

应用于鲜切果蔬中的保鲜技术研究进展

纪懿芳¹, 胡文忠^{2*}, 姜爱丽²

(1. 大连工业大学食品学院, 大连 116034; 2. 大连民族大学生命科学学院, 大连 116600)

摘 要: 鲜切果蔬因其方便、健康、新鲜等特点日益受到人们的青睐, 销售量逐年增加。鲜切果蔬又称为切割果蔬、半加工果蔬、调理果蔬等, 通常是指改变了蔬菜、水果物理形状, 但仍然保持其新鲜状态的果蔬制品或果蔬混合产品。其生产过程一般要经过清洗、分级、修整、切分、洗涤、干燥、包装、贮存、配送等工序, 可供消费者直接食用或餐饮业使用。鲜切果蔬保鲜技术对果蔬的色泽、气味、质地、营养成分、组织状态等感官方面得以最大的保留, 减少果蔬因经过清洗、去皮、等机械处理过程导致的品质改变。本论文主要对现阶段鲜切果蔬的保鲜技术研究进展进行综述, 其主要技术包括物理、化学和综合保鲜技术, 以期为今后更深入的研究与探索提供参考与借鉴, 并对未来发展方向进行了展望。

关键词: 鲜切果蔬; 品质改变; 保鲜技术

Application of preservation technologies in fresh-cut fruits and vegetables

JI Yi-Fang¹, HU Wen-Zhong^{2*}, JIANG Ai-Li²

(1. College of Food Engineering, Dalian Polytechnic University, Dalian 116034, China;
2. College of Life Science, Dalian Nationalities University, Dalian 116600, China)

ABSTRACT: Fresh-cut fruits and vegetables are increasingly favored by consumers, their sales increased by their convenience, rich nutrition and great freshness characteristics. Fresh-cut fruits and vegetables are also known as cut fruits and vegetables, semi processed fruits and vegetables, fruits and vegetables such as conditioning, usually refer to change vegetables, fruit, and physical shape, but still continue in its state of fresh fruit products or produce mixed products. The production process generally goes through cleaning, grading, trimming, segmentation, washing, drying, packaging, storage and distribution, available to consumers directly edible or by restaurants cooking. Preservation technologies in fresh-cut fruits and vegetables significantly affect sensory aspects such as color, smell, texture, flavor, and tissue. This paper summarized the preservation technologies of fresh-cut fruits and vegetables, such as physical, chemical, biological and combinatorial preservation technologies for fresh-cut fruits and vegetables, which would provide the further understanding of current problems and guidance of future research directions, and prospect for future developments presented.

KEY WORDS: fresh-cut fruits and vegetables; characteristic changes; preservative technology

基金项目: 国家科技支撑计划项目(2012BAD38B05)、国家自然科学基金项目(31471923, 31172009)

Fund: Supported by the National Science and Technology Pillar Program during the 12th Five-Year Plan Period (2012BAD38B05), the National Natural Science Foundation of China (31471923, 31172009)

*通讯作者: 胡文忠, 博士, 教授, 主要研究方向为食品加工与质量安全控制。E-mail: h wz@dl nu.edu.cn

*Corresponding author: HU Wen-Zhong, Professor, College of Life Science, Dalian Nationalities University, No.18, Liaohe West Road, Jinzhou New District, Dalian 116600, China. E-mail: h wz@dl nu.edu.cn

1 引言

随着时代的不断发展,人们追求更快捷更方便的食用商品,公众对食品在营养、健康、方便和安全性的要求与日俱增,鲜切果蔬在人们的需求下而产生。鲜切果蔬(fresh-cut)又名半处理果蔬或轻度加工果蔬(minimally processed fruits and vegetables),是将新鲜的果蔬进行分级、整理、清理、切分、修整、消毒、包装等程序处理,使果蔬仍然保持着新鲜的状态的方便安全食品,使消费者可以直接食用^[1,2]。鲜切果蔬发展始于20世纪50年代的美国,食品行业需要一种新鲜方便食用的马铃薯,于是出现了去皮马铃薯产业。20世纪80年代后,鲜切果蔬在加拿大、欧洲和日本等地迅速的发展,逐步形成了一种果蔬产业化。鲜切蔬菜在我国起步较晚,随着国外快餐连锁餐厅飞速发展,我国的鲜切蔬菜行业也开始蓬勃发展,鲜切蔬菜加工企业日益增多。在国内一些发达城市的超市内已经有鲜切蔬菜产品出售,这种安全、快捷、方便的蔬菜产品逐渐进入了老百姓的视野。鲜切果蔬在加工处理过程中造成的机械伤害等损伤会让果蔬的营养成分流失,组织受损,加速了酶促褐变和非酶促褐变,并给微生物的生长和繁殖提供了更良好的生长环境,导致货架期短,影响了鲜切果蔬的品质,限制了鲜切果蔬加工业的发展^[2,3]。现已有许多保鲜技术应用于果蔬鲜切中,常见的保鲜技术主要有物理保鲜技术、保鲜剂保鲜技术和其他保鲜技术。

