

果蔬微生物保鲜技术的研究进展

李 静, 刘丽娜, 王安建*, 李顺峰, 田广瑞, 魏书信

(河南省农科院 农副产品加工研究所, 河南 郑州 450002)

摘要: 微生物保鲜技术是一种安全、无毒、无污染的保鲜技术, 已成为国内外果蔬贮藏保鲜的研究热点。作者综述了微生物保鲜技术在果蔬保鲜中的应用及其保鲜机理, 并探讨了其存在的问题和应用前景。

关键词: 微生物; 保鲜; 果蔬; 机理

中图分类号: TS 255.3 **文献标志码:** A **文章编号:** 1673—1689(2014)04—0337—07

Research Progress of Microbial Preservation Technology on Fruits and Vegetables

LI Jing, LIU Lina, WANG Anjian*, LI Shunfeng, TIAN Guangrui, WEI Shuxin

(Institute of Agro-Products Processing, Henan Academy of Agricultural Sciences, Zhengzhou 450002, China)

Abstract: Microbial preservation technology has characters of safety, innocuity and non-pollution, which has been the research focus center of fruits and vegetables preservation field. This article summarizes the application and mechanism of microbial preservation technology on preservation fruits and vegetables, the problem in application and future development are also reported.

Keywords: microbe, preservation, fruits and vegetables, mechanism

果蔬是人们生活中不可或缺的食品, 但是新鲜果蔬采后复杂的生理生化变化、高含水量和微生物污染, 导致其在贮运过程中极易发生腐烂变质, 造成经济损失。据统计, 果蔬采后损失较高, 水果采后的腐烂损耗率约为 30%, 蔬菜则高达 40%~50%, 而发达国家平均损耗率不足 7%^[1]。因此加强果蔬保鲜技术的研究和应用, 对发展农业、提高人民生活水平有重要意义。

目前, 我国果蔬采后保鲜仍以低温贮藏和化学

药剂保鲜技术为主, 然而低温贮藏成本高、耗能大、质量不稳定; 化学处理具有健康危害和环境污染等问题。随着生活水平的不断提高, 人们更加重视果蔬的新鲜度和营养安全品质, 对果蔬保鲜技术的要求也越来越高。微生物保鲜技术主要利用微生物菌体及其代谢产物, 抑制有害微生物生长, 降低果蔬采后腐烂损失, 从而达到贮藏保鲜的目的^[2], 具有经济、简便、无毒、安全、无污染等优势, 已成为防止果蔬腐烂变质的研究热点。

收稿日期: 2013-09-21

基金项目: 河南省重点科技攻关项目(102102110015)。

作者简介: 李 静(1981—), 女, 河南南阳人, 理学博士, 助理研究员, 主要从事农产品贮藏与加工研究。E-mail: ruochenjl@163.com

* 通信作者: 王安建(1969—), 男, 新疆阿克苏人, 副研究员, 主要从事农产品加工研究。E-mail: nkyjgs@163.com

1 微生物保鲜技术在果蔬保鲜中的应用

1.1 微生物菌体保鲜

果蔬采后腐烂主要是由真菌等病原菌引起的,长期以来防治病害的方法主要是采用化学杀菌剂。但是连续使用化学杀菌剂会使病原菌产生抗性,造成环境污染和危害公众健康。利用拮抗微生物进行果蔬保鲜是一种安全、无毒、有效的生物保鲜方法,已成为果蔬病害生物防治的重要途径。目前,可作为果蔬采后病害拮抗微生物的有细菌、酵母菌和霉菌等。

