

果蔬生物保鲜新技术及其研究进展

张 慜, 冯彦君

(江南大学 食品学院, 江苏 无锡 214122)

摘要: 在果蔬保鲜中应用生物技术, 有污染小、成本低等优点, 相比传统的保鲜技术有较大优势。本文主要讨论了几种常见的生物保鲜技术: 一是拮抗菌保鲜技术, 介绍了其保鲜作用原理以及在果蔬保鲜中的应用; 二是基因工程保鲜技术, 主要从减少乙烯合成、控制细胞壁降解酶的活性两个方面进行了阐述; 三是酶工程保鲜技术, 主要介绍了酶制剂在果蔬保鲜中的应用。

关键词: 果蔬保鲜; 拮抗菌; 基因工程; 酶工程

中图分类号: TS 255.44 **文献标志码:** A **文章编号:** 1673-1689(2017)05-0449-07

New Bio-Preservation Technology of Fruits & Vegetables and Its Research Progress

ZHANG Min, FENG Yanjun

(School of Food Science and Technology, Jiangnan University, Wuxi 214122, China)

Abstract: The new biological preservation technology has the incomparable advantages, such as less pollution and low cost, compared with the conventional fresh-keeping technology. This paper mainly reviews several techniques frequently used in fruits and vegetables preservation. Firstly, the principle of antagonistic bacteria preservation technology and its application are discussed. Secondly, gene engineering preservation technology is mainly discussed from aspects of reducing the generation of ethylene and regulating the activity of cell wall-degrading enzymes. Thirdly, enzyme engineering preservation technology is also reviewed from the view of enzyme preparation.

Keywords: fruits and vegetables preservation, antagonistic bacteria, gene engineering, enzyme engineering

我国是果蔬生产大国, 果蔬产量长年位居世界第一。但是, 我国在果蔬保鲜方面与发达国家相比还有相当大的差距。据相关统计, 现阶段我国新鲜果蔬的腐烂损耗率在 30%~50% 之间, 远远低于发达国家平均 7% 的水平^[1]。因此, 我们有必要加快开发新型果蔬保鲜技术, 加强其应用, 这对于我国的果蔬行业有着重要的意义, 也有利于我国农业的健

康发展。

现在, 低温贮藏和化学保藏, 是我国果蔬保鲜的 2 个主要的技术手段, 它们是传统的保鲜方法, 技术比较成熟, 但也存在着一些明显的缺点: 前者成本较高, 能耗相对较大, 且保藏后的产品质量不稳定; 后者存在化学残留问题, 有一定的安全隐患, 而且长期使用存在保藏对象有一定的产生抗药性

收稿日期: 2016-12-12

基金项目: 江苏省食品安全与质量控制协同创新中心项目; 江苏省基础设施与建设计划项目 (BM2014051); 广西省科技计划项目 (GKH14251003)。

作者简介: 张 慜(1962—), 男, 浙江平湖人, 工学博士, 教授, 博士研究生导师, 主要从事农产品加工与贮藏方面研究。E-mail: min@jiangnan.edu.cn

引用本文: 张慜, 冯彦君. 果蔬生物保鲜新技术及其研究进展[J]. 食品与生物技术学报, 2017, 36(05): 449-455.

的可能^[2]。因此,我们有必要开发一些新型生物保鲜技术,以解决这些问题。

生物技术被公认为 21 世纪最具开发潜力的高新技术之一,近年来,生物技术飞快发展,在理论和实践上都取得了较大的成就,其研究成果在食品生产的各个环节都有着广泛的应用^[3],随着这种应用愈加广泛和深入,果蔬保鲜技术也必将得到飞跃式的发展。

相比传统的果蔬保鲜技术,生物保鲜技术需要的贮藏空间小,条件比较容易控制,成本低,产生的污染少^[2],这些优点意味着生物保鲜技术有着巨大的开发潜力。生物保鲜技术总体可分为:利用拮抗菌保鲜,可以直接利用其本身与病原菌竞争或寄生的关系保鲜,或者利用其产生的抗菌肽等次级代谢产物起到保鲜作用;利用从天然物质中提取的抗菌物质来保鲜,或者利用人工合成的放生保鲜剂保鲜;利用基因工程的技术手段改造贮藏对象来保鲜;利用酶工程的技术手段保鲜等。结合近年来生物保鲜技术的在国内外应用情况,文中介绍了与其相关的研究进展,主要介绍了拮抗菌保鲜技术、基因工程保鲜技术以及酶工程保鲜技术这几种技术的概况及研究进展。

1 拮抗菌保鲜技术

国外果蔬保鲜中拮抗菌的发现和应用至今已有三十余年的历史,在国内则只有十余年的历史^[2]。因为拮抗菌对果蔬贮藏过程中一些主要的病原菌具有拮抗作用,所以可以应用于果蔬保鲜。因为其研究的历史较短,现在很多拮抗菌都处于实验阶段,但也有一些进入了商业应用阶段。这些研究和应用主要集中在一些大宗商品化果蔬的保鲜中,如苹果、柑橘、葡萄等。

1.1 拮抗菌保鲜机理

拮抗菌保鲜作用的机理十分复杂,因为涉及到拮抗菌、病原菌和贮藏果蔬之间的相互作用,相关研究进展缓慢。大体上来说,拮抗菌保鲜作用的机理可以分为 4 种;1 是竞争作用,拮抗菌与病原菌都依靠贮藏果蔬中的营养和空间生存,两者存在竞争关系;2 是寄生作用,一些拮抗菌可以寄生在病原菌上,依靠病原菌提供的营养生存;3 是诱导作用