

多糖类可食性膜在鲜切果蔬包装中的应用

马新秀^{1,2,3}, 胡文忠^{1,2,3}, 冯可^{2,3}, 司琦^{2,3}

(1.大连工业大学, 大连 116600; 2.大连民族大学, 大连 116600;

3.生物技术与资源利用教育部重点实验室, 大连 116600)

摘要: 目的 为多糖类可食性膜应用于鲜切果蔬保鲜包装提供理论依据。方法 综述国内外常见的几种多糖类可食性膜的特点及其在鲜切果蔬保鲜中的应用, 并对其未来发展方向进行展望。结果 多糖类可食性膜具有良好的成膜性, 涂膜于鲜切果蔬, 降低了果蔬的呼吸及生理生化速率, 减少了水分的损失, 延缓了乙烯的生成, 抑制了褐变的发生, 是一种有效的鲜切果蔬保鲜方法。结论 多糖类可食性膜应用于鲜切果蔬的保鲜包装, 对鲜切果蔬的外观、风味、质地和营养品质有一定的良好影响。目前多糖类可食性膜涂膜包装仍存在一些问题, 并对问题的解决进行了展望。

关键词: 多糖类可食性膜; 鲜切果蔬; 保鲜包装

中图分类号: TB484.6; TS206 文献标识码: A 文章编号: 1001-3563(2017)17-0043-05

Application of Polysaccharide Edible Films in the Packaging of Fresh-cut Fruits and Vegetables

MA Xin-xiu^{1,2,3}, HU Wen-zhong^{1,2,3}, FENG Ke^{2,3}, SI Qi^{2,3}

(1.Dalian Polytechnic University, Dalian 116600, China; 2.Dalian Minzu University, Dalian 116600, China;

3.Key Laboratory of Biotechnology and Bioresources Utilization, Ministry of Education, Dalian 116600, China)

ABSTRACT: The work aims to provide the theoretical basis for the application of polysaccharide edible film in the fresh-keeping package of the fresh-cut fruits and vegetables. The characteristics of several common polysaccharide edible films at home and abroad and their application in the preservation of the fresh-cut fruits and vegetables were reviewed, and the future development direction was discussed. The polysaccharide edible film had a good film forming ability. The fresh-cut fruits and vegetables wrapped with such film reduced the respiration and physiological and biochemical rate of the fruits and vegetables, reduced the water loss, delayed the production of ethylene and inhibited the browning. Such film was used as a method to effectively preserve the fresh-cut fruits and vegetables. The polysaccharide edible film applied in the fresh-keeping package of the fresh-cut fruits and vegetables has some good effects on the appearance, flavor, texture and nutritional quality. However, currently some problems still exist in the polysaccharide edible film package and the solutions for these problems are discussed.

KEY WORDS: polysaccharide edible film; fresh-cut fruits and vegetables; preservation packaging

鲜切果蔬又名最少加工处理果蔬、半加工果蔬、轻度加工果蔬或者预制果蔬, 是以新鲜果蔬为原料, 经清洗、去皮、切割或切分、修整、包装等加工过程而制成的即食果蔬^[1]。鲜切果蔬具有新鲜、便捷、营养丰富、风味独特等特点。由于鲜切果蔬加工较少,

尽量保持了果蔬的新鲜品质, 所以也更容易被微生物所感染, 引起果蔬的腐败变质, 造成食用安全方面的隐患。鲜切易使果蔬产生创口, 增加果蔬中酶的活性, 暴露在空气中, 会引起果蔬的褐变, 使果蔬的外观品质下降。没有果皮的包裹, 鲜切果蔬的蒸腾作用也更

收稿日期: 2017-06-14

基金项目: “十三五”国家重点研发计划(2016YFD0400903); 国家自然科学基金(31471923, 31172009); 国家“十二五”科技支撑计划(2012BAD38B05)