1.1.1 拮抗细菌保鲜 目前应用较多的拮抗细菌主要有芽孢杆菌属(*Bacillus spp.*)和假单胞杆菌属(*Pseudomonas spp.*)细菌等。研究表明:枯草芽孢杆菌(*B. subtilis*)能有效防治柑橘绿霉病、酸腐病和蒂腐病^[3]、荔枝霜疫霉病^[4]、梨果实轮纹病^[5]、草莓灰霉病^[6]和甜菜叶斑病^[7]等果蔬病害;解淀粉芽孢杆菌(*B. amyloliquefaciens*)能够防治柑橘青绿霉病和酸腐病^[8]、番木瓜炭疽病和褐色蒂腐病^[9];短小芽孢杆菌(*B. pumilus*)和苏云金芽孢杆菌(*B. thuringiensis*)对芒果炭疽病的抑制率分别达到 94.28% 和 87.06%^[10];地衣芽孢杆菌(*B. licheniformis*)也能有效抑制芒果炭疽病和蒂腐病^[11]。从香蕉上分离到的洋葱伯克霍尔德菌(*Burkholderia cepacia*)能够防治香蕉炭疽病和冠腐病^[12];从苹果果实和叶片分离到的水生拉恩氏菌(*Rahnella aquatilis*)能够完全抑制苹果扩展青霉和灰葡萄孢孢子的萌发^[13]。此外,Martínez-Castellanosa 等^[14]发现植物乳杆菌能够降低荔枝果皮的微生物含量,同时保持花色素苷含量和降低果皮褐变程度。作者从菜心叶片分离到的多粘类芽孢杆菌(*Paenibacillus polymyx*)对菜心炭疽病和霜霉病的防治效果分别达 70.8% 和 64.8%。

1.1.2 拮抗酵母菌保鲜 酵母菌由于具有拮抗效果好、不产生毒素、可以和化学杀菌剂共同使用等优点而成为果蔬采后生物防治研究的热点。目前已报道的对果蔬采后病害具有明显抑菌作用的酵母菌约有 20 多种,主要用于防治果蔬采后贮藏期间的青霉病、灰霉病、根霉病、毛霉病等病症。龙超安等^[15]发现柠檬形克勒克酵母菌(*Kloeckera apiculata*)对柑橘青、绿霉病菌有强烈拮抗作用。丝孢酵母(*Thichosporon pullulans*)和罗伦隐球酵母(*Cryptococcus laurentii*)直接浸泡桃果实,均可显著

地抑制桃果实采后软腐病和青霉病的发生^[16]。*C. laurentii* 还能有效控制桃果实贮藏期青霉病和灰霉病的发生^[17]。Zhang 等^[18]发现 *Rhodotorula glutinis* 能够有效地抑制苹果灰霉病和青霉病的发生,其中对灰霉病的抑制效果更好。Zahvai 等^[19]研究了季也蒙假丝酵母(*Candida guilliermondii*)对灰葡萄孢霉及黑曲霉引起的葡萄腐烂的抑制作用,结果表明,该酵母菌可以分别减少腐烂损失 16.81% 和 60%,范青等^[20]发现该菌还能够防治桃果实软腐病。曾荣等^[21]用 1×10^6 cfu/mL 的啤酒酵母悬浮液对草莓进行处理,可延缓草莓果实采后生理变化,增强果实的耐贮性。季也蒙毕赤酵母菌(*Pichia guilliermondii*)可以增强番茄果实对黑根霉(*Rhizopus nigricans*)的抵抗力,有效控制番茄果实贮藏病害的发生和发展^[22];*C. laurentii* 与碳酸氢钠混合使用对番茄果实灰霉病和绵腐病均有明显的防治效果,其中,*C. laurentii* 与质量分数 5% NaHCO_3 合用的效果最好^[23]。目前,有的国家已将拮抗酵母菌进行了商业化应用,如美国的主要用于控制柑橘类和仁果类果实采后腐烂的“Aspire”、“Biosave™ 100”、“Biosave™ 110”等,并且有许多拮抗酵母菌都已处于商业应用研究阶段。

1.1.3 拮抗真菌保鲜 研究表明,部分小型丝状真菌也被用于果蔬采后腐烂的生物防治,如绿色木霉(*Trichoderma viride*)可防治芒果蒂腐病^[24];哈茨木霉(*T. harzianum* Rifai)可防治香蕉和红毛丹(*Nephelium lappaceum* L.)炭疽病^[25-26]、梨、葡萄和猕猴桃的灰霉病^[27]。

1.2 微生物代谢产物保鲜

微生物发酵生产周期短,不受季节、地域和病虫害条件的限制。因此从微生物的次生代谢产物中研制生物保鲜剂,具有广阔的发展前景。微生物在繁殖过程中能够多种次生代谢产物,目前应用在果蔬保鲜上的微生物代谢产物主要包括纳他霉素、细菌素、糖类等。

