

鲜切果蔬中生物保鲜剂的研究进展

董妍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: 随着人们对食品质量与安全的要求日益提高, 鲜切果蔬保鲜技术迅速发展, 生物保鲜剂因具有安全、高效等特点成为鲜切果蔬保鲜的研究热点。鲜切果蔬经分级、清洗、修整、去皮、切分、保鲜、包装等过程处理后, 机械损伤、生理代谢、病原微生物污染等问题会引起鲜切果蔬腐烂、品质下降, 给鲜活农产品的经济贸易带来了巨大损失, 并对人类生命安全造成了重大威胁, 因此本文综述了温度、气体环境、生理生化反应、微生物等几项能够导致鲜切果蔬褐变腐烂、品质下降的重要影响因素; 总结了3种生物保鲜剂在鲜切果蔬保鲜中的应用, 包括植物类天然保鲜剂、动物类天然保鲜剂和微生物保鲜剂; 讨论了生物保鲜剂的不足, 并对今后生物保鲜剂的发展进行了展望。

关键词: 鲜切果蔬; 生物保鲜剂; 保鲜技术

Research advances in biological preservatives of fresh-cut fruits and vegetables

DONG Yan¹, 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: As the requirements of food quality and safety increasing, the preservation technology of fresh-cut fruits and vegetables are developed rapidly. Biological preservatives with safe, efficient and other characteristics becomes the hotspot of fresh-cut fruits and vegetables. Fresh-cut fruits and vegetables are processed with cleaning, trimming, peeling, cutting, and so on. In this process, mechanical damage, physiological metabolism, pathogen infection and other problems can cause decay and quality decline of fresh-cut fruits and vegetables. This has brought a huge loss to the economy and trade of fresh agricultural products, and this is also harmful for human health. This paper reviewed several important factors such as temperature, gas environment, physiological and biochemical reactions, microbial, which could cause browning, decay and poor quality of fresh-cut fruits and vegetables, and the application of biological preservatives on fresh-cut fruits and vegetables, including botanical natural preservatives, animal natural preservatives and microbial natural preservatives. Finally this paper discussed the lacks of biological preservatives and prospected the development of biological preservative.

KEY WORDS: fresh-cut fruits and vegetables; biological preservatives; 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: hwz@dlnu.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: hwz@dlnu.edu.cn

1 引言

鲜切果蔬是指以新鲜果蔬为原料,通过分级、清洗、修整、去皮、切分、保鲜、包装等过程处理后,经低温运输进入冷柜销售的果蔬成品或半成品,也称最少加工果蔬、半加工果蔬、轻度加工果蔬等^[1]。鲜切果蔬既具有新鲜、营养的特点,又经加工处理过程使其具备了卫生、方便、利用率高的特点。20世纪50年代,鲜切果蔬在美国起源,我国鲜切果蔬加工兴起于20世纪90年代。速食、方便、食品因能够满足人们不断加快的生活节奏而成为人们消费的主流,对鲜切果蔬的深入研究,是满足人们日益提高的生活水平的重要保障,是今后果蔬采后研究领域中的重要方向之一^[2,3]。

在鲜切果蔬的加工处理过程中,去皮、切分等处理步骤会对新鲜原材料造成机械损伤,由此会使其产生一系列的生理生化变化,例如褐变、衰老、软化、营养物质消耗、风味品质下降等,同时由于机体抵御能力下降,易受微生物的侵染,加速了鲜切果蔬变质过程。因此,对保鲜技术进行研究是维持鲜切果蔬的营养与品质、延长货架期的关键。现阶段人们常用生物保鲜剂对鲜切果蔬进行保鲜,根据特性可将其分为生物保鲜剂、化学保鲜剂、食品添加剂型保鲜剂三类,其中生物保鲜剂是指从动植物或微生物中提取的天然的或者利用生物工程技术改造而得到的安全保鲜剂,因具有安全、天然、高效等特点受到了广泛的研究与应用,已经成为鲜切果蔬保鲜与贮藏技术的发展趋势。本文对鲜切果蔬加工处理后的品质影响因素和几类重要的生物保鲜剂的应用与研究现状进行了综述,以期对研究安全、有效的果蔬保鲜技术提供参考。