2 物理保鲜

果蔬物理保鲜技术是利用调节、控制温度、湿度、压力和气体成分等条件让果蔬改变呼吸强度、酶活性、酶促褐变和非酶促褐变等其自身的生物规律,而达到保鲜延长货架期的目的^[4]。果蔬物理保鲜的主要方法是低温贮藏和气调,都是根据控制果蔬采后的贮藏环境来实现保鲜作用的,此外还有高压、辐照和臭氧等贮藏方法。

2.1 低温贮藏(low temperature storage)

温度是影响果蔬品质的主要因素,采用低温贮藏是果蔬保鲜的最常见方法。低温可以减弱果蔬的呼吸强度,降低酶活性,抑制果蔬的酶促褐变,延缓组织衰老,任何微生物都有一定的正常生长和繁殖的温度范围,温度愈低,它们的活动能力也愈弱,温度低于微生物的最低生长点,微生物就停止生长甚至导致微生物死亡。但要注意贮藏时不要低于蔬菜的冷害温度,以免出现冷害症状,造成果蔬不可食用^[5]。Martinea等^[6]对不同贮藏温度(1℃、3℃、5℃和7℃)下莴苣贮藏品质进行测定。结果表明,在5℃下贮藏的莴苣,呼吸强度、纤维素含量及失重率较低,Vc含量保持最高。龙雪峰^[7]等以椰子果肉为实验材料,研究椰肉低温(4℃)贮藏的品质变化规律,分离并鉴定了导致椰肉

腐败变质的优势腐败菌并对防腐保鲜剂对优势腐败菌的抑制作用做了相对实验。实验表明,椰肉在4℃条件下贮藏4d后,开始出现异味、粘手等腐败特征,感官品质降低,pH、菌落总数及其脂肪酸价、过氧化值持续增加,贮藏6d后其脂肪酸价增加了4.67倍。朱军伟等^[8]对菠菜进行低温贮藏保鲜,发现低温贮藏结合薄膜包装可以有效抑制菠菜失重率增加、叶绿素的分解、感官品质的下降和亚硝酸盐含量的增加,减少营养成分的损失,货架期可延长至35d。高元元等^[9]根据包装袋厚度、温度和装载量三个因素设计正交试验提高鲜切甜椒的贮藏保鲜品质,实验得出最好的贮藏方法为0.02mm PE(30×40cm),5℃,200g装载量可使鲜切甜椒的货架期达到10d。低温贮藏可以有效的阻止食品腐败变质,延长食品保存期。低温保鲜技术是现在应用最广泛的保鲜技术,但是仍有学者发现有些微生物在低温条件下仍可以保持生长繁殖速率,因此单一的低温保鲜技术还需要结合防腐处理等方法,以达到防腐保鲜的目的。临界低温高保湿技术是一种新型低温保鲜技术,果蔬控制在温度在物料冷害点左右和相对湿度为90%和98%左右的环境中贮藏保鲜果蔬。使果蔬在不发生冷害的情况下采用劲量低的温度保鲜,可以有效地延长保鲜期。

2.2 气调包装保鲜(modified atmosphere package, MAP)