作者简介: 马新秀(1994—), 女, 大连工业大学硕士生, 主攻食品加工与安全。

通讯作者: 胡文忠(1959—), 男, 博士, 大连民族大学教授, 主要研究方向为食品科学。

加剧烈，更易失水萎蔫，因此，找到一种有效的保鲜方法显得至关重要。

随着科学技术的发展，可食性包装代替了传统塑料包装成为当前包装行业发展的趋势。可食性膜是一种绿色包装材料，其突出的食用性功能有效地解决了塑料包装废弃物的问题。可食性膜可通过防止影响食品变质的物质迁移，保证食品的质量。多糖类可食性膜是可食性膜中研究得最早的一种，它来源广泛，价格低廉，具有良好的生物相容性，可以涂膜于鲜切果蔬的表面，有效保证了鲜切果蔬的食用安全及质量品质，因此可以将多糖类可食性膜应用于鲜切果蔬的保鲜包装。这里综述多糖类可食性膜的定义、种类以及在鲜切果蔬保鲜包装中的应用。

1 多糖类可食性膜的特点

多糖类可食性膜主要以高相对分子质量的多糖聚合物为基质，辅以可食性增塑剂^[2]，在溶剂中通过一定的处理工序，经过分子内和分子间的氢键等作用，使之在干燥后形成的一种薄膜^[3—4]。这种膜具有阻隔性能，防止由于食品与空气中的氧气、二氧化碳等气体接触引起的品质败坏。多糖有稳定的分子结构，并且可以通过对多糖分子进行改性，解决其吸湿变黏的问题。多糖类可食性膜还可以用来作为食品添加剂的载体，可在多糖类可食性膜中加入一些功能性物质（如抗氧化剂、防腐剂、调味料、营养强化剂、甜味剂、增稠剂等食品添加剂）来提高鲜切果蔬的性能^[5]，多糖类可食性膜能被生物降解，不会引起环境污染，是当前环境形势严峻局势下的一个很有发展潜力的绿色包装材料^[6]。

2 多糖类可食性膜应用于鲜切果蔬保鲜包装

2.1 淀粉及其衍生物类可食性膜

淀粉膜是可食性膜中研究开发最早的类型，它主要以直链淀粉为基质，多元醇（如甘油、山梨醇、甘油衍生物及聚乙二醇）及脂类物质（如脂肪酸、单甘醋、表面活性剂等）为增塑剂，少量动物或植物胶为增强剂制作而成^[7]，具有成膜性好、透明度高、透气率低等特点。改性淀粉较原淀粉膜具有较高的耐水性和阻湿性，因此淀粉及其衍生物类可食性膜在鲜切果蔬包装保鲜中的应用已经越来越广泛。

淀粉及其衍生物涂膜具有良好的阻隔性，张帆等^[8]通过实验，利用质量分数为3%的改性葛根淀粉涂膜于鲜切山药，防止了山药细胞再受损，使山药表面形成适宜的低O₂高CO₂环境，减缓其呼吸强度，减少致病菌的侵染，并抑制了表面的微生物生长，减少了水分的蒸腾。改性淀粉涂膜可改善鲜切果蔬外观品质，如Fakhouri等^[9]在玉米淀粉中加入增塑剂（明胶