2 鲜切果蔬品质的影响因素

2.1 温度

过高温度会加速鲜切果蔬的呼吸作用并提高酶活力,从而使生理生化反应速度加快,产生衰老、褐变等品质变化,同时较高温度也使鲜切果蔬中的微生物生长旺盛;而过低的温度会导致鲜切果蔬发生组织坏死、产生异味等冷害症状。田欣等^[4]对0℃和20℃贮藏状态下的鲜切胡萝卜品质进行了比较,发现0℃低温显著地抑制了鲜切胡萝卜的失水、褐变和腐烂,同时保持了过氧化氢酶的活性。刘程惠等^[5]研究了18、10、4℃三种贮藏条件下鲜切马铃薯的生理生化变化,发现低温贮藏能够有效地保持鲜切马铃薯的品质。邵远志等^[6]研究了不同贮藏温度(0、4、6、8和12℃)对鲜切菠萝的品质及理化特性的影响,对含糖量、含酸量、多酚氧化酶、过氧化物酶等品质评价指标进行了监测,发现在0、4、6、8和12℃条件下温度越高,鲜切菠萝

的品质劣变越快。因此,对鲜切果蔬进行保鲜应采取适当的低温,如在0~4℃的贮藏温度内,可有效延长鲜切果蔬的货架期。

2.2 气体环境

在鲜切果蔬的保鲜过程中,气体环境的组成成分大多采取低O₂、高CO₂的组合方式,以此减弱鲜切果蔬的呼吸作用对其有机物质的损耗,但O₂过低或CO₂过高的气体环境会使鲜切果蔬发生无氧呼吸而变质,不利于保鲜,而高O₂环境能够抑制细菌和真菌的生长,延缓腐烂与褐变。Isabel等^[7]比较高O₂和低O₂下鲜切番茄抗氧化能力,前者明显较高。郭衍银等^[8]发现90%O₂+10%CO₂的气体贮藏环境能有效降低鲜切莲藕的生理代谢,延缓衰老褐变,保持鲜切莲藕的贮藏品质。

2.3 生理生化反应

鲜切果蔬在加工处理与贮藏过程中,果蔬组织不可避免的产生机械损伤,此时细胞的完整性被破坏,果蔬组织内与衰老有关的酶与底物失去了完整的区域化结构,二者能够直接接触;同时鲜切果蔬因机械损伤产生的伤信号会迅速在相邻细胞内传导,加速了伤乙烯的产生,增加了降解组织细胞的酶类活性,此过程迅速在整个果蔬内产生,最终导致了鲜切果蔬的衰老与褐变^[9,10]。程双等^[11]研究了鲜切果蔬中与褐变相关的酶活性变化及伤害胁迫生理,发现鲜切处理加速了褐变,褐变发生在切割表面和远离切割的部位,这可能是由于切割伤害胁迫产生的刺激信号转导而引起组织的整体协同伤害防御反应的结果。姜爱丽^[12]等对鲜切油桃果蔬贮藏中果实后熟软化与乙烯合成情况进行了研究,发现切割伤害产生的大量乙烯启动了细胞壁水解进程及膜质过氧化作用的发生。

2.4 微生物

在鲜切果蔬保鲜过程中,微生物侵染是导致鲜切果蔬品质下降的重要影响因素之一。在鲜切果蔬加工处理过程中,易受到外界环境中各种微生物的侵染,其自身细胞结构受损,防御能力下降,同时果蔬汁液随切割过程暴露于外界环境中,为微生物的生长繁殖提供了充足的营养物质,导致品质下降。韩巍巍等^[13]研究发现当细菌总数小于10⁴ cfu/mL时,鲜切苹果可在20℃下贮藏1 d、10℃下3 d、4℃下7 d,此时鲜切苹果无明显褐变与腐烂,品质良好。胡守江等^[14]发现鲜切猕猴桃的最佳贮藏温度为2℃,当细菌总数小于5×10³ cfu/g时鲜切猕猴桃无明显的腐败发生,仍保持新鲜状态。Tournas^[15]对华盛顿地区13家超市内购买的39种鲜切果蔬、29种完整新鲜蔬菜和116种芽菜进行了调查,发现这些样本中普遍存在着含量范围为100~4.0×10⁸ cfu/g的酵母菌。