气调包装是根据不同果蔬的生理特性,用两种或多种气体混合组成取代包装体内的气体,借助果蔬自身的呼吸作用与包装材料的选择性渗透,构建成更适合果蔬贮藏保鲜的环境,降低贮藏环境中的氧浓度,提高二氧化碳浓度,有效地降低果蔬的生理消耗,抑制呼吸作用引起的发酵、腐烂,以达到延长果蔬的货架期^[10]。鲜切果蔬的气调包装有许多种,常见的有自发调节气体包装(MAP)、减压包(MVP)、活性包装(AP)。麦馨允^[11]等以香蜜甜杨桃为实验材料,研究12℃条件下、非气调包装、被动气调包装(初始气体比例21%O₂、0%CO₂、79%N₂)和主动气调包装(初始气体比例为5%O₂、5%CO₂、90%N₂)对杨桃果实保鲜效果的影响。结果表明,与非气调包装相比,被动气调包装和主动气调包装在一定程度上延迟了杨桃色泽的黄化,使果实的失重率维持在2%以内,硬度维持在0.4MPa以上。主动气调包装比被动气调包装对可溶性固形物、可滴定酸、Vc含量和pH值的维持效果好。与非气调包装相比,主、被动气调包装都抑制了过氧化物酶的活力。被动气调包装和主动气调包装的杨桃的货架期分别达到为25~35d和35~40d。MAP中适度的低O₂和高CO₂可以使鲜切果蔬的呼吸作用降到最低的代谢水平,抑制乙烯的形成,延缓鲜切果蔬的组织衰老,达到延长货架期的目的。但是,O₂过低或者CO₂过高会产生无氧呼吸,引起鲜切果蔬生理代谢紊乱,加速鲜切果蔬衰老。董玉玲等^[12]研究不同材料气调包装对鲜切马铃薯货架期品质的影响,通过正交试验

优选出鲜切马铃薯气调包装的最佳处理为包装膜为平均厚度 0.112 mm 的 LDPE, CO₂ 浓度为 51%, O₂ 浓度为 15% 的混合气调包装, 有效的保持鲜切马铃薯的感官品质, 降低褐变程度, 抑制 PPO 活性。张平等^[13]采用塑料箱式气调保鲜技术贮藏蓝莓, 气体的浓度为: CO₂ 10%~12%, O₂ 6%~9%, 此方法可延长保鲜期为 30~40 d。Sara 等^[14]应用气调保鲜包装樱桃, 结果表明红樱桃在 2 ℃ 条件下, 采用气调包装后, 保鲜期是未包装红樱桃保鲜期的 3 倍。复合包装材料因其包装材料的灵活多变性, 可根据不同果蔬的生理特性, 调节其自身组分等特点在现代研究比较广泛, 可降解的新型生物杀菌包装由于具有绿色、杀菌、环保和安全等特点在气调包装保鲜鲜切果蔬中也拥有更深远的研究和应用前景。

2.3 辐照保鲜(fruit preservation by irradiation)

辐照杀菌是利用射线照射食品, 引起微生物发生一系列物理化学反应。目前世界上的辐射源主要有 3 种, γ -射线、加速电子和 X 射线。辐照保鲜原理是利用 ⁶⁰Co 和 ¹³⁷Cs 产生的 γ -射线照射食品, 引起微生物发生一系列反应, 使微生物的新陈代谢、生长发育受到抑制或破坏, 致使微生物被杀灭, 食品的保藏期得以延长^[15,16]。辐照食品加工技术是一种安全、卫生、经济有效的农产品和食品储藏保鲜加工技术, 辐射线穿透力强, 可以彻底地杀灭细菌、需要的能量少、对环境的污染相对较少, 常温下即可以完成杀菌防腐的过程, 可以很大程度上保持食品原有的色、香、味、形。沈月等^[17]将 ⁶⁰Co γ 辐照技术应用于鲜切彩椒加工过程中, 研究了不同辐照剂量对鲜切彩椒杀菌效果及营养和理化性质的影响。实验结果表明, 辐照对鲜切彩椒具有显著减菌效果。可以有效的控制鲜切彩椒的微生物而不影响其食用和感官品质, 延长货架期至 6 d。Zhang 等^[18]用 1.0 kGy 剂量的 γ -射线辐射鲜切莴苣, 细菌总数下降 2.35 个数量级, 大肠菌群数低于 30 个/100 g, 抑制 PPO 活性, 减少 V_C 损失。Ryu 等^[19]用蒸汽杀菌和辐照方法分别处理辣椒, 产品在储藏一段时间后, 辐照的杀菌效果要远好于熏蒸法。李淑荣等^[20]采用 ANOVA 法及 Duncan's 法分析鲜切胡萝卜品质特性的差异情况。结果表明, 1.5~2.0 kGy 可以保证鲜切胡萝卜的安全性, 辐照可以避免其他病原菌在贮藏过程中的滋生。辐照剂量低于 2.0 kGy 时, 样品的 Hunter 值、可溶性固形物含量、细胞膜通透性和感官特性没有显著影响。