1.2.1 纳他霉素保鲜 纳他霉素最初是从链霉菌的培养物中提取出来的,对几乎全部的霉菌和酵母菌都非常有效,已成为 30 多个国家广泛使用的一种天然生物性食品防腐剂和抗菌添加剂。研究表明,纳他霉素对草莓^[28]、甜樱桃^[29]、葡萄^[30]和冬枣^[31]等具有较好的保鲜效果。此外,Jiang 等^[32]发现纳他霉素与水溶性阿拉伯胶复配涂膜保鲜剂能够延缓香菇贮藏期品质的劣变。Cong 等^[33]将纳他霉素添加到

壳聚糖-聚乙烯蜡中对哈密瓜进行涂膜保鲜,结果发现该处理能够降低哈密瓜常温贮藏条件下的腐烂和水分损失,延长其贮藏期。

1.2.2 细菌素保鲜 细菌素是由某些细菌在代谢过程中通过核糖体合成产生的一类具有抑菌生物活性的蛋白质或多肽,其抑菌范围不局限于同源菌;而产生菌对其细菌素有自身免疫性。迄今为止被商品化的细菌素只有乳酸链球菌素 nisin 和片球菌素 PA-1,分别被称为 Nisaplin™ 和 ALTA™2431。Nisin 是由乳酸链球菌(*Streptococcus lactis*)产生的一种天然食品防腐剂,能有效地抑制许多引起食品腐败的革兰氏阳性菌的生长和繁殖,且对人体安全无害,是细菌素中应用最广泛的高效、无毒天然食品防腐剂。目前 nisin 已被 50 多个国家许可使用,广泛应用于果蔬及其制品、乳制品、肉制品等食品的贮藏保鲜。丛建民^[34]研究发现喷洒 0.1 g/kg Nisin 的草莓保鲜效果最好,能保持其光鲜的色泽和 VC、可滴定酸等营养成分。Nisin 的抗菌效果可以降低生菜表面一些微小创口被微生物侵染的机会,延长生菜的货架期,使其品质得以提升^[35]。此外,Nisin、片球菌素混用或者与有机酸、有机盐等结合使用能够显著降低果蔬和鲜切果蔬表面单增李斯特菌和沙门氏菌的数量,从而延长其贮藏期^[36]。

1.2.3 微生物糖类保鲜 微生物糖类大部分由细菌、真菌和蓝藻类产生,具有安全无毒、理化性质独特等特点。微生物产生的糖类由于容易与菌体分离,因而可通过大量发酵实现工业化生产,已作为成膜剂和保鲜剂在食品、制药等多个领域得到广泛应用。目前应用在果蔬保鲜中的微生物糖类主要包括短梗霉多糖、NPS 多糖和真菌寡糖素等。短梗霉多糖(pullulan)又称茁霉多糖或普鲁兰,是出芽短梗霉(*Aureobasidium pullulans*)在培养过程中利用糖代谢产生的细胞外水溶性多糖胶质。研究表明茁霉多糖溶液能够保持芒果^[37]、柑橘^[38]、苹果和菠菜^[39]等果蔬的营养和色泽品质,降低果实腐烂,延长其货架期。

NPS 多糖是一种不被人体消化,不产生热量的一种极其安全的多糖类添加剂,适宜于作为各种食品用薄膜。在果蔬表面成膜后无色、无味,肉眼很难看出,光泽性明显增强,有打蜡的效果,是一种很好的果蔬涂膜保鲜剂,对苹果、鸭梨、葡萄、黄瓜、西红柿、茄子等果蔬有一定的保鲜效果^[39]。真菌寡糖素通

常是指真菌细胞壁结构多糖水解产生的有生理活性的寡聚糖或其混合物。研究表明,真菌寡糖素具有诱导植物防御反应,诱导植物抗毒素积累和调节植物次生代谢等生理活性,对芒果、枣果、莴笋、黄瓜等果蔬贮藏品质的保持也有较为明显的效果^[40]。

2 微生物保鲜机理

研究表明,病原微生物不仅是果蔬采后腐烂的主要原因,而且能够加速易褐变果蔬的褐变进程,因此,抑制病原微生物是果蔬保鲜的重要途径,微生物保鲜技术主要是通过抑制病原微生物达到保鲜的目的。拮抗微生物对病原菌的作用机制主要有:营养与空间竞争、产生抗菌物质、直接寄生、抗病性诱导。