3 生物保鲜剂在鲜切果蔬中的应用

3.1 植物类天然保鲜剂

植物类天然保鲜剂主要包括茶多酚、姜蒜提取液、百里香精油、魔芋葡甘聚糖等从植物不同组织部位提取出来的具有优良保鲜成分的物质,其来源为果蔬、中草药、香辛料等多种植物,来源及应用广泛、实用性强、安全无毒、作用明显,现阶段已广泛应用于鲜切果蔬保鲜的研究中。

中草药提取液具有较高的抑菌活性,能够有效抑制鲜切果蔬的微生物生长繁殖,并且能够降低与衰老有关的酶活力和代谢强度,从而达到保鲜的作用。陈洲等^[16]分析了黄连、连翘提取物在鲜切莴苣保鲜中的作用机理,主要是通过抑制 PPO、POD 和纤维素酶活性延缓褐变和降低木质化现象,维持了良好品质、延长货架期 4~6 d。孙树杰等^[17]对比了金银花、丁香及其复合提取液三种处理方法对鲜切西兰花生理生化变化的影响,发现三种方法在不同程度上达到了保鲜效果,其中金银花提取液对鲜切西兰花的保鲜效果最佳。耿飞等^[18]研究了乌梅提取液对鲜切皇冠梨的保鲜作用,乌梅提取液能够在 9 d 贮藏期内对鲜切皇冠梨进行保鲜,且品质和水分维持较高水平。

植物提取物是通过不同的物理化学处理方法将植物中具有保鲜、抑菌作用的有效成分提取出来制成的。茶多酚是茶叶中所有的多酚类物质,包含黄烷醇类、花色苷类等活性物质,具有广泛的抑菌和抗氧化作用,李素清等^[19]发现采用 30 mg/L 的茶多酚,辅以 300 mg/L 抗坏血酸、10 mg/L 魔芋葡甘聚糖和 30 mg/L 水杨酸复配而成的复合保鲜剂,可有效对鲜切蒜薹进行保鲜。冯金霞等^[20]采用总黄酮含量为 0.5 mg/mL 的银杏叶提取液处理鲜切红富士苹果,可有效抑制微生物生长,较好地保持了鲜切苹果的品质。李湘利等^[21]采用 2.0%生姜汁、5.0%大蒜浸提液和 2.0%壳聚糖复配处理鲜切莲藕,延缓了衰老与褐变,保持了风味与品质。海藻酸钠^[22]、肉桂酸^[23]、葡萄籽^[24]等植物提取物的保鲜作用也得到了广泛的研究。

植物精油一般是从具有芳香气味的植物的组成部分中提取到的具有挥发性的油脂,具有杀灭鲜切果蔬中腐败微生物、维持贮藏品质的作用^[25]。王建清等^[26]研究发现百里香精油结合壳聚糖抑菌效果明显,能够有效抑制鲜切冬瓜中腐败微生物的繁殖,保持鲜切冬瓜的品质,其中 0.08%的百里香精油结合 1%壳聚糖对鲜切冬瓜的保鲜效果最佳,另外王建清等^[27]还将小茴香和柠檬草精油复配成复合保鲜剂,对接种交连孢的鲜切网纹瓜进行了货架期的研究,发现 0.50%的保鲜液对鲜切网纹瓜的保鲜效果最好,可以有效抑制交连孢的生长,减缓营养物质的流失,货架期是空白组的 1.5 倍。陈林林等^[28]研究发现采用 1.2%的柑橘皮精油抑制鲜切马铃薯褐变的效果较好。

在当前天然保鲜剂的研究中,对植物类天然保鲜剂

的研究与其他种类天然保鲜剂的研究比较广泛,但是在实际的应用中,由于植物类天然保鲜剂的提取与制备过程复杂、所提取物质纯度不高、对植物类天然保鲜剂有效成分的作用机制尚不明确,对其安全性的研究有待加强,这些因素严重降低了此类天然保鲜剂的实际应用价值。