等）制成改性淀粉后使淀粉涂膜具有低透氧性，降低了鲜切葡萄的呼吸速率及褐变率。涂膜延缓了葡萄的色泽衰变，改善了深红色葡萄的外观品质。鲜切果蔬由于切割导致汁液流失，会引起营养物质的损失，进行涂膜处理后，能够有效地减少果蔬中营养物质的损失，Lago-Vanzela等^[10]利用玉米和木薯淀粉，改性后对鲜切南瓜进行涂膜处理，鲜切南瓜中的反式-α-胡萝卜素和反式-β-胡萝卜素的保留率显著高于未受处理的产品，证明了淀粉及其衍生物涂膜能够有效地保持南瓜中的维生素A，减少了南瓜中营养物质的损失。鲜切果蔬是微生物良好的培养基，淀粉及其衍生物涂膜可以抑制果蔬表面的微生物生长，Aquino等^[11]在配方中加入质量分数为2%的木薯淀粉，制成壳聚糖木薯淀粉对鲜切番石榴进行涂膜处理。由于膜对气体的阻隔性，与未经涂膜处理的番石榴相比，微生物的生长速率明显得到遏制。淀粉及其衍生物涂膜能够很好地保持鲜切果蔬的品质，并且在一定程度上能够提高果蔬的食用价值。淀粉及其衍生物涂膜本身具有亲水性，分子间有亲水基团，因此水蒸气的透过率较高，虽然通过添加一些物质提高了改性淀粉的阻湿性，但提高程度不够，淀粉涂膜的阻湿性不佳^[12—13]。后续应深入研究改性淀粉及其衍生物类可食性膜阻湿性提高的新方法，使其在鲜切果蔬保鲜包装中有更好的应用。

2.2 壳聚糖类可食性膜

壳聚糖是由来自虾壳、蟹壳等中的甲壳素脱乙酰得到的一种带阳离子的多糖^[14]，是天然多糖中唯一的碱性多糖^[15]，也是地球上仅次于纤维素的第二大可再生资源^[16]。壳聚糖来源广泛，安全无毒，具有较强的抗菌性^[17]，其利用生物粘合性在果蔬表面形成一层具有选择性的保护膜达到贮藏保鲜功能，这种涂膜包装有助于鲜切果蔬品质的保持^[18]。

植物天然提取精油加入壳聚糖后，涂膜于鲜切果蔬的表面，提高了鲜切果蔬的抑菌能力。Martinez^[19]等将香芹（体积分数为0.5%）提取物加入壳聚糖（体积分数为0.5%）中，涂膜于鲜切胡萝卜，经过处理后的胡萝卜切片表面微生物的增长受到了明显抑制。Moreira^[20]等利用壳聚糖涂膜于鲜切西兰花，在贮藏期间，总嗜温菌和总嗜冷菌的数量相对于对照样品都显著减少。壳聚糖涂膜除了能抑制微生物生长外，它对保持果蔬品质也十分有效，如Carvalho^[21]等利用加入500mg/L的反式肉桂酸的壳聚糖（质量分数为2%）涂膜于鲜切甜瓜，对鲜切甜瓜的硬度、颜色、可溶性固形物含量、维生素C含量和类胡萝卜素含量都有一定的保持作用，且涂膜也降低了过氧化氢的自由基水平，使鲜切甜瓜有较低的抗氧化酶活性和脂质氧化程度，从而可使鲜切甜瓜的褐变程度降低，提高其感官

品质。营养物质的损失会降低鲜切果蔬的食用品质,因此对营养物质的保持是鲜切果蔬保鲜包装的一大重点, Xiao^[22]等研究了纯氧处理鲜切梨和加入了迷迭香提取物体积分数为0.03%的壳聚糖对鲜切梨进行涂膜处理,使鲜切梨的细胞膜通透性降低,维生素C流失减少,保持了鲜切果蔬的营养品质。与淀粉类涂膜相比,壳聚糖在鲜切果蔬表面能形成较均匀的涂膜,对水蒸气的阻隔性较好,它对鲜切果蔬的抑菌及保鲜机理主要有以下几个方面:为鲜切果蔬提供一个类似表皮的保护,减少了其表面水分的蒸发,延长了其处于正常生理活动状态的时间;抑制氧气进入鲜切果蔬内,减弱呼吸作用,减少组织内自由基的产生,使组织膜过氧化作用减弱,缓解细胞的损伤;改变了纤维果蔬呼吸作用的途径和底物,积累次生代谢产物,延缓果蔬的衰老;使果蔬表面形成一个微酸性的环境,微酸环境具有较强的抑菌抗菌作用,从而减少病菌侵染。不同相对分子质量、不同脱乙酰度的壳聚糖对鲜切果蔬的抗菌性及保鲜机理等方面有不同的影响,但影响程度尚不明确,应进行更加广泛而深入的研究。