2.1 营养与空间竞争

竞争作用指拮抗微生物与病原菌在物理位点、生态位点的抢占以及营养物质和氧气的竞争。拮抗微生物抑制采后病害产生的病原菌的主要机理是两者竞争营养与生存空间。控制果蔬采后病害的关键是拮抗微生物能快速在果蔬的受伤位点定殖,因此,拮抗微生物要有比致病菌更快的生长速度和在不利于致病菌生存的环境下存活的能力^[41]。拮抗微生物的生防效果随着拮抗微生物浓度的增加和病原菌浓度的降低而增强。范青等^[20]发现,将季也蒙假丝酵母接种到桃果实的伤口处,在有病原菌存在的时候该拮抗菌的数量在 24 h 时可以增长到 200 多倍,这种快速的繁殖活动反应出拮抗菌与病原菌之间的营养竞争。Arras 等^[42]报道季也蒙毕赤酵母菌通过附着在柑橘青霉菌(*Penicillium italicum*)的菌丝表面吸收营养来抑制青霉菌的生长和孢子的萌发,达到防治柑橘青霉病的效果。

2.2 产生抗菌物质

微生物在代谢过程中能够通过产生抗生素、细菌素、有机酸等抗菌物质达到抑制病原菌的效果。例如枯草芽孢杆菌和洋葱假单胞菌能分泌伊枯草菌素来杀死病原菌^[43];由芽孢杆菌分泌的抗菌素对控制由真菌引起的腐烂有很好的效果;木霉菌能分泌吡喃酮,对由灰葡萄孢子引起的草莓、苹果灰霉病有很强的拮抗作用。植物乳杆菌产生的乳酸能够酸化红毛丹果实的果皮,降低果皮病原菌数量和抑制其褐变,同时还能保持果皮的色泽和降低水分的损失^[44]。

2.3 直接寄生

大量研究表明,拮抗微生物会产生裂解性的酶,如葡聚糖酶、几丁质酶以及对致病性真菌细胞壁有降解作用的蛋白酶。这类拮抗菌主要以吸附生长、缠绕、侵入、消解等形式抑制病原菌。Wisniewski等^[45]发现,季也蒙毕赤酵母能够黏附在灰霉菌和青霉菌的菌丝上,当真菌细胞从病菌丝中取出之后,在病菌丝表面会出现凹陷的同时,在灰霉菌黏附位点的细胞壁会出现部分降解,而灰霉菌与无拮抗性的酵母共同培养时,只是松散的黏附在病菌丝表面并没有出现凹陷。El-Ghaouth等^[46]发现,*C. saitoana* Nakase&Suzubi能强有力地黏附在灰霉菌的菌丝上,并导致灰霉菌的菌丝产生肿大现象。柠檬形克勒克酵母菌能紧紧包围柑橘青、绿霉病菌菌丝或附着吸附在柑橘青、绿霉病菌菌丝上,最终使柑橘青、绿霉病菌菌丝浓缩,菌丝畸形^[15]。此外在研究中发现,拮抗微生物在某一位点的黏附会同时提高其在侵染处利用营养物质能力,从而影响致病菌对营养物质的利用。但是寄生性微生物作用缓慢,通常落后于病原菌对果蔬的侵害,同时该类微生物的存活和增殖需要以一定量病原菌的存在为基础,而果蔬采后病害防治需尽可能多地排除和消灭病原菌,因此,寄生作用的防病效果并不理想。

2.4 抗病性诱导

诱导采后果蔬产生抗病性是拮抗微生物的另一种作用机制。El-Ghaouth等^[46]研究发现*Cryptococcus saitoana*能够诱导苹果产生几丁质酶,并在苹果细胞壁上形成结构性障碍(乳突毛)从而达到抑制扩展青霉的效果。Base等^[47]发现酵母细胞壁上的低聚糖片段是激发宿主细胞产生防御反应的活性诱导子。

3 微生物保鲜技术存在的问题

微生物保鲜技术作为具有广阔应用前景的新型果蔬采后防腐保鲜手段,已逐渐成为学术热点,

并取得了令人瞩目的成就。尽管许多种拮抗微生物已被证实对果蔬采后病原菌具有防治作用,且拮抗微生物应用于果蔬采后病害防治有很多优点,但是利用拮抗微生物防治采后病害在发展过程中也面临着各种各样的问题和挑战。到目前为止,进行商业化生产的生防微生物却很少。