3.2 动物类天然保鲜剂

动物类天然保鲜剂主要包括壳聚糖、蜂胶等从不同动物自身组成成分或其分泌物中提取出来的具有防腐、抑菌作用的物质。现阶段对动物类生物保鲜剂研究较多的是壳聚糖^[29-31],壳聚糖是一种生物界中独特的碱性多糖,从虾、蟹、昆虫的外壳或者菌类、藻类的细胞壁经提取可得到甲壳素,甲壳素在碱性条件下,经加热部分或全部脱去乙酰基生成壳聚糖,壳聚糖具有良好的吸水性、保湿性、成膜性等,通过壳聚糖对鲜切果蔬进行涂抹保鲜,能够有效抑制果蔬的呼吸作用和水分散失,延缓了鲜切果蔬的衰老;另外壳聚糖对许多细菌和霉菌具有抑菌作用^[32]。范林林等^[33]应用壳聚糖涂膜处理鲜切苹果,并对其贮藏品质进行了研究,发现采用 1.0%壳聚糖处理鲜切苹果,在 12 d 的贮藏期内存放于 4 °C 冷库中的鲜切苹果具有较好品质。张丹丹等^[34]对不同质量分数的壳聚糖涂膜液处理鲜切南瓜的保鲜效果进行了研究发现,不同质量分数的壳聚糖涂膜液不同程度的减缓了鲜切南瓜乙烯的释放,延缓了衰老与营养物质的流失,其中质量分数为 1%的壳聚糖涂膜液保鲜效果最好。

在当前对壳聚糖保鲜技术的研究中,常将壳聚糖与其他具有保鲜作用的物质复配,以此获得更优的保鲜效果。于有伟等^[35]采用 1%壳聚糖、1%植酸、壳聚糖植酸复合保鲜剂三种处理方法分别涂膜处理鲜切莲藕,结果表明 1%壳聚糖和 1%植酸复合保鲜剂能够保持鲜切莲藕较高含量的 Vc、多酚等营养物质、有效抑制与衰老褐变相关酶的活性,与二者单独处理相比保鲜效果更佳。吴昊等^[36]研制出一种新型壳聚糖没食子酸衍生物,并对其鲜切苹果保鲜效果进行了研究,发现此保鲜剂有效控制了 4 °C、4 d 贮藏期内鲜切苹果营养物质的流失,延缓了衰老与褐变,抑制了微生物的生长繁殖。

蜂胶是一种由蜜蜂采集到的树枝、树皮等组织上的树脂状分泌物经自身二次加工而得的一种芳香性胶状物,含有大量黄酮类化合物、有机酸等物质,具有抗菌作用,并兼具良好的成膜性^[37]。徐国平等^[38]采用不同浓度的蜂胶乙醇提取液对采后油菜进行了涂膜保鲜处理,发现 3%蜂胶乙醇提取液对油菜保鲜有明显效果,可有效延长货架期,且不影响其口感。陈小利等^[39]在(1±0.5) °C 贮藏条件下,比较了蜂胶和 1-MCP(1-甲基环丙烯)分别处理冷藏红富士苹果的保鲜效果,发现在贮藏前 3 个月内,蜂胶处理与 1-MCP 处理的保鲜效果一致,均能保持良好品质,但是经蜂胶处理的苹果类黄酮含量更高,具有一定的营养保健功

能,综合考虑,红富士苹果短期冷藏时以蜂胶的保鲜效果较好。

溶菌酶具有抑菌作用,来源广泛,目前国内外主要从鸡蛋清中提取溶菌酶,但是天然溶菌酶对革兰氏阳性菌杀灭效果较好,对阴性菌效果不明显。冯叙桥等^[40]研究了溶菌酶涂膜对鲜切苹果品质的影响,发现0.08%溶菌酶溶液涂膜保鲜可有效维持鲜切苹果的良好品质,其感官评价、硬度、色泽、营养物质含量等处于较高水平。吴汶飞等^[41]研究发现在冰温贮藏条件下0.025%溶菌酶和0.025%乳酸链球菌素 Nisin 复配使用对鲜切荔枝进行保鲜,可有效抑菌并保持果肉色泽。

3.3 微生物保鲜剂

微生物菌体及微生物代谢产物可与鲜切果蔬中的致腐微生物产生拮抗或竞争作用而达到保鲜效果,另外,用于保鲜的微生物菌体还能够产生溶菌酶、有机酸、抗生素、细菌素、乳酸链球菌素、纳他霉素等各类代谢产物,这些物质能够与致腐微生物竞争营养成分,或者能够通过改变环境 pH 值等方式直接抑制或消除致腐微生物,从而达到保鲜效果。应用微生物及其产物能够安全、高效的对鲜切果蔬进行防腐与保鲜,是一种应用广泛、种类繁多、效果显著的一类生物保鲜剂。