2.3 动植物胶类可食性膜

动植物可食性膜是以动物胶(骨胶、蜂胶、虫胶等)和植物胶(果胶、海藻酸钠等)为基质,用甘油、多元醇、山梨酸酯作为增塑剂,制成具有透明度好、强度高、阻气性和耐湿性较好的可食性膜^[23~24]。这种可食性膜无毒无味^[25],有些还具有营养价值,如蜂胶中的黄酮类物质^[26]。同时,动植物胶类可食性膜还具有良好的保湿性、抗菌性和生物降解性。

改性海藻酸钠可用以抑制鲜切果蔬中微生物的生长,如Sipahi等^[27]利用海藻酸钠溶液(质量分数为0.5%,1%,2%)、β-环糊精和微囊化肉桂醛(天然抗菌剂)、果胶、乳酸钙制成的混合物,对鲜切西瓜进行涂膜处理,结果表明,除了质量分数为2%的藻酸盐涂层外,消费者的接受度都比较高,采用质量分数为1%的海藻酸钠多层食用涂料,可保证鲜切西瓜的保质期和感官合格率,延长货架期。与其同属植物性胶的果胶也具有良好的果蔬保鲜性能,如朱丹实等^[28]以大豆果胶为基质,添加壳聚糖、聚乙烯醇、甘油等制成可食性涂膜,将其涂抹于辽西大枣表面。贮藏20d后,质量损失率较未涂膜组明显降低,仅为7.3%,并且涂膜处理对维持大枣维生素C含量效果明显,其损失率仅为26.2%。蜂胶是一种动物胶,利用蜂胶乙醇提取物涂膜于食品表面^[29],有效地保持了鲜切果蔬的品质。董文明^[30]等采用蜂胶乙醇提取液与魔芋精粉制成的复合保鲜液,涂膜于鲜切圆脆鲜枣对其进行保鲜处理,显著地保持了圆脆鲜枣的质量,鲜枣的腐烂程度有所降低,处理后硬度变化较小,能够抑制可溶性固形物、可滴定酸和维生素C含量的下降及呼吸强度的

增大,明显延缓圆脆鲜枣的采后衰老。虫胶涂膜于鲜切果蔬表面可有效地延长其货架期,王卫锋等^[31]将虫胶、果蜡涂膜于蜜梨表面,贮藏20d后,蜜梨的腐烂率和质量损失率分别为2.5%和4.9%,硬度和可滴定酸含量分别下降了25.5%和26.6%,表明虫胶、果蜡涂膜能明显推迟果实的后熟,达到保鲜的效果。动植物胶类膜虽然具有良好的抑菌性和阻隔性,但蜂胶具有一定的苦味,会造成果蔬的食用品质不佳,且海藻酸钠的拉伸性有限,限制了这种可食性膜的使用。

2.4 改性纤维素类可食性膜

纤维素是自然界中存在的产量最大的天然高分子物质,是由D-六环葡萄糖残基以β-1,4-糖苷键连接而成的大分子多糖^[32]。改性纤维素类膜的阻氧性较好,可以抑制食品的酶促褐变,能够吸水膨胀形成透明的黏稠溶液,因其具有良好的增稠性、保水性、生物相容性以及低水汽透过率,从而起到了防腐的作用^[33]。常见的改性纤维素有羧甲纤维素、甲基纤维素、羧丙基甲基纤维素、羧丙基纤维素,这些纤维素均溶于水,并且具有良好的成膜性^[34]。