微生物制剂防病作用的发挥与其制备工艺、使用时间、使用环境等因素密切相关。研究表明,微生物制剂必须在致病菌到达伤口之前存在才能够起到生防作用,否则将失去对病害的防治作用。另一个重要的影响因素是伤口位点的湿度,Mercier和Wilson^[48]研究发现仅在苹果有新鲜伤口的条件下,拮抗酵母菌*C. oleophila*才能控制苹果灰霉病的发生,而在伤口干燥的情况下,反而不利于拮抗酵母菌的生长及其生防作用的发挥。因此,在微生物制剂商业化过程中,要继续加大对拮抗微生物活性物质发酵工艺、提取与纯化方法等的研究,同时要增强其最佳作用条件的优化研究。

目前筛选的拮抗微生物通常只对某类或某几类病原菌有拮抗作用,抗菌谱较窄,限制了其在果蔬保鲜中的应用,因此应继续筛选具有更广抗菌谱的拮抗微生物或运用分子生物学手段改造拮抗微生物,使之具备更广的抗菌谱,或者通过多种拮抗微生物协同作用和与其它保鲜剂协同使用以增加其抑菌作用。

此外,我国批准使用的天然微生物防腐保鲜剂,只有乳酸球菌素和纳他霉素等少数几种,整体发展缓慢,品种单一。

4 展望

随着人们生活水平的提高,消费者对果蔬新鲜度及食用安全性的要求也越来越高。微生物保鲜,具有源于天然、安全、无毒的优点,较常规的化学物质保鲜有无可比拟的优点,是一种理想的环保保鲜技术,一旦在技术上取得突破,其应用前景无比广阔。

参考文献:

- [1] 励建荣,朱丹实. 果蔬保鲜新技术研究进展[J]. 食品与生物技术学报,2012,31(4):337-347.
LI Jianrong,ZHU Danshi. Research progress of new postharvest technology on fruits and vegetables[J]. *Journal of Food Science and Biotechnology*,2012,31(4):337-347. (in Chinese)
- [2] 车建美,刘波,郑雪芳,等. 水果保鲜技术及其保鲜机理的研究进展[J]. 保鲜与加工,2012,12(1):44-50.
CHE Jianmei,LIU Bo,ZHENG Xuefang,et al. Research progress of preservation technologies and their mechanisms of fruits[J].