3 保鲜剂保鲜

果蔬在采摘后最具影响的生理特征就是呼吸作用。保鲜剂保鲜技术在果蔬保鲜包装上的保鲜作用主要体现在对果蔬产生的气体(如乙烯、乙醇等)进行抑制, 降低果蔬的呼吸强度, 减少水分散失、腐烂、氧化、发芽、乙烯的产生等问题, 限制微生物生长, 延长货架期。保鲜剂按照功能不

同分为化学防腐保鲜剂、天然防腐保鲜剂和生物防腐保鲜剂^[21,22]。

3.1 天然防腐保鲜剂

天然防腐保鲜剂主要来自于某些物质的提取物, 其毒性远低于人工合成的保鲜剂, 因此受到人们的普遍欢迎。目前应用较多的有茶多酚类、香辛料提取物、植酸、壳聚糖、复合维生素 C 衍生物等^[23,24]。姜爱丽^[25]研究用不同浓度的外源水杨酸对蓝莓进行涂膜处理, 对蓝莓的呼吸速率、果实硬度、腐烂率、贮藏时间和相关酶活性进行检测。结果表明, 外源水杨酸处理促进了采后蓝莓果实苯丙烷代谢的进程, 使苯丙烷代谢的终产物木质素含量增加, 进而增加了果实硬度, 有效地抵御微生物侵染, 降低果实腐烂, 延长货架期。壳聚糖成膜的基本原理是壳聚糖大分子中含有大量游离氨基和羟基, 易溶于酸性水溶液形成高粘度的胶体溶液, 将其涂抹于鲜切果蔬表面可以形成透明、光亮的且有较好选择透气性和阻气性的壳聚糖薄膜。壳聚糖涂在鲜切果蔬表面可以降低呼吸强度, 减少营养素的消耗, 可以有效阻碍水分的蒸发和抑制微生物的生长, 抑制乙烯的合成, 达到保鲜的目的。范林林等^[26]为研究壳聚糖涂膜对鲜切苹果贮藏品质的影响, 将鲜切苹果分别用壳聚糖浸泡后沥干, 用 0.11 mm 厚度的 PE 保鲜膜包装置于 4 ℃ 冷库中贮藏, 每 2 d 测定。结果表明, 适当质量分数的壳聚糖涂膜可保持苹果切块的感官品质、延缓营养物质下降、抑制微生物的繁殖, 对鲜切苹果有较好的护色效果。Tapia 等^[27]采用海藻酸盐结合葵花籽油和抗坏血酸对鲜切番木瓜进行涂膜处理。结果表明, 涂膜处理有效阻止了鲜切番木瓜的水分蒸发, 降低了呼吸速率和乙烯的产生。Perez 等^[28]研究发现, 以乳清蛋白和蜂蜡为涂膜材料结合 1% V_C 或 0.5% 半胱氨酸涂膜处理鲜切苹果, 显著抑制了苹果褐变, 延长货架期。胡文忠等^[29]将苹果在茉莉酸甲酯溶液中浸泡。结果发现, 鲜切苹果经茉莉酸甲酯处理后, 抗坏血酸过氧化物酶(APX)活性降低, 但脂肪氧化酶(LOX)、苯丙氨酸解氨酶(PAL)、氧化氢酶(CAT)、多酚氧化酶、过氧化物酶活性增加, 相对电导率和丙二醛含量降低。茉莉酸甲酯处理启动了鲜切富士苹果的防御反应, 导致相关防御反应的关键酶活性升高, 从而降低机械伤害引发的自由基对细胞膜产生的伤害。