纤维素类膜能够保持鲜切果蔬的质量、营养品质和食用安全性,如Bico等^[35]将质量分数为3%的卡拉胶涂膜于香蕉表面,对鲜切香蕉的理化品质和微生物指标进行检测,研究表明经卡拉胶涂膜的鲜切香蕉,其质量损失率降低,多酚氧化酶的活性也有所降低,有效抑制了鲜切香蕉由于褐变引起的色泽变化,同时涂膜处理鲜切香蕉的硬度、可溶性固形物含量等品质也得到了较好的保持,降低了香蕉表面的呼吸速率以及微生物的生长速率。鲜切果蔬由于易腐败,失水严重,表面易褐变等特点,保质期较短。Saba等^[36]利用质量分数为1%的羧甲基纤维素结合氯化钙和抗坏血酸对鲜切苹果进行涂膜处理,在相对湿度为90%~95%的环境下贮存一段时间,保持了鲜切苹果的硬度和可溶性固形物含量,同时还减小了多酚氧化酶和过氧化物酶活性的变化,抑制了鲜切苹果的褐变和表面微生物的生长繁殖,延长了鲜切苹果的保质期。营养价值的保持对鲜切果蔬的保鲜尤为重要,陈中杭等^[37]采用纳米改性的ZnO/纤维素膜对鲜切西兰花进行保鲜包装,该膜使维生素C含量降低了37.4%,多酚氧化酶活性降低了12%,提高了贮藏期内西兰花的营养价值和食用的安全性。改性纤维素膜的阻湿性和阻气性较差,环境中湿度增大,会使其透氧率提高,增加果蔬腐败变质的机率,因此改善这种膜的阻湿性和阻气性十分重要。

3 结语

鲜切果蔬作为一种方便、快捷、新鲜、绿色的产品,市场需求量越来越大,保证鲜切果蔬的品质和食

用安全显得尤为重要。多糖类可食性膜应用于鲜切果蔬的保鲜中具有以下优点:安全无毒;能够生物降解,不会造成环境污染;可作为添加剂的载体;作为塑料包装的内附材料减少塑料中的有害物质向食品迁移等。该方法仍存在一些问题:多糖类天然高分子材料均具有亲水性,导致制备的多糖类可食性膜的阻湿性较差,对水蒸气的透过率较高;力学性能较差,力学强度不理想,脆性高易折断;热封性差,抑菌性不好;成本较高,该领域的研究生产尚处于起步阶段,并没有形成一定的规模。

针对以上问题对未来多糖类可食性膜的发展方向进行展望:通过改变多糖的性质,提高涂膜的阻湿性和热封性,降低水蒸气的透过率;通过在多糖类可食性膜中加入一些添加剂,提高涂膜的抑菌性和机械强度;制作复合涂膜,改善单一涂膜现有的不足。多糖类可食性膜在鲜切果蔬的包装保鲜上有广阔的应用前景,应对其进行更加深入的研究,降低其应用成本,使其应用更加广泛。

参考文献:

- [1] LAMIKANRA O. Fresh-cut Fruits and Vegetables: Science, Technology, and Market[J]// A Companion to the Philosophy of Technology, 2002(1): 49—60.
- [2] 卢星池,肖茜,邓放明.多糖类可食用膜研究进展[J].食品与机械,2014(4): 261—265.
- [3] LU Xing-chi, XIAO Qian, DENG Fang-ming. Advance on Edible Film with Polysaccharide[J]. Food and Machinery, 2014(4): 261—265.
- [4] CHEN Li-hong, ZHENG Bao-dong. Research Progress of Polysaccharide Edible Film[J]. Academic Periodical of Farm Products Processing, 2008(11): 35—38.
- [5] JOHN M K, CATHERINE D M J. Edible Films Solve Problems[J]. Food Technology, 1997, 51(2): 61—74.
- [6] 钟宇.葛根淀粉基可食性包装膜物化与抗菌性能的研究[D].上海:上海交通大学,2012.
- [7] ZHONG Yu. Physicochemical and Antibacterial Properties of Kudzu Starch Based Edible Films[D]. Shanghai: Shanghai Jiao Tong University, 2012.
- [8] 刘永,蔡俊莲,梁楚彬,等.淀粉/纳米 TiO₂ 涂膜对鲜切山药保鲜效果的研究[J].食品工业,2016(9): 112—114.
- [9] LIU Yong, CAI Jun-lian, LIANG Chu-bin, et al. Effect of Starch/Nano-TiO₂ Coating on Preservation of Fresh-cut Yam[J]. Food Industry, 2016(9): 112—114.
- [10] 雷俊.可食性膜的成膜性能及其应用研究[D].乌鲁木齐:新疆农业大学,2008.
- [11] LEI Jun. Studies on the Film Forming Property and Application of Edible Films[D]. Urumqi: Xinjiang Agricultural University, 2008.
- [12] 张帆,屈紫薇,罗静静,等.改性葛根淀粉涂膜对鲜切山药保鲜效果的影响[J].食品与发酵工业,2016, 42(6): 182—186.
- [13] ZHANG Fan, QU Zi-wei, LUO Jing-jing, et al. Effect of Modified Gegen Starch Coating on the Preservation Effect of Fresh Cut Yam[J]. Food and Fermentation Industry, 2016, 42(6): 182—186.
- [14] FAKHOURI F M, MARTELLI S M, CAON T, et al. Edible Films and Coatings Based on Starch/Gelatin: Film Properties and Effect of Coatings on Quality of Refrigerated Red Crimson Grapes[J]. Postharvest Biology & Technology, 2015, 109(1): 57—64.
- [15] LAGO-VANZELA E S, NASCIMENTO P D, FONTES E A F, et al. Edible Coatings from Native and Modified Starches Retain Carotenoids in Pumpkin during Drying[J]. LWT-Food Science and Technology, 2013, 50 (2): 420—425.
- [16] AQUINO A B, BLANK A F, SANTANA L C. Impact of Edible Chitosan-cassava Starch Coatings Enriched with Lippia Gracilis Schauer Genotype Mixtures on the Shelf Life of Guavas (*Psidium Guajava* L.) during Storage at Room Temperature[J]. Food Chemistry, 2015, 171: 108—116.
- [17] 韩永生,赵丽美.变性淀粉-壳聚糖可食性膜的包装性能研究[J].包装工程,2009, 30(12): 34—36.
- [18] HAN Yong-sheng, ZHAO Li-me. Studies on the Packaging Properties of Modified Starch Chitosan Edible Films [J]. Packaging Engineering, 2009, 30(12): 34—36.
- [19] 徐清海,魏忠环.壳聚糖-淀粉水不溶性可食薄膜的制备工艺研究[J].食品研究与开发,2001, 22(2): 20—22.
- [20] XU Qing-hai, WEI Zhong-huan. Study on Preparation Process of Chitosan Starch Insoluble Edible Film[J]. Food Research and Development, 2001, 22(2): 20—22.
- [21] LUO Y, ZHANG B, CHENG W H, et al. Preparation, Characterization and Evaluation of Selenite-loaded Chitosan/TPP Nanoparticles with or without Zein Coating[J]. Carbohydrate Polymers, 2010, 82(3): 942—951.
- [22] 刘亚平,焦凌霞.壳聚糖在鲜切果蔬保鲜中的应用进展[J].河北农业科学,2008, 12(8): 81—83.
- [23] LIU Ya-ping, JIAO Ling-xia. Application Progress of Chitosan on the Fresh-keeping of Fresh-cut Fruits and Vegetables[J]. Journal of Hebei Agricultural Sciences, 2008, 12(8): 81—83.
- [24] 贺庆辉,李亚娜,刘琛,等.含钙离子壳聚糖涂膜对鲜切莴苣的保鲜性研究[J].中国酿造,2015, 34(6): 114—117.
- [25] HE Qing-hui, LI Ya-na, LIU Chen, et al. Effect of Chitosan Coating Containing Ca²⁺ on the Preservation of Fresh-cut Lettuce[J]. China Brewing, 2015, 34(6): 114—117.
- [26] 匡银近,张利芳,覃彩芹,等.可食性壳聚糖复合涂膜包装对鲜切莲藕保鲜效果的影响[J].湖北工程学院学报,2014, 34(6): 25—28.
- [27] KUANG Yin-jin, ZHANG Li-fang, QIN Cai-qin, et al. Effects of Edible Chitosan Composite Film Packaging Preservation Effect of Fresh Cut Lotus Roots[J]. Journal of Hubei College of Engineering, 2014, 34(6): 25—28.

