜肉的质量和营养价值造成一定的损害, 而化学防腐剂对人体又有潜在的毒性, 因此研究和开发绿色环保的保鲜材料和方法已成为广大学者的研究重点。可食用膜技术是近几年发展起来的一种能够有效减少冷鲜肉的汁液流失、

收稿日期: 2017-09-03

基金项目: “十二五”国家科技支撑计划项目(2015BAD16B0903)

作者简介: 高立红(1991—), 女, 硕士研究生, 研究方向为动物源食品加工与利用。E-mail: 504445660@qq.com

*通信作者: 郑艳(1973—), 女, 副教授, 博士, 研究方向为食品微生物。E-mail: zhengyan.ln.chn@gmail.com

控制其微生物污染的防腐保鲜技术。可食用膜的使用可以提高产品的疏水性、凝聚力和灵活性,形成优良的防潮屏障,提高产品的新鲜度、有利于保持产品的色泽、香气和微生物稳定性^[3]。在食用膜中加入天然保鲜剂不仅可以有效增强对腐败菌的抑菌效果,还可以弥补可食用膜在抑菌性能方面的缺陷,扩大可食用膜的应用范围。

1 冷鲜肉概述

热鲜肉、冷冻肉和冷鲜肉(冷却肉)是目前市场上销售的主要鲜肉^[4]。热鲜肉是指没有经过人工降温、在市场上直接出售的畜禽胴体肉。由于畜禽屠宰后的胴体内部还有一定的温度,加之湿润的表面,为微生物的繁殖创造了有利条件;畜禽胴体在运输和零售的过程中也会受到蚊蝇或空气中尘埃的污染,因此食用热鲜肉既不卫生也不安全。

冷冻肉是指将畜禽屠宰后的肉置于 $-28\text{ }^{\circ}\text{C}$ 条件下快速降温,使肉中心温度小于或等于 $-15\text{ }^{\circ}\text{C}$ 后转移到 $-18\text{ }^{\circ}\text{C}$ 保存,继而出售的肉^[5]。虽然冷冻肉食用起来较为安全,但其肉质干硬、香味较淡,重复解冻和冷冻会破坏肉中的营养成分。

冷鲜肉是指严格按照卫生标准对屠宰后的畜禽胴体迅速进行冷却处理,使屠宰后的胴体温度(以后腿为测量点)在24 h内降至 $0\sim 4\text{ }^{\circ}\text{C}$,并在随后的排酸、分割及零售过程中始终保持在 $0\sim 4\text{ }^{\circ}\text{C}$ 条件下的鲜肉^[6]。现在的消费者,特别是发达国家的消费者,要求肉类质量高、易于操作、安全、具有天然风味和色泽以及较长的保质期。冷鲜肉满足了消费者对高质量肉类的需求,感官品质好、营养丰富且卫生无污染;同时,全程冷链抑制了大部分腐败微生物的繁殖^[7]。但是,冷鲜肉的货架期较短,因此如何延长冷鲜肉的货架期,同时保证其在货架期的质量一直是生鲜肉企业关注的问题。

冷鲜肉常用的贮藏方式有冷藏、冻藏、真空包装和添加化学防腐剂。应用化学合成防腐剂是传统方法中抑菌谱广、抑菌效果好、成本低廉且使用简便的方法,但一些含有化学成分的防腐剂对人体和环境存在一定的安全隐患。随着消费者对绿色、方便且具有较长货架期的冷鲜肉制品需求的不断增加,出现了非热保鲜技术,如低温、真空包装、气调包装、高压、辐射及脉冲电场等物理保鲜技术,并有学者对天然生物保鲜剂、活性包装^[8]及可食用膜在肉制品保鲜中的应用进行研究。但真空包装不仅会使肉品的汁液流失增加,还会污染环境,且真空包装肉制品中的厌氧细菌数量往往高于 CO_2 包装^[9]。对于气调包装,如果包装过程中出现密封问题,造成气体外溢,产品质量就无法得到保证^[10]。辐射处理保鲜技术中的辐射强度难以把握,很难推广使用。高压处理会