3.2 化学保鲜剂

与天然保鲜剂相比, 化学保鲜剂具有廉价、设备简易、耗能少、适用性强等特点, 故在蔬菜储藏运输中拥有较为广泛应用空间, 常用的蔬菜化学保鲜剂有联苯、邻苯基苯酚、噻苯咪唑、抑霉唑、多菌灵、乙萘酚等^[30]。刘淑仪^[31]用化学保鲜剂缓释型保鲜剂 CT2 速释型保鲜剂 CT5 对巨峰葡萄进行保鲜处理, 化学保鲜剂处理的巨峰葡萄, 随着贮藏期的延长, 可溶性总糖含量, 可滴定酸、可溶性固

形物和维生素 C 含量均显著高于未处理的样品。Abadias 等^[32]利用中性电解水(含 50 mg/L 氯)处理鲜切生菜,使微生物数量降低了 1~21 g,与 120 mg/L 氯水处理具有相同的杀菌效果。李和生等^[33]研究了过氧乙酸、植酸和氯化钙 3 种常用化学保鲜剂对草莓贮藏保鲜效果。结果表明,过氧乙酸对抑制霉菌效果好,植酸可以用于护色,氯化钙可以维持果树的硬度。Beatriz 等^[34]通过对鲜切苹果用 1-甲基环丙烯处理发现,1-甲基环丙烯能够延长水果的贮藏期,但不能影响水果的恶化速度。传统的化学物质亚硫酸盐能阻止过氧化氢的形成,抑制酶促和非酶促褐变,防止鲜切果蔬褐变,但亚硫酸盐可能引起人体的过敏反应并导致气喘以及其他副作用,已被禁用和限制使用。

3.3 生物保鲜技术

生物保鲜技术的是根据将果蔬与空气隔离,延缓氧化,或者是根据生物保鲜剂本身具有良好的抑菌作用,从而达到保鲜防腐的效果。生物保鲜剂是指从动植物和微生物中提取或利用生物工程技术改造而获得的对人体安全的具有保鲜作用的产品^[35]。冯叙桥等^[36]将鲜切寒富苹果分别放入 0.01%、0.05%、0.08%溶菌酶溶液中浸泡 2 min 后沥干,用 0.11 mm 厚度的 PE 保鲜膜包装后置于 4℃冷库中贮藏,每 2 天测定特定的生理生化指标变化。结果表明,溶菌酶处理能有效维持鲜切苹果的品质,在一定程度上抑制了相对电导率、MDA 含量、PPO 活性及菌落总数的增加,显著维持了 POD 活性。Liu 等^[37]用拮抗酵母菌对采后葡萄的灰霉病进行控制,拮抗酵母菌可较好的控制采后葡萄的灰霉病害且不损害葡萄果实可溶性固形物、抗坏血酸等营养成分。宋晓雪等^[38]利用纳他霉素对鲜切茼蒿进行处理保鲜,天然保鲜剂-纳他霉素可以有效抑制茼蒿表面霉菌的生长与增殖,维持花青素含量,降低了总酚和类黄酮含量,抑制了 PPO 与 PAL 的活性、MDA 的积累。

4 其他保鲜技术

除了物理保鲜、化学保鲜等,还有利用基因工程和综合保鲜技术。单一的保鲜技术已经满足不了人们对新鲜果蔬的品质要求,人们需要更安全保鲜效果更好的保鲜技术。单一的保鲜技术存在各自的缺陷,如化学防腐剂使用时候要求严格控制在计量,否则容易造成果实化学残留安全问题涂膜保鲜就存在涂膜效果不稳定,干燥时间长,容易变潮,对保持温度和湿度的稳定性不好。为此许多学者也在寻求新的途径来改善这些问题,如采用多种单一保鲜方法相结合的综合保鲜技术。综合保鲜技术将各个保鲜技术优点结合起来。Bico 等^[39]研究发现,鲜切香蕉经抗坏血酸和氯化钙化学浸泡,用卡拉胶涂膜,在结合气调贮藏处理 5 d 后仍有较好的感官品质。Oms 等^[40]研究发现,鲜切梨化学涂膜处理后,在 4℃环境下可贮藏 14 d。