- [18] KERCH G. Chitosan Films and Coatings Prevent Losses of Fresh Fruit Nutritional Quality: A Review[J]. Trends in Food Science & Technology, 2015, 46(2): 159—166.
- [19] MARTINEZ H G B, AMODIO M L, COLELLI G. Carvacrol-loaded Chitosan Nanoparticles Maintain Quality of Fresh-cut Carrots[J]. Innovative Food Science & Emerging Technologies, 2017, 41: 56—63.
- [20] MOREIRA M D, ROURA S I, PONCE A. Effectiveness of Chitosan Edible Coatings to Improve Microbiological and Sensory Quality of Fresh Cut Broccoli[J]. LWT-Food Science and Technology, 2012, 44(10): 2335—2341.
- [21] CARVALHO R L, CABRAL M F, GERMANO T A, et al. Chitosan Coating with Trans-cinnamaldehyde Improves Structural Integrity and Antioxidant Metabolism of Fresh-cut Melon[J]. Postharvest Biology & Technology, 2016, 113: 29—39.
- [22] XIAO Chen-long, ZHU Li-wei, LUO Wen, et al. Combined Action of Pure Oxygen Pretreatment and Chitosan Coating Incorporated with Rosemary Extracts on the Quality of Fresh-cut Pears[J]. Food Chemistry, 2010, 121(4): 1003—1009.
- [23] 萨仁高娃, 胡文忠, 修志龙, 等. 可食性活性涂膜在鲜切果蔬保鲜中的应用[J]. 食品安全质量检测学报, 2015(7): 2427—2433.
- SA Ren-gao-wa, HU Wen-zhong, XIU Zhi-long, et al. Application of Edible Active Films Coatings on Preservation of Fresh-cut Fruits and Vegetables[J]. Journal of Food Safety and Quality, 2015(7): 2427—2433.
- [24] 王峰棚. 可食性复合膜的制备及在包装中的应用[D]. 天津: 天津科技大学, 2014.
- WANG Feng-peng. The Preparation and Packaging Application of Edible Composite Films[D]. Tianjin: University of Science and Technology of Tianjin, 2014.
- [25] 魏强华, 张娜萍, 陈业, 等. 蜂胶涂膜剂在番茄保鲜中的应用[J]. 食品工业科技, 2009(2): 278—279.
- WEI Qiang-hua, ZHANG Na-ping, CHEN Ye, et al. Application of the Coating Agent Containing Propolis on the Preservation of Tomatoes[J]. Science and Technology of Food Industry, 2009(2): 278—279.
- [26] 刁春英, 高秀瑞, 张玲. 蜂胶提取物对草莓室温保鲜效果的研究[J]. 食品科技, 2013(1): 248—252.
- DIAO Chun-ying, GAO Xiu-rui, ZHANG Ling. The Effects for Extracts of Propolis on Fresh-keeping of Strawberry at Room-temperature[J]. Food Science and Technology, 2013(1): 248—252.
- [27] SIPAHI R E, CASTELL-PEREZ M E, MOREIRA R G, et al. Improved Multilayered Antimicrobial Alginate-based Edible Coating Extends the Shelf Life of Fresh-cut Watermelon (*Citrullus Lanatus*)[J]. LWT-Food Science and Technology, 2013, 51(1): 9—15.
- [28] 朱丹实, 刘贺, 励建荣. 壳聚糖/大豆果胶多糖可食性复合膜及 LDPE 膜对辽西大枣贮藏品质的影响[J]. 中国食品学报, 2013, 13(4): 125—131.