使肉外表面的颜色变暗,影响肉品品质^[11]。脉冲电场技术无法有效控制大肠杆菌O157:H7^[12]。可食用膜是以包装、浸泡、喷涂或涂布等方式覆盖在食品表面的可食用的保护膜^[13],具有良好的阻隔性能,可以减少食品表面的干耗,抑制致病菌和腐败微生物的生长^[14],延长产品的货架期。同时,可食用膜可以增加肉制品表面的机械强度和光泽度,还可以作为食品保鲜剂、色素及香料等添加剂的载体,使这些成分在食品表面发挥作用。与传统包装相比,可食用膜的最大优势是可降解,绿色无污染。

将复合天然保鲜剂添加到可食用涂膜或可食用膜材料中^[15],使其从涂膜或膜材料中缓慢释放,减少微生物污染,从而降低食源性疾病的风险,延长食品货架期。

2 可食用膜保鲜技术

可食用膜保鲜技术是以涂膜或制成膜材料的方式在食物表面覆盖一层可食用薄膜。

2.1 主要成膜基质

应用可食用膜对冷鲜肉进行保鲜需要在肉表面具有良好成膜性的成膜基质,多糖、脂质和蛋白质是用于制备涂膜液的三大主要基质,它们的成膜各有特色。单一的成膜基质各有优缺点,因此,在实际应用中,通常把几种成膜基质复合使用,弥补单一成膜基质的不足,再向成膜基质中添加天然保鲜剂,提高膜的抑菌性。按照成膜基质主要原料的不同可以将可食用膜分为多糖类膜、蛋白质膜、脂质膜和复合膜四大类^[16]。

2.1.1 多糖类膜

多糖是一类纯天然、分子质量较大的化合物,主要包括壳聚糖、果胶、海藻酸钠、海藻糖、纤维素衍生物、树胶及魔芋葡甘露聚糖等^[17]。由于多糖特殊的结构,其具有良好的阻气、阻氧性,且在食品表面成膜均匀。有的多糖类涂膜剂还是无毒无害的天然防腐保鲜剂,如壳聚糖。壳聚糖是甲壳素脱乙酰化的产物,是自然界中含量丰富的多糖,已被用于抗菌薄膜和涂层。壳聚糖不仅能够抑制革兰氏阳性和革兰氏阴性菌,也能抑制酵母菌和霉菌的生长^[18],它不仅具有生物相容性^[19]、抑菌性和免疫调节等活性^[20-22],还具有成膜性^[22-24],常作为被膜剂用于食品的保鲜。但壳聚糖作为被膜剂具有阻湿性差的缺点,气体阻隔性及耐水性的不足限制了它的应用,尤其是在含水及潮湿的环境中^[24-26]。因此,壳聚糖不能单独用作包装材料,常与蛋白质或多糖复配作为被膜剂。

2.1.2 蛋白质膜

蛋白质类可食用膜以动、植物分离蛋白为主要成分,该类可食用膜包括明胶、玉米醇溶蛋白、大豆分离蛋白和花生蛋白等^[27]。蛋白质膜阻氧性强、营养丰富、

渗透性小,成膜效果理想,最常用的蛋白质膜是明胶。明胶是胶原蛋白水解物的一部分,是一种无脂肪的高蛋白。明胶可以作为涂膜剂或制成膜材料应用在食品表面,防止食品腐败变质,减少汁液流失,延长食品的货架期^[28]。将明胶应用在食品中有许多优点:涂层后使食品表面有光泽、抑制食品氧化、防止食物表面的吸湿和结块现象、作为稳定剂,防止产品收缩以及保证食品的风味和新鲜度。明胶具有优良的成膜特性,能广泛应用于食品和制药工业,且可通过大规模生产和相对较低的价格获得。

2.1.3 脂质膜

脂类涂膜剂包括脂肪酸、硬脂酸、蜡和酰基干油。脂质膜具有极低的极性,水蒸气透过系数低。但这类涂膜剂阻气性差、涂膜不均匀,易产生蜡质口感,从而影响膜的感官品质。因此,脂类涂膜剂一般与其他成膜材料(多糖、蛋白质)进行复合涂膜,应用于食品的防腐保鲜。