5 结论与展望

每种保鲜技术都有各自的优势与劣势,物理保鲜技术由于成本低,操作简便、易于控制、对果蔬的营养以及风味的影响程度的优势是现如今使用较为广泛的保鲜技术。但是由于每种果蔬对贮藏温度、湿度等因素的需求不同,化学保鲜的保鲜效果好,货架期长,成本低,但是可能改变食品的营养成分,使用剂量的添加要求严格,掌握度不易控制,试剂残留问题难以解决。生物保鲜技术安全、可靠是今后发展的主流趋势,随着生物保鲜技术的完善与发展逐步会替代物理和化学保鲜技术在市场的地位。

果蔬保鲜技术已经从最简单的低温贮藏发展成为多种安全、高效的保鲜技术,保鲜技术的发展使食品的营养成分和风味得到更好的保留。开发新型保鲜技术,改进现有的保鲜技术,将各种保鲜技术混合使用,按照不同果蔬的特点和各项技术的优势有机结合提高鲜切果蔬的品质,减少营养成分的损失,延长鲜切果蔬的货架期,为人们提供更安全、食用方便的鲜切果蔬。

参考文献

- [1] 李超,冯志宏,陈会燕,等.鲜切果蔬保鲜技术的研究进展[J].保鲜与加工,2010,10(1):3-6.
Li C, Feng ZH, Chen HY, et al. Research progress on storage technique of fresh-cut fruits and vegetables [J]. Storage Process, 2010, 10(1): 3-6.
- [2] Olmez H, Kretsz U. Potential alternative disinfection methods for organic fresh-cut industry for minimizing water consumption and environmental impact [J]. LWT-Food Sci Tec, 2009, 42(3): 686-693.
- [3] Hodges D M, Toivoene PMA. Quality of fresh-cut fruits and vegetables as affected by exposure to abiotic stress [J]. Postharvest Biol Tec, 2008, 48(2): 155-162.
- [4] Arthey D. Managing frozen foods [J]. Trends Food Sci Tech, 2001, 12(1): 42-43.
- [5] 张宾乐. 茼蒿低温贮藏保鲜技术研究[D]. 福州: 福建农林大学, 2009.
Zhang BL. Study on the low temperature storage of lettuce[D]. Fuzhou: Fujian Agriculture for University, 2009.
- [6] Martinea-Romero D, Valero D, Serrano M, et al. Exogenous polyamines and gibberellic acid effects on peach(*Prunus persica* L.) storability Improvement [J]. J Food Sci, 2000, 65(2): 288-293.
- [7] 龙雪峰. 椰肉低温贮藏保鲜技术研究 [D]. 海口: 海南大学, 2014.
Long XF. A study of preservation technique on coconut meat under low temperature storage [D]. Haikou: Hainan University, 2014.
- [8] 朱军伟. 菠菜低温保鲜关键技术的研究[D]. 上海: 上海海洋大学, 2013.
Jun WZ. Research on key technologies of low temperature preservation of spinach [D]. Shanghai: Shanghai Ocean University, 2013.
- [9] 高元元. 气调包装保鲜鲜切甜椒最优条件的研究[J]. 食品与发酵科技, 2012, 48(1): 52-56.
Gao YY. Studied on the best conditions of fresh-cut sweet peppers storage with modified atmosphere packaging [J]. Sichuan Food Ferment, 2012, 48(1): 52-56.