- ZHU Dan-shi, LIU He, GU Jian-rong. Effects of Chitosan/Soybean Pectin Polysaccharide, Edible Composite Film and LDPE Film on Storage Quality of Chinese Jujube in Western Liaoning[J]. Chinese Journal of Food Science, 2013, 13(4): 125—131.
- [29] 徐国平, 王启发. 蜂胶提取液在油麦菜保鲜上的应用[J]. 蜜蜂杂志, 2013, 33(9): 8—9.
- XU Guo-ping, WANG Qi-fa. Application of Liquid in Lettuce Fresh Extraction of Propolis[J]. Journal of Bee, 2013, 33(9): 8—9.
- [30] 董文明, 焦凌梅, 董坤, 等. 蜂胶/魔芋涂膜酸石榴保鲜技术研究[J]. 食品科技, 2006, 31(12): 154—157.
- DONG Wen-ming, JIAO Ling-mei, DONG Kun, et al. Study on the Preservation Technology about Compound Films of Konjac Glucomannan and Propolis to Coating Punica Granatum[J]. Food Science and Technology, 2006, 31(12): 154—157.
- [31] 王卫锋, 吴冬, 李共国, 等. 虫胶果蜡涂膜对货架期蜜梨品质的影响[J]. 食品科技, 2013(3): 42—44.
- WANG Wei-feng, WU Dong, LI Gong-guo, et al. Effect of Shellac Coating on the Shelf Life of Fruit Wax Pear Quality[J]. Food Science and Technology, 2013 (3): 42—44.
- [32] 董峰. 基于果蔬包装的纳米纤维素/壳聚糖复合膜的制备、性能及应用[D]. 哈尔滨: 东北林业大学, 2015.
- DONG Feng. Preparation, Property and Application of Nanocellulose/Chitosan Composite Film Based on Fruit and Vegetable Package[D]. Harbin: Northeast Forestry University, 2015.
- [33] PENG L, LI H, MENG Y. Layer-by-layer Structured Polysaccharides-based Multilayers on Cellulose Acetate Membrane: Towards Better Hemocompatibility, Antibacterial and Antioxidant Activities[J]. Applied Surface Science, 2017, 401: 25—39.
- [34] NOSHIRVANI N, GHANBARZADEH B, GARD RAT C, et al. Cinnamon and Ginger Essential Oils to Improve Antifungal, Physical and Mechanical Properties of Chitosan-carboxymethyl Cellulose Films[J]. Food Hydrocolloids, 2017(1): 36—45.
- [35] BICO S L S, RAPOSO M F J, MORAIS R M S C, et al. Combined Effects of Chemical Dip and/or Carrageenan Coating and/or Controlled Atmosphere on Quality of Fresh-cut Banana[J]. Food Control, 2009, 20(5): 508—514.
- [36] SABA M K, SOGVAR O B. Combination of Carboxymethyl Cellulose-based Coatings with Calcium and Ascorbic Acid Impacts in Browning and Quality of Fresh-cut Apples[J]. LWT-Food Science and Technology, 2016, 66: 165—171.
- [37] 陈中杭, 高珊珊, 李振涛, 等. 纳米改性 ZnO/纤维素膜对鲜切西兰花的保鲜包装研究[J]. 中国印刷与包装研究, 2014, 6(4): 112—116.
- CHEN Zhong-hang, GAO Shan-shan, LI Zhen-tao, et al. Research on Preservation Packaging of Fresh-Cut Broccoli with Modified Nano ZnO/Cellulose Film[J]. China Printing and Packaging Study, 2014, 6(4): 112—116.