- Storage and Process**, 2012, 12(1): 44–50. (in Chinese)
- [3] Leelasuphakul W, Hemmanee P, Chuenchitt S. Growth inhibitory properties of *Bacillus subtilis* strains and their metabolites against the green mold pathogen (*Penicillium digitatum* Sacc.) of citrus fruit [J]. **Postharvest Biology and Technology**, 2008, 48: 113–121.
 - [4] Jiang Y M, Zhu X R, Li Y B. Postharvest Control of Litchi Fruit Rot by *Bacillus subtilis* [J]. **LWT—Food Science and Technology**, 2001, 34(7): 430–436.
 - [5] Liu Y Z, Chen Z Y, Liu Y F, et al. Enhancing bioefficacy of *Bacillus subtilis* with sodium bicarbonate for the control of ring rot in pear during storage[J]. **Biological Control**, 2011, 57(2): 110–117.
 - [6] Zhao Y, Shao X F, Tu K, et al. Inhibitory effect of *Bacillus subtilis* B10 on the diseases of postharvest strawberry [J]. **Journal of Fruit Science**, 2007, 24(3): 339–343.
 - [7] Collins D P, Jacobsen B J. Optimizing a *Bacillus subtilis* isolate for biological control of sugar beet cercospora leaf spot[J]. **Biological Control**, 2003, 26(2): 153–161.
 - [8] Hao W N, Li H, Hu M Y, et al. Integrated control of citrus green and blue mold and sour rot by *Bacillus amyloliquefaciens* in combination with tea saponin[J]. **Postharvest Biology and Technology**, 2011, 59(3): 316–323.
 - [9] Osman M S, Sivakumar D, Korsten L. Effect of biocontrol agent *Bacillus amyloliquefaciens* and 1-methyl cyclopropene on the control of postharvest diseases and maintenance of fruit quality[J]. **Crop Protection**, 2011, 30: 173–178.
 - [10] Zheng M, Shi J Y, Shi J, et al. Antimicrobial effects of volatiles produced by two antagonistic *Bacillus* strains on the anthracnose pathogen in postharvest mangos[J]. **Biological Control**, 2013, 65(2): 200–206.
 - [11] Govender V, Korsten L, Sivakumar D. Semi-commercial evaluation of *Bacillus licheniformis* to control mango postharvest diseases in South Africa[J]. **Postharvest Biology and Technology**, 2005, 38(1): 57–65.
 - [12] De Costa D M, Erabadupitiya H R U T. An integrated method to control postharvest diseases of banana using a member of the *Burkholderia cepacia* complex[J]. **Postharvest Biology and Technology**, 2005, 36(1): 31–39.
 - [13] Calvo J, Calvente V, De Orellano M E, et al. Biological control of postharvest spoilage caused by *Penicillium expansum* and *Botrytis cinerea* in apple by using the bacterium *Rahnella aquatilis* [J]. **International Journal of Food Microbiology**, 2007, 113: 251–257.
 - [14] Martínez –Castellanos G, Pelayo –Zaldívar C, Pérez –Flores L J, et al. Postharvest litchi (*Litchi chinensis* Sonn.) quality preservation by *Lactobacillus plantarum*[J]. **Postharvest Biology and Technology**, 2011, 59: 172–178.
 - [15] 龙超安, 邓伯勋, 何秀娟. 柑橘青、绿霉病高效拮抗菌 34–9 的筛选及其特性研究[J]. 中国农业科学, 2005, 38(12): 2434–2439.
LONG Chaoan, DENG Boxun, HE Xiujuan. Characteristics and identification of an antagonistic yeast 34–9 against blue and green mold of citrus[J]. **Scientia Agricultura Sinica**, 2005, 38(12): 2434–2439. (in Chinese)
 - [16] 林丽, 田世平, 秦国政, 等. 两种拮抗酵母菌对桃果实贮藏期间主要病害的防治效果[J]. 中国农业科学, 2003, 36(12): 1535–1539
LIN Li, TIAN Shiping, QING Guozheng, et al. Biocontrol of postharvest diseases in peach fruits using two antagonistic yeasts during storage periods[J]. **Scientia Agricultura Sinica**, 2003, 36(12): 1535–1539. (in Chinese)
 - [17] Zhang H, Zheng X D, Yu T. Biological control of postharvest diseases of peach with *Cryptococcus laurentii* [J]. **Food Control**, 2007, 18(4): 287–291.
 - [18] Zhang H Y, Wang L, Ma L C, et al. Biocontrol of major postharvest pathogens on apple using *Rhodotorula glutinis* and its effects on postharvest quality parameters[J]. **Biological Control**, 2009, 48: 79–83.
 - [19] Zahavi T, Cohen L, Weiss B. Biological control of *Botrytis*, *Aspergillus* and *Rhizopus* rots on table and wine grapes in Israel[J]. **Postharvest Biology and Technology**, 2000, 20: 115–124.
 - [20] 范青, 田世平, 徐勇, 等. 季也蒙假丝酵母对采后桃果实软腐病的抑制效果[J]. 植物学报, 2000, 42(10): 1033–1038.
FAN Qing, TIAN Shiping, XU Yong, et al. Biological control of rhizopus rot of peach fruits by *Candida guilliermondii* [J]. **Acta Botanica Sinica**, 2000, 42(10): 1033–1038. (in Chinese)
 - [21] 曾荣, 董华强, 林丽超, 等. 酵母菌对草莓采后生理及贮藏效果的影响[J]. 食品与发酵工业, 2009(7): 189–191.
ZENG Rong, DONG Huaqiang, LIN Lichao, et al. Effects of yeast on physiology and preservation of postharvest strawberry[J].