2.1.4 复合膜

复合膜是将不同配比的多糖、蛋白质和脂质结合在一起制成的可食性膜,它弥补了单一多糖或蛋白质成膜基质的不足。复合膜的研究与发展是可食用膜保鲜技术的发展趋势。

2.2 成膜方式

2.2.1 涂膜保鲜

可食性涂膜是将多糖、蛋白质、脂质等成膜基质通过喷洒、铺展或浸渍等方式在食物表面形成透明的薄膜,它可以有效阻隔空气,防止肉表面的汁液流失及微生物的再度污染,从而起到防腐保鲜的作用^[29]。可食性涂膜保鲜可以赋予肉制品更好的感官品质,增加肉表面的光泽,防止肉中组分的迁移和扩散^[30]。目前,食品表面涂膜保鲜是最快速、有效的方式。成膜基质与食品表面直接接触不仅使食品表面具有良好的阻隔性能、保水性能,还可以使活性物质长期与肉品作用。而且,可食性涂膜中的成膜基质可以与食物一起食用,有的成膜基质还具有营养价值。目前,在食品保鲜方面应用最广的成膜基质包括壳聚糖、明胶、海藻酸钠和蜂胶等。其中,壳聚糖既是天然防腐保鲜剂,又具有良好的成膜性,对多种细菌、霉菌和酵母菌均具有抑制作用^[31]。

2.2.2 可食用包装膜

可食用包装膜是以天然可食性物质(如多糖、蛋白质、脂质等)为成膜基质,以水为溶剂,同时加入增塑剂、乳化剂、交联剂及稳定剂等改良剂,经混合、加热、涂布、烘干等步骤,通过分子间的相互作用形成的具有网状结构的薄膜^[32]。可食用包装膜可以通过包裹、微胶囊等形式覆盖于食品表面(或内部),起到阻隔气体、抗氧化变质、保护食物的外观及品质等作用,而且

还能抑制微生物生长,减少由微生物生长导致的肉表面黏液的形成、结构成分降解、持水量降低、气味、纹理和外观变化^[33],从而减少冷鲜肉在贮藏过程中的腐败菌污染及营养物质流失。可食用包装膜是一种重要的绿色环保、能够保持食品新鲜外观的保鲜膜。

2.3 可食用膜在冷鲜肉保鲜中的应用

2.3.1 可食用涂膜保鲜的应用

可食用涂膜是在食品外表面形成一层薄膜,是一种方便、快速的保鲜方法,已被广泛应用在肉及肉制品中。Cardoso等^[34]将壳聚糖-明胶复合涂膜应用于牛排,并对其在牛排陈列过程中的护色效果和脂质氧化抑制效果进行评价,结果表明,3%~6%明胶、0.5%~1.0%壳聚糖和6%甘油共混复合涂膜的效果最好,涂膜的应用降低了牛排陈列5 d后的脂肪损失和脂质氧化,且明胶浓度较高的涂膜更有效;牛排在明胶和壳聚糖共混物含量较高的薄膜中色泽最好。此项研究提供了一种保存牛排的很有潜力的替代品。Antoniewski等^[35]发现在新鲜肉类上添加明胶涂层可以延长其保质期,实验将20%明胶溶液喷涂到牛肉里脊、猪肉里脊和鸡胸肉表面,结果表明,明胶涂层减少了肉品颜色的恶化,可以作为氧气的屏障。

2.3.2 可食用包装的应用

作为一种绿色环保、安全方便、可食用的新型包装材料,可食用膜在生鲜肉企业具有非常广阔的应用前景。胡颖^[36]以明胶为成膜基质,以丁香酚为保鲜剂,分别利用低能和高能2种方法制备丁香酚乳液,与明胶结合制备抑菌乳液凝胶,再添加保鲜剂乳酸链球菌素后的抑菌效果明显增强,可以将冷鲜肉的保质期延长3 d。Dong等^[37]制作聚(L-乳酸)聚左旋乳酸/氧化硅薄膜,结合茶多酚,可以有效抑制微生物的生长,保持肉的理想色泽,延长冷鲜肉的保质期。吴琼^[38]探讨了壳聚糖-海藻酸钠复合膜、含蜂蜡的复合膜及含丁香油的复合膜对市售冷鲜肉保鲜效果的影响,发现3种膜均可抑制腐败菌的繁殖,减缓汁液流失率的增加;与聚乙烯对照组相比,含蜂蜡和含丁香油的复合膜包装冷鲜肉的货架期延长了1~2 d。