- [10] 卢立新. 果蔬气调包装理论研究进展[J]. 农业工程学报, 2005, 21(7): 175–180.
- Lu LX. Research advances in theories for modified atmosphere packaging of fruits and vegetables [J]. Transactions Chin Soc Agric Eng, 2005, 21(7): 175–180.
- [11] 麦馨允, 胡长鹰. 气调包装对杨桃贮藏品质的影响[J]. 食品与发酵工业, 2012, 38(6): 213–218.
- Mai XY, Hu CY. Effects of modified atmosphere packaging on the quality of carambola [J]. Food Ferment Ind, 2012, 38(6): 213–218.
- [12] 董玉玲. 气调包装对鲜切马铃薯货架期品质的影响[D]. 呼和浩特: 内蒙古农业大学, 2014.
- Dong YL. Effects of modified atmosphere packaging on the quality of potato [D]. Hohhot: Inner Mongolia Agric University, 2014.
- [13] 张平, 李江阔, 张鹏, 等. 蓝莓塑料箱式气调保鲜技术研究[J]. 保鲜与加工, 2010, 10(3): 9–11.
- Zhang P, Li JK, Zhang K, *et al.* Study on plastic box modified atmosphere storage of blueberry [J]. Storage Process, 2010, 10(3): 9–11.
- [14] Marquina P, Remon S, Ferrer A. Use of modified atmospheres to prolong the postharvest life of Burlat cherries at two different degrees of ripeness [J]. J Sci Food Agric, 2000, 80(+10): 1545–1552.
- [15] Zhan L, Li Y, Hu J, *et al.* Browning inhibition and quality preservation of fresh-cut romaine lettuce exposed to high intensity light [J]. Innov Food Sci Emerg, 2012, 14(2): 70–76.
- [16] Boisseau P. Food preservation by irradiation: a brief introduction [J]. Mater Irradiation, 1992, 30-31(6): 15–26.
- [17] 沈月, 刘超超, 高美须, 等. 辐照对鲜切彩椒品质的影响[J]. 现代食品科技, 2014, 30(8): 212–218.
- Shen Y, Liu CC, Gao MX, *et al.* Effect of irradiation on quality of freshly cut color pepper [J]. Mod Food Sci Technol, 2014, 30(8): 212–218.
- [18] Zhang LK, Lu ZX, Lu FX, *et al.* Effect of γ irradiation on quality-maintaining of fresh-cut lettuce [J]. Food Control, 2006, 17(3): 225–228.
- [19] Ryu KY, Shim SL, Jung MS, *et al.* Effect of gamma irradiation of the volatile organic compounds of houttuynia cordata thunb[J]. Korean J Food Preserv, 2008, 15, 411–420.
- [20] 李淑荣, 王丽, 高美须, 等. 辐照对鲜切胡萝卜品质特性的影响研究[J]. 食品安全质量检测学报, 2015, 6(3): 769–774.
- Li SR, Wang L, Gao MX, *et al.* Use of irradiation to ensure quality of fresh-cut carrot[J]. J Food Saf Qual, 2015, 6(3): 769–774.
- [21] 郭达伟. 果蔬保鲜剂的应用研究[J]. 中国农学通报, 2001, 17(3): 62–63.
- Guo DW. Research progress of fresh-cut fruits and vegetables [J]. Chin Agric Sci Bul, 2001, 17(3): 62–63.
- [22] 吴小虎, 艾启俊, 肖艺. 天然中草药果蔬防腐保鲜剂的研究与应用[J]. 保鲜与加工, 2006, 2: 4–6.
- Wu XH, Ai QJ, Xiao Y. Study and application of natural Chinese herbal medicine as fruit and vegetable anistaling agent [J]. Storage Process, 2007, 2: 4–6.
- [23] 刘伟. 草莓、水蜜桃综合保鲜包装工程化技术研究[D]. 无锡: 江南大学, 2011.
- Liu W. Research on comprehensive preservation packing technology of strawberry and honey peach [D]. Wuxi: Jiangnan University, 2011.
- [24] Jennifer C, Thomas J, Ingolf F, *et al.* Natural antimicrobials for food preservation [J]. Int J Food Microbiol. 2001, 71(1): 1–20.
- [25] 姜爱丽. 蓝莓果实采后生理生化代谢及调控研究[D]. 沈阳: 沈阳农业大学, 2011.
- Jiang AL. Study on physio-biochemical metabolism and its regulation of postharvest blueberry fruits [D]. Shenyang: Shenyang Agriculture University, 2011.
- [26] 范林林, 李萌萌, 冯叙桥, 等. 壳聚糖涂膜对鲜切苹果贮藏品质的影响[J]. 食品科学, 2014, 35(22): 350–355.
- Fan LL, Li MM, Feng SQ, *et al.* Effect of chitosan treatment on quality of fresh-cut apple during cold storage [J]. Food Sci, 2014, 35(22): 350–355.