- Food and Fermentation Industries**, 2009(7):189–191. (in Chinese)
- [22] Zhao Y, Tu K, Shao X F, et al. Effects of the yeast *Pichia guilliermondii* against *Rhizopus nigricans* on tomato fruit [J]. **Postharvest Biology and Technology**, 2008, 49(1):113–120.
- [23] 习柳, 田世平. 酵母拮抗菌与碳酸氢钠配合对番茄果实采后病害的防治效果研究[J]. 中国农业科学, 2005, 38(5):950–955
XI Liu, TIAN Shiping. Control of postharvest diseases of tomato fruit by combining antagonistic yeast with sodium bicarbonate [J]. **Scientia Agricultura Sinica**, 2005, 38(5):950–955. (in Chinese)
- [24] Kota V R, Kulkarni S, Hegde Y R. Postharvest diseases of mango and their biological management [J]. **Journal of Plant Disease Science**, 2006, 1(2):186–188.
- [25] Devi A N, Arumugam T. Studies on the shelf life and quality of rasthali banana as affected by postharvest treatments [J]. **Orissa Journal of Horticulture**, 2005, 33(2):3–6.
- [26] Sivakumar D, Wijeratnam R S W, Wijesundera R L C, et al. Antagonistic effect of *Trichoderma harzianum* on postharvest pathogens of rambutan (*Nephelium lappaceum*) [J]. **Phytoparasitica**, 2000, 28(3):240–247.
- [27] Batta Y A. Control of postharvest diseases of fruit with an invert emulsion formulation of *Trichoderma harzianum* Rifai [J]. **Postharvest Biology and Technology**, 2007, 43(1):143–150.
- [28] 呼玉侠, 孙远功, 鲁来政, 等. 纳他霉素在草莓防腐中的应用[J]. 食品研究与开发, 2006, 27(8):170–172.
HU Yuxia, SUN Yuangong, LU Laizheng, et al. The application of natamycin in the antiseptics of strawberry [J]. **Food Research and Development**, 2006, 27(8):170–172. (in Chinese)
- [29] 姜爱丽, 胡文忠, 李慧, 等. 纳他霉素处理对采后甜樱桃生理代谢及品质的影响[J]. 农业工程学报, 2009(12):351–356.
JIANG Aili, HU Wenzhong, LI Hui, et al. Effect of natamycin treatment on physiological metabolism and quality of postharvest sweet cherry [J]. **Transactions of the Chinese Society of Agricultural Engineering**, 2009(12):351–356. (in Chinese)
- [30] 刘美迎, 周会玲, 吴主莲, 等. 纳他霉素复合涂膜处理对红地球葡萄的防腐保鲜效果[J]. 西北农业学报, 2012, 21(4):115–120, 141.
LIU Meiyang, ZHOU Huiling, WU Zhulian, et al. Antiseptics and fresh-keeping effects of natamycin coating compounds treatment on red-globe grape [J]. **Acta Agriculturae Boreali-occidentalis Sinica**, 2012, 21(4):115–120, 141. (in Chinese)
- [31] 王建国, 姜兴印, 张鹏. 纳他霉素对冬枣浆胞病菌的毒力及保鲜生理效应研究[J]. 农药学报, 2006, 8(4):313–318.
WANG Jianguo, JIANG Xingyin, ZHANG Peng. The toxicity of natamycin to *alternaria* Nees ex wallr. and physiological activity of fresh-keeping dong jujube using natamycin treatments [J]. **Chinese Journal of Pesticide Science**, 2006, 8(4):313–318. (in Chinese)
- [32] Jiang T J, Feng L F, Zheng X L, et al. Physicochemical responses and microbial characteristics of shiitake mushroom (*Lentinus edodes*) to gum arabic coating enriched with natamycin during storage [J]. **Food Chemistry**, 2013, 138(2–3):1992–1997.
- [33] Cong F S, Zhang Y G, Dong W Y. Use of surface coatings with natamycin to improve the storability of hami melon at ambient temperature [J]. **Postharvest Biology and Technology**, 2007, 46(1):71–75.
- [34] 丛建民. Nisin 在草莓保鲜中的应用研究[J]. 食品与机械, 2008, 24(2):131–133.
CONG Jianmin. Research of application nisin in preservation of strawberry [J]. **Food and Machinery**, 2008, 24(2):131–133. (in Chinese)
- [35] 辛松林, 秦文, 王艳, 等. 乳酸链球菌素在生菜保鲜中的应用[J]. 中国食品添加剂, 2007(2):174–176.
XIN Songlin, QIN Wen, WANG Yan, et al. Application of nisin in lettuce preservation [J]. **China Food Additives**, 2007(2):174–176. (in Chinese)
- [36] Settanni L, Corsetti A. Application of bacteriocins in vegetable food biopreservation [J]. **International Journal of Food Microbiology**, 2008, 121(2):123–138.
- [37] 周文化, 钟秋平, 周晓媛. 茁霉多糖在芒果常温保鲜中的应用[J]. 中南林业学院学报, 2005, 25(3):63–67.
ZHOU Wenhua, ZHONG Qiuping, ZHOU Xiaoyuan. Application of Pullulan on the Preservation of Mango Fruits [J]. **Journal of Central South Forestry University**, 2005, 25(3):63–67. (in Chinese)
- [38] 任俊, 曹飞, 陈福生. 新型被膜剂茁霉多糖对柑橘的保鲜作用研究[J]. 化学与生物工程, 2009, 26(10):72–75.
REN Jun, CAO Fei, CHEN Fusheng. Study on preservative effect of a novel kind of film pullulan on orange [J]. **Chemistry & Bioengineering**, 2009, 26(10):72–75. (in Chinese)