2.3.3 可食用膜保鲜技术结合复合保鲜剂的应用

肉类的腐败通常是由多种微生物的代谢活动引起的,这些微生物的污染通常始于食物表面,可食用膜结合天然保鲜剂能有效抑制食品表面腐败菌的繁殖。天然生物保鲜剂,如精油、壳聚糖、乳酸链球菌素、溶菌酶等天然物质,作为防腐保鲜剂^[39]绿色安全,不仅能够延长肉制品的货架期,并且不会在产品或环境中有任何残留^[40],满足了消费者对食品无化学防腐剂的需求。王正云等^[41]将成膜基质壳聚糖和天然保鲜剂茶多酚进行复配,对冷鲜肉进行涂膜保鲜,结果表明,0.7%茶多酚+1.0%壳聚糖的保鲜效果最好,在4℃条件下冷藏能将冷鲜肉的货架期延长至16 d以上。相洋^[42]利用成膜基质壳聚

糖与茶多酚、蒜辣素、丁香提取物3种复合天然保鲜剂对冷鲜猪肉进行涂膜处理,测定样品的菌落总数、挥发性盐基氮、pH值和汁液流失率等指标,结果表明,2.5%壳聚糖、1.5%茶多酚、0.2%蒜辣素、2.0%丁香提取物对冷鲜肉表现出较好的保鲜效果,显著优于不经保鲜剂浸泡处理,仅用聚乙烯保鲜膜包装的对照组。大量研究结果表明,可食用膜结合复合天然保鲜剂的使用效果优于单一保鲜剂,因此,复合天然保鲜剂结合可食用膜是冷鲜肉防腐保鲜研究的重要方面。

3 结语

由于全球化趋势和消费者需求,人们对天然、生物可降解和环境友好型食品包装材料的需求与日俱增。应用可食用膜可以有效阻隔空气,防止肉表面的汁液流失及微生物的再度污染,从而对肉起到防腐保鲜的作用。可食用膜保鲜可以赋予肉制品更好的感官品质,增加肉制品表面的光泽、防止肉制品中各组分的迁移和扩散;可食性膜保鲜技术较其他保鲜技术的最大优势是环保、方便、安全、易被微生物降解,能够满足消费者对无化学防腐剂食品的需求,有的成膜材料还具有营养价值。因此,可食用膜具有很好的研究价值和应用前景。

参考文献:

- [1] 胡红燕, 要萍, 张慧芸, 等. 冷却肉的研究近况与展望[J]. 肉类研究, 2009, 23(3): 70-73.
- [2] 马青青, 曹锦轩, 周光宏. 功能性可食用膜在生鲜肉和肉制品保鲜中的应用研究进展[J]. 食品科学, 2012, 33(7): 331-335.
- [3] GENNADIOS A, HANNA M A, KURTH L B. Application of edible coatings on meats, poultry and seafoods[J]. Food Science and Technology, 1997, 30(4): 337-350. DOI:10.1006/fstl.1996.0202.
- [4] 中国商业联合会商业标准中心, 双汇集团, 雨润集团, 等. GB/T 19480—2009 肉与肉制品术语[S]. 北京: 中国标准出版社, 2009.
- [5] 朱巧旋. 壳聚糖复合生物保鲜剂对冷却肉保鲜品质影响的研究[D]. 厦门: 集美大学, 2012: 1-2.
- [6] 鄢延军, 许伟, 赵雅娟, 等. 冷鲜肉品质评价指标的探讨[J]. 食品科学, 2012, 33(21): 107-110.
- [7] 姜兴为. 大黄鱼冷链工艺优化与货架期延长[D]. 上海: 上海海洋大学, 2010: 3-4.
- [8] 许文才, 付亚波, 李东立, 等. 食品活性包装与智能标签的研究及应用进展[J]. 包装工程, 2015, 3(5): 1-10; 15. DOI:10.19554/j.cnki.1001-3563.2015.05.001.
- [9] GÖKTAN D, TUNÇEL G, ÜNLÜTÜRK A. The effect of vacuum-packaging and gaseous atmosphere on microbial growth in tripe[J]. Meat Science, 1988, 24(4): 301-307. DOI:10.1016/0309-1740(88)90041-1.
- [10] 何凡, 廖国周. 气调包装对肉制品中病原微生物影响的研究进展[J]. 安徽农业科学, 2012, 40(28): 13999-14001. DOI:10.3969/j.issn.0517-6611.2012.28.115.
- [11] 邓绍林. 高压和氯化钙结合处理对牛肉品质的影响[D]. 南京: 南京农业大学, 2012: 1-5.
- [12] BOLTON D J, CATARAME T, BYRNE C, et al. The ineffectiveness of organic acids, freezing and pulsed electric fields to control *Escherichia coli* O157:H7 in beef burgers[J]. Letters in Applied Microbiology, 2002, 34(2): 139-143.
- [13] 陈光, 孙咏, 王刚, 等. 可食性膜的研究进展[J]. 吉林农业大学学报, 2008, 30(4): 596-604. DOI:10.13327/j.jjlau.2008.04.010.
- [14] SÁNCHEZ-ORTEGA I, GARCÍA-ALMENDÁREZ B E, SANTOS-LÓPEZ E M, et al. Antimicrobial edible films and coatings for meat and meat products preservation[J]. Scientific World Journal, 2014: 248935. DOI:10.1155/2014/248935.
- [15] MURIEL-GALET V, LÓPEZ-CARBALLO G, GAVARA R, et al. Antimicrobial food packaging film based on the release of LAE from EVOH[J]. International Journal of Food Microbiology, 2012, 157(2): 239-244. DOI:10.1016/j.ijfoodmicro.2012.05.009.
- [16] 马丹, 岳喜庆. 可食性膜在肉制品加工保鲜中的应用研究[J]. 食品研究与开发, 2009, 30(1): 126-129.
- [17] 刘莹, 王碧, 谢峰. 抗菌保鲜膜的研究进展[J]. 内江师范学院学报, 2014, 29(6): 39-43. DOI:10.3969/j.issn.1671-1785.2014.06.009.
- [18] SHAHIDI F, ARACHCHI J K V, JEON Y J. Food applications of chitin and chitosans[J]. Food Science and Technology, 1999, 10(2): 37-51. DOI:10.1016/S0924-2244(99)00017-5.
- [19] TA H T, DASS C R, DUNSTAN D E. Injectable chitosan hydrogels for localised cancer therapy[J]. Journal of Controlled Release, 2008, 126(3): 205-216. DOI:10.1016/j.jconrel.2007.11.018.
- [20] SRLVASTAVA M, PANDEY S, SHAHLD M, et al. Induction of chitinase, β -glucanase, and xylanase taken from *Trichoderma* sp. on different sources: a review[J]. African Journal of Microbiology Research, 2014, 8(34): 3131-3135. DOI:10.5897/ajmr2014.6975.
- [21] FRATTER A, FRARE C, URAS G, et al. New chitosan salt in gastro-resistant oral formulation could interfere with enteric bile salts emulsification of diet fats: preliminary laboratory observations and physiologic rationale[J]. Journal of Medicinal Food, 2014, 17(6): 723-729. DOI:10.1089/jmf.2013.0131.