Triasa 等^[42]研究了从新鲜果蔬中分离得到的乳酸菌的抑菌作用,发现对大肠杆菌、金黄色葡萄球菌等多种菌均有抑制作用,并将其应用于苹果保鲜中,对沙门氏菌和大肠杆菌具有一定的抑制作用,同时对单增生李斯特菌具有完全抑制作用。富丽萍等^[43]将从富士苹果皮中分离出的红酵母菌用于鲜切苹果的保鲜,发现红酵母能够延迟鲜切苹果可溶性蛋白含量最大值产生的时间,并能够抑制了过氧化作用,维持了正常代谢并延缓了衰老。

乳酸链球菌素(Nisin)被 FDA 确定为安全的细菌素食品抗菌剂,由乳酸链球菌产生,是一种安全无毒、效果显著天然生物活性抗菌肽,已被广泛应用于各种食品的保鲜中。Bari 等^[44]采用 Nisin(50 μg/mL)、2%乳酸钠、0.02%山梨酸钾、0.02%植酸和柠檬酸(10 mmol/L)复配处理鲜切甘蓝、花椰菜和绿豆芽,明显降低了单增生李斯特菌的数量。纳他霉素是由链霉菌发酵产生的次级代谢产物,是一种多烯类抗菌素,可有效抑制霉菌生长,宋晓雪等^[45]研究发现200 mg/L 的纳他霉素溶液喷雾处理鲜切莴苣可有效抑制霉菌的生长繁殖,延缓了鲜切莴苣的衰老与腐烂。

4 展 望

生物保鲜剂因具有安全、高效、天然、健康等优点受到了广泛的关注与研究,并普遍的应用于各种食品的保鲜中,现已成为食品保鲜技术的发展趋势,但是生物保鲜剂仍然存在一些问题。生物保鲜剂的提取工艺复杂,易受外

界因素影响,提取纯度较低,因此降低了其实际应用价值;现阶段对生物保鲜剂的保鲜机制与抑菌机制研究较少;部分生物保鲜剂的有效成分尚不明确,有待进一步研究;微生物生物保鲜剂的抑菌效果稳定性有待加强,并且抑菌种类范围较窄;对生物保鲜剂的安全性研究需进行深入的评价与研究。综上所述,研发安全、高效、经济的生物保鲜剂,有效将多种保鲜技术结合增强保鲜效果,提高生物保鲜剂相关研究的实际应用价值,这些仍然是今后鲜切果蔬保鲜技术的重要发展方向。

参考文献

- [1] 郑优,陈厚荣. 鲜切果蔬贮藏保鲜技术的研究进展[J]. 食品工业科技, 2012, 33(5): 372-375.
Zheng Y, Chen HR. Research progress in storage and preservation technologies of fresh-cut fruits and vegetables [J]. Sci Tech Food Ind, 2012, 33(5): 372-375.
- [2] Olmez H, Kretschmar U. Potential alternative disinfection methods for organic fresh-cut industry for minimizing water consumption and environmental impact [J]. Lebensm-Wiss Technol, 2009, 42(3): 686-693.
- [3] Mepba H, Eboh L, Banigo D, *et al.* Effects of processing treatments on the nutritive composition and consumer acceptance of some Nigerian edible leafy vegetables [J]. Afr J Food Agric Nutr Dev, 2007, 7 (1): 1-18.
- [4] 田欣,陈斌,王勇,等. 不同温度和薄膜包装对鲜切胡萝卜货架期品质变化的影响[J]. 食品工业科技, 2007, (7): 184-185.
Tian X, Chen B, Wang Y, *et al.* Effect of different temperatures and packages on quality of fresh-cut carrots in shelf-life [J]. Sci Tech Food Ind, 2007, (7): 184-185.
- [5] 刘程惠,胡文忠,姜爱丽,等. 不同贮藏温度下鲜切马铃薯的生理生化变化[J]. 食品与机械, 2008, 24(2): 38-42.
Liu CH, Hu WZ, Jiang AL, *et al.* Physio-biochemical changes of fresh-cut potato at different storage temperatures [J]. Food Mach, 2008, 24(2): 38-42.
- [6] 邵远志,李雪萍,李琴,等. 贮藏温度对鲜切菠萝生化品质的影响[J]. 中国食品学报, 2011, 11(6): 134-140.
Shao YZ, Li XP, Li Q, *et al.* Effects of storage temperatures on biochemical quality of fresh-cut pineapple [J]. J Chin Inst Food Sci Technol, 2011, 11(6): 134-140.
- [7] Isabel OS, Gemma OO, Robert SF, *et al.* Effect of high-oxygen atmospheres on the antioxidant potential of fresh-cut tomatoes [J]. J Agric Food Chem, 2009, 57(15): 6603-6610.
- [8] 郭衍银,李玲. 高 O₂ 薄膜气调包装对鲜切莲藕保鲜效果的影响[J]. 现代食品科技, 2013, (10): 2447-2452.
Guo YY, Li L. Effects of modified atmospheres package with high O₂ on storage properties of fresh-cut lotus root [J]. Mod Food Sci Technol, 2013, (10): 2447-2452.
- [9] Toivonen PMA, Brummell DA. Biochemical bases of appearance and texture changes in fresh-cut fruit and vegetables [J]. Postharvest Biol Technol, 2008, 48(1): 1-14.
- [10] Asemota HN, Wellington MA, Oduyiga AA, *et al.* Effect of short-term storage on phenolic content, o-diphenolase and peroxidase activities of cut yam tubers (*Dioscorea* Sp) [J]. J Sci Food Agric, 2006, 60(3): 309-312.
- [11] 程双,胡文忠,马跃,等. 鲜切果蔬酶促褐变发生机理的研究[J]. 食品