- [39] 王文果,庞杰. 多糖涂膜保鲜果蔬的研究进展[J]. 山地农业生物学报,2006,25(4):358-363.
WANG Wenguo,PANG Jie. The reviews of polysaccharide coating in the preservation of fruits and vegetables [J]. **Journal of Mountain Agriculture and Biology**,2006,25(4):358-363. (in Chinese)
- [40] 郭红莲,宋巍,孙媛媛,等. 真菌寡糖素对灵武长枣的防腐保鲜效果研究[J]. 现代食品科技,2011,27(5):515-516.
GUO Honglian,SONG Wei,SUN Yuanyuan,et al. Effect of oligosaccharin on quality of lingwu jujube[J]. **Modern Food Science and Technology**,2011,27(5):515-516.(in Chinese)
- [41] Sharma R R,Singh D,Singh R. Biological control of postharvest diseases of fruits and vegetables by microbial antagonists:A review[J]. **Biological Control**,2009,50(3):205-221.
- [42] Arras G,de-Cicco V,Arru S,et al. Biocontrol by yeasts of blue mold of citrus fruits and the mode of action of an isolate of *Pichia guilliermondii*[J]. **Journal of Horticultural Science and Biotechnology**,1998,73:413-418.
- [43] Gueldner R C,Reilly C C,Pussey P L,et al. Isolation and identification of iturins as antifungal peptides in biological control of peach brown rot with *Bacillus subtilis*[J]. **Journal of Agriculture and Food Chemistry**,1988,36:366-370.
- [44] Martínez-Castellanos G,Shirai K,Pelayo-Zaldívar C,et al. Effect of *Lactobacillus plantarum* and chitosan in the reduction of browning of pericarp Rambutan(*Nephelium lappaceum*)[J]. **Food Microbiology**,2009,26:444-449.
- [45] Wisniewski M,Biles C,Droby S. The use of yeast *Pichia guilliermondii* as a biocontrol agent:characterization of attachment to *Botrytis cinerea*. In:Wilson C L,Chalutz E (Eds.),Biological Control of Postharvest Diseases of Fruit and Vegetables [M]. Proc. Workshop,US Department of Agriculture,ARS-92,1991:167-183.
- [46] El-Ghaouth A,Wilson C L,Wisniewski M E. Ultrastructural and cytochemical aspects of biocontrol activity of *Candida saitoana* in apple fruit[J]. **Phytopathology**,1998,88:282-291.
- [47] Base C W,Bock B W,Boller T. Elicitors and suppressors of the defense response in tomato cells:Purification and characterization of glycopeptides elicitors and glycan suppressors generated by enzymatic cleavage of yeast invertase [J]. **Journal of Biology and Chemistry**,1992,267:10258-10265.
- [48] Mercier J,Wilson C L. Effect of wound moisture on the biocontrol by *Candida oleophila* of gray mold rot (*Botrytis cinerea*) of apple[J]. **Postharvest Biology and Technology**,1995,6:9-15.

会 议 信 息

会议名称(中文): 第 11 届世界工业生物技术大会

会议名称(英文): 11th Annual World Congress on Industrial Biotechnology

所属学科: 生物技术与生物工程

开始日期: 2014-05-12

结束日期: 2014-05-15

所在国家: 美国

具体地点: Philadelphia, Pennsylvania, USA

主办单位: Biotechnology Industry Organization、美国化学会

联系电话: 202.962.9200

传真: 202.488.6301

E-MAIL: info@bio.org

会议网站: <http://www.bio.org/events/conferences/world-congress>

会议背景介绍: The BIO World Congress on Industrial Biotechnology is the world's largest industrial biotechnology event for business leaders, investors, and policy makers in biofuels, biobased products, and renewable chemicals.

BIO is excited to partner with the PHILife to bring the 2014 conference to Philadelphia highlighting the industry's growth, importance for generating green jobs, making greener products and cleaner processes all aimed at building a biobased economy.