- [27] Tapia MS, Rojas MA, Caromona A, *et al.* Use of alginate-and gellan-based coatings for improving barrier, texture and nutritional properties of fresh-cut papaya[J]. Food Hydrocolloids, 2008, 22(8): 1493–1503.
- [28] Perez-Gagoa MB, Serrab M, Del Río MA. Color change of fresh-cut apples coated with whey protein concentrate-based edible coatings[J]. Postharvest Bio Tec, 2006, 39(1): 84–92.
- [29] 胡文忠, 姜爱丽, 杨宏, 等. 茉莉酸甲酯对鲜切苹果生理生化变化的影响[J]. 食品工业科技, 2012, 33(16): 338–341.
- Hu WZ, Jiang AL, Yang H, *et al.* Effect of Jasmonic acid methyl ester treatment on the physiological and biochemical reactions of fresh-cut apple [J]. Sci Technol Food Ind, 2012, 33(16): 338–341.
- [30] 周雪, 曹淑瑞, 李贤良, 等. 蔬菜化学保鲜剂及其检测方法研究进展[J]. 安徽农业科学, 2014, (17): 5614–5616.
- Zhou X, Cao SR, Li XL, *et al.* Research progress of chemical vegetable preservatives and the determination methods [J]. Anhui Agric Sci, 2014, (17): 5614–5616.
- [31] 刘淑仪, 张劲, 李玮等. 不同保鲜剂处理对贮藏期广西巨峰冬葡萄品质的影响[J]. 南方农业学报. 2014, (12): 2236–2241.
- Liu SY, Jin J, Li W, *et al.* Effects of different fresh-keeping treatments on quality of Guangxi winter Kyoho grapes during storage period [J]. Southern Agr. 2014, (12): 2236–2241.
- [32] Abadias M, Usall J, Oleira M, *et al.* Efficacy of neutral electrolyzed water for reducing microbial contamination on minimally processed vegetables [J]. Int J Food Micro, 2008, 123(1/2): 151–158.
- [33] 李和生, 王鸿飞. 几种常用化学保鲜剂对草莓贮藏保鲜作用的比较[J]. 保鲜与加工, 2002, (2): 14–16.
- Li HS, Wang HF. Comparison among three chemical preservatives on strawberry storage period [J]. Storage Porcess, 2002, (2): 14–16.
- [34] Calderon B, Bartsch JA, Lee CY, *et al.* Cultivar effects on quality of fresh cut apple slices from 1-methylcyclopropene (1-MCP)- treated apple fruit [J]. J Food Sci, 2005, 70(3): S221–S227.
- [35] Settanni L, Corsetti A. Application of bacteriocins in vegetable food biopreservation [J]. Int J Food Microbiol, 2008, 121(2): 123–138.
- [36] 冯叙桥, 范林林, 韩鹏祥, 等. 溶菌酶涂膜对鲜切“寒富”苹果的贮藏保鲜作用研究[J]. 现代食品科技, 2014, 30(11): 125–132.
- Feng SQ, Li LL, Han PX, *et al.* Effect of lysozyme coatings on the storage and preservation of fresh-cut "Hanfu" apples [J]. Food Sci, 2014, 30(11): 125–132.
- [37] Liu HM, Guo JH, Cheng YJ, *et al.* Control of gray mold of grape by hanseniaspora uvarum and its effects on postharvest quality parameters [J]. Annals Microbiol, 2010, 60(1): 31–35.
- [38] 宋晓雪, 胡文忠, 毕阳, 等. 纳他霉素对鲜切莴苣表面微生物增殖与生

理生化变化的影响[J]. 食品工业科技, 2014, (8): 336–339.

Song XX, Hu WZ, Bi Y, *et al.* Effect of natamycin on surface microorganism's growth and physiological properties of fresh-cut lettuces [J]. *Sci Tec Food Ind*, 2014, (8): 336–339.

[39] Bico S, Raposo M, Morais R, *et al.* Combined effects of chemical dip and carrageenan coating and controlled atmosphere on quality of fresh-cut banana [J]. *Food Control*, 2009, 20(5): 508–514.

[40] Oms G, Fortuny RS, Bellosso OM. Edible coatings with antibrowning agents to maintain sensory quality and antioxidant properties of fresh-cut pears [J]. *Postharvest Biol Tec*, 2008, 50(1): 87–94.

(责任编辑: 白洪健)

作者简介



纪懿芳, 硕士研究生, 主要研究方向为食品科学。

E-mail: 343158635@qq.com



胡文忠, 教授, 主要研究方向为食品加工与质量安全控制。

E-mail: hwz@dlnu.edu.cn