- 工业科技, 2010, (1): 74–77.
- Cheng S, Hu WZ, Ma Y, *et al.* Study on the enzymatic browning mechanism of fresh-cut fruits and vegetables [J]. *Sci Tech Food Ind*, 2010, (1): 74–77.
- [12] 姜爱丽, 马艳, 胡文忠, 等. 切割伤害对油桃果实后熟软化及乙烯合成的影响[J]. *食品科学*, 2010, (2): 264–268.
- Jiang AL, Ma Y, Hu WZ, *et al.* Effect of cutting injury on post-ripening, softening and ethylene biosynthesis in nectarine (*Prunus persica* (L.) Batsch var. *nucipersica* (Suckow) C. Schneider) fruits [J]. *Food Sci*, 2010, (2): 264–268.
- [13] 韩巍巍, 刘程惠, 胡文忠, 等. 鲜切苹果微生物生长模型研究及货架期预测[J]. *食品工业科技*, 2010, (12): 104–107.
- Han WW, Liu CH, Hu WZ, *et al.* Study on microorganism growth model and prediction to shelf-life of fresh-cut apple [J]. *Sci Tech Food Ind*, 2010, (12): 104–107.
- [14] 胡守江, 李保国, 于晓博. 鲜切猕猴桃在贮藏期间的微生物生长模型[J]. *吉林农业科学*, 2012, 37(4): 54–71.
- Hu SJ, Li BG, Yu XB. Microorganism growth model in storage of fresh-cut kiwi fruit [J]. *J Jilin Agric Sci*, 2012, 37(4): 54–71.
- [15] Tournas VH. Moulds and yeasts in fresh and minimally processed vegetables, and sprouts [J]. *Int J Food Microbiol*, 2005, 99(1): 71–77.
- [16] 陈洲, 王婷婷, 姚颖斐, 等. 黄连、连翘提取物对鲜切莴苣保鲜效果的研究[J]. *食品工业*, 2013, (11): 180–183.
- Chen Z, Wang TT, Yao YF, *et al.* Research on the preservation effect of *Coptis chinensis* and *forsythia suspensa* on fresh-cut lettuce [J]. *Food Ind*, 2013, (11): 180–183.
- [17] 孙树杰, 王士奎, 李文香, 等. 中草药提取液对鲜切西兰花保鲜效果的影响[J]. *食品科学*, 2012, (6): 283–287.
- Sun SJ, Wang SK, Li WX, *et al.* Effect of Chinese herbal extract on fresh-keeping of broccoli [J]. *Food Sci*, 2012, (6): 283–287.
- [18] 耿飞, 王伟, 刘梦茵, 等. 乌梅提取液对鲜切皇冠梨保鲜研究[J]. *食品科学*, 2011, (16): 347–351.
- Geng F, Wang W, Liu MY, *et al.* Effect of fructus mume extract on fresh-keeping of fresh-cut huangguan pear [J]. *Food Sci*, 2011, (16): 347–351.
- [19] 李素清, 陈真华, 丁捷, 等. 鲜切蒜薹复合保鲜剂的配方优化及其保鲜作用[J]. *食品工业科技*, 2014, 35(24): 326–331.
- Li SQ, Chen ZH, Ding J, *et al.* Formula optimization of fresh-cut garlic bolts composite preservative and its preservative effect [J]. *Sci Tech Food Ind*, 2014, 35(24): 326–331.
- [20] 冯金霞, 何玲, 蒲雪梅. 银杏叶提取液对鲜切‘红富士’苹果品质的影响[J]. *食品科学*, 2013, 34(20): 302–306.
- Feng JX, He L, Pu XM. Effect of ethanol extract of ginkgo biloba leaves on the quality of fresh-cut ‘Red Fuji’ apples [J]. *Food Sci*, 2013, 34(20): 302–306.
- [21] 李湘利, 刘静, 魏子浩, 等. 姜蒜浸提液与壳聚糖复合保鲜切分莲藕护色效果的研究[J]. *食品科技*, 2010, (1): 253–256.
- Li XL, Liu J, Wei ZH, *et al.* Study on the color preservation effects of complex antistaling agent of chitosan and extraction from ginger and garlic on fresh-cut lotus roots [J]. *Food Sci Technol*, 2010, (1): 253–256.
- [22] Olivas GI, Mattinson DS, Barbosa-Cánovas GV. Alginate coatings for preservation of minimally processed ‘Gala’ apples [J]. *Postharvest Biol Technol*, 2007, 45: 89–96.
- [23] Roller S. The quest for natural antimicrobials as novel means of food preservation status report on a European research project [J]. *Int Biodeter Biodegr*, 1995, 36(3–4): 333–345.
- [24] Xu W, Qu W, Huang K, *et al.* Antibacterial effect of grapefruit seed extract on food-borne pathogens and its application in the preservation of minimally processed vegetables [J]. *Postharvest Biol Technol*, 2007, 45(1): 126–133.
- [25] Matan N, Saengkrajang W, Matan N. Antifungal activities of essential oils applied by dip-treatment on areca palm (*Areca catechu*) leaf sheath and persistence of their potency upon storage [J]. *Int Biodeter Biodegr*, 2011, 65(1): 212–216.
- [26] 王建清, 刘光发, 金政伟, 等. 百里香精油的抑菌作用及其对鲜切冬瓜的保鲜效果[J]. *包装工程*, 2009, (10): 1–4.
- Wang JQ, Liu GF, Jin ZW, *et al.* Antimicrobial activity of thyme oil and its preservation effect on fresh-cut wax gourd [J]. *Pack Eng*, 2009, (10): 1–4.
- [27] 王建清, 杨艳, 金政伟, 等. 小茴香/柠檬草提取精油对鲜切网纹瓜的保鲜效果[J]. *包装工程*, 2010, (21): 4–6.
- W JQ, Yang Y, Jin ZW, *et al.* Fresh-keeping effect of fennel and lemongrass essential oil on fresh-cut netted Melons [J]. *Pack Eng*, 2010, (21): 4–6.
- [28] 陈林林. 柑橘皮精油对鲜切马铃薯褐变及冷却猪肉保鲜的影响[J]. *食品工业科技*, 2012, (2): 106–109.
- Chen LL. Effect of citrus peel essential oil on the browning of fresh-cut potato and preservation of chilled pork [J]. *Sci Tech Food Ind*, 2012, (2): 106–109.
- [29] Chien PJ, Sheu F, Yang FH. Effects of edible chitosan coating on quality and shelf life of sliced mango fruit [J]. *J Food Eng*, 2007, 78(1): 225–229.
- [30] Gianfranco R, Ozgur AK, Joseph LS. Combination of chitosan and ethanol to control postharvest gray mold of table grapes [J]. *Postharvest Biol Technol*, 2007, (45): 134–140.
- [31] Dong HQ, Cheng LY, Tan JH, *et al.* Effect of chitosan coating on quality and shelf life of peeled litchi fruit [J]. *J Food Eng*, 2004, 64(3): 355–358.
- [32] Tamer CE, Copur OU. Chitosan: an edible coating for fresh-cut fruits and vegetables [J]. *Acta Horticult*, 2010, 877(1): 619–625.
- [33] 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 XQ, *et al.* Effect of chitosan treatment on quality of fresh-cut apple during cold storage [J]. *Food Sci*, 2014, 35(22): 350–355.
- [34] 张丹丹, 杨绍兰, 吴昊, 等. 壳聚糖涂膜对鲜切南瓜贮藏品质的影响[J]. *中国食品学报*, 2012, 12(11): 97–103.
- Zhang DD, Yang SL, Wu H, *et al.* Effect of chitosan coating on the quality of fresh-cut pumpkin (*cucurbita moschata*) during storage [J]. *J Chin Inst Food Sci Technol*, 2012, 12(11): 97–103.
- [35] 于有伟, 李惠, 邱金花, 等. 壳聚糖糖酸天然复合涂膜对鲜切莲藕保鲜效果的研究[J]. *中国食品学报*, 2012, 12(3): 131–136.
- Yu YW, Li H, Di JH, *et al.* Study of natural film with chitosan combining phytic acids on preservation of fresh-cutting lotus root [J]. *J Chin Inst Food Sci Technol*, 2012, 12(3): 131–136.
- [36] 吴昊, 朱俊向, 王成荣, 等. 壳聚糖没食子酸衍生物制备及其对鲜切苹果的保鲜作用[J]. *现代食品科技*, 2014, (5): 251–257.
- Wu H, Zhu JX, Wang CR, *et al.* Preparation of chitosan gallic acid derivatives and its effect on preservation of fresh-cut apple [J]. *Mod Food*