- [22] KUMAR B T N, MURTHY H S, PATIL P, et al. Enhanced immune response and resistance to white tail disease in chitin-diet fed freshwater prawn, *Macrobrachium rosenbergii*[J]. Aquaculture Reports, 2015, 2: 34-38. DOI:10.1016/j.aqrep.2015.06.001.
- [23] 张洪, 王明力, 和岳, 等. 壳聚糖/纳米SiO₂复合膜对艳红桃的保鲜研究[J]. 食品科学, 2012, 33(22): 319-323.
- [24] 杨胜平, 谢晶, 钱韻芳, 等. 壳聚糖复合保鲜剂涂膜与MAP保鲜“妃子笑”荔枝[J]. 食品科学, 2013, 34(8): 279-283. DOI:10.7506/spkx1002-6630-201308060.
- [25] WANG S F, SHEN L, TONG Y J, et al. Biopolymer chitosan/montmorillonite nanocomposites: preparation and characterization[J]. Polymer Degradation and Stability, 2005, 90(1): 123-131. DOI:10.1016/j.polymdegradstab.2005.03.001.
- [26] XU Y X, REN X, HANNA M A. Chitosan/clay nanocomposite film preparation and characterization[J]. Journal of Applied Polymer Science, 2005, 99(4): 1684-1691. DOI:10.1002/app.22664.
- [27] 杨坤, 陈树兴, 赵胜娟, 等. 可食性蛋白膜研究进展[J]. 食品研究与开发, 2009, 30(7): 174-178. DOI:10.3969/j.issn.1005-6521.2009.07.050.
- [28] CAO Na, FU Yuhua, HE Junhui. Preparation and physical properties of soy protein isolate and gelatin composite films[J]. Food Hydrocolloids, 2007, 21(7): 1153-1162. DOI:10.1016/j.foodhyd.2006.09.001.
- [29] 吉伟之. 壳聚糖对猪肉保鲜效果的研究[J]. 食品工业科技, 2000(3): 13-15. DOI:10.3969/j.issn.1002-0306.2000.03.005.
- [30] 郭鸣鸣. 壳聚糖在几种食品抗菌包装中的应用研究[D]. 无锡: 江南大学, 2015: 12-13.
- [31] LAGO M A, SENDÓN R, QUIRÓS R B D, et al. Preparation and characterization of antimicrobial films based on chitosan for active food packaging applications[J]. Food and Bioprocess Technology, 2014, 7(10): 2932-2941.
- [32] 张伟, 赖凤英, 向东. 新型可食性内包装膜的研制[J]. 广西轻工业, 2002(2): 10-13. DOI:10.3969/j.issn.1003-2673.2002.02.003.
- [33] DAVE D, GHALY A E. Meat spoilage mechanisms and preservation techniques[J]. The American Journal of Agricultural and Biological Sciences, 2011, 6(4): 486-510. DOI:10.3844/ajabssp.2011.486.510.
- [34] CARDOSO G P, DUTRA M P, FONTES P R, et al. Selection of a chitosan gelatin-based edible coating for color preservation of beef in retail display[J]. Meat Science, 2016, 114: 85-94. DOI:10.1016/j.meatsci.2015.12.012.
- [35] ANTONIEWSKI M N, BARRINGER S A, ZERBY H N. Effect of a gelatin coating on the shelf life of fresh meat[J]. Food Science, 2007, 72(6): 382-387.
- [36] 胡颖. 温敏型抑菌乳液凝胶的制备及其在冷鲜肉贮藏中的应用[D]. 武汉: 华中农业大学, 2016: 46-59.
- [37] DONG T, SONG S X, LIANG M, et al. Gas permeability and permselectivity of poly (*L*-lactic acid)/SiO₂ film and its application in equilibrium-modified atmosphere packaging for chilled meat[J]. Journal of Food Science, 2017, 82(1): 97-107. DOI:10.1111/1750-3841.13560.
- [38] 吴琼. 壳聚糖/海藻酸钠复合保鲜膜的制备与应用研究[D]. 青岛: 中国海洋大学, 2014: 60-70.
- [39] 甘柳红. 生物保鲜剂在带鱼保鲜中的应用[J]. 饲料营养, 2015, 33(4): 32-33. DOI:10.3969/j.issn.1671-427X.2015.04.024.
- [40] JAYASENA D D, JO C. Essential oils as potential antimicrobial agents in meat and meat products: a review[J]. Trends in Food Science and Technology, 2013, 34(2): 96-108. DOI:10.1016/j.tifs.2013.09.002.
- [41] 王正云, 李志方, 施帅. 茶多酚结合壳聚糖对冷却肉的保鲜效果[J]. 食品与发酵工业, 2012, 38(1): 186-189. DOI:10.13995/j.cnki.11-1802/ts.2012.01.049.
- [42] 相洋. 几种天然保鲜剂对冷却猪肉保鲜效果的研究[D]. 厦门: 集美大学, 2015: 34-40.