- Sci Technol, 2014, (5): 251–257.
- [37] Sforcin JM. Propolis and the immune system: a review [J]. J Ethnopharmacol, 2007, 113(1): 1–14.
- [38] 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 GP, Wang QF. The application of propolis extraction on fresh lettuce [J]. J Bee, 2013, 33(9): 8–9.
- [39] 陈小利, 任小林, 吕燕荣, 等. 1-MCP 和蜂胶对冷藏苹果品质的影响[J]. 西北农林科技大学学报: 自然科学版, 2011, (5): 126–132.
- Chen XL, Ren XL, Lv YR, *et al.* Effects of 1-MCP and propolis on quality of apple at cold storage [J]. J Northwest Sci-Tech Univ Agric For (Nat Sci Ed), 2011, (5): 126–132.
- [40] 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 XQ, Fan LL, Han PX, *et al.* Effect of lysozyme coatings on the storage and preservation of fresh-cut “Hanfu” apples [J]. Mod Food Sci Technol, 2014, 30(11): 125–132.
- [41] 吴汶飞, 余小林, 胡卓炎. 生物保鲜剂对提高鲜切荔枝果肉冰温贮藏品质的效果[J]. 食品与发酵工业, 2012, 38(4): 202–207.
- Wu WF, Yu XL, Hu ZY. Study on Biological preservatives for improving quality of fresh-cut litchi during ice-temperature storage [J]. Food Ferment Ind, 2012, 38(4): 202–207.
- [42] Triasa R, Baneras L, Badosa E, *et al.* Bio-protection of golden delicious apples and iceberg lettuce against foodborne bacterial pathogens by lactic acid bacteria [J]. Int J Food Microbiol, 2008, 123(2): 50–60.
- [43] 富丽萍, 刘程惠, 胡文忠, 等. 红酵母菌对鲜切苹果生理代谢的影响[J]. 保鲜与加工, 2013, (4): 11–14.
- Fu LP, Liu CH, Hu WZ, *et al.* Effects of rhodotorula sp on the physiological metabolism of fresh-cut apples [J]. Storage Process, 2013, (4): 11–14.
- [44] Bari ML. Combined efficacy of nisin and pediocin with sodium lactate, citric acid, phytic acid, and potassium sorbate and EDTA in reducing the *Listeria monocytogenes* population of inoculated fresh-cut produce [J]. J Food Protect, 2005, 68(7): 1381–1387.
- [45] 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.
- [46] 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 Tech Food Ind, 2014, (8): 336–339.

(责任编辑: 白洪健)

作者简介



董妍, 硕士研究生, 主要研究方向为食品安全。

E-mail: dong_yan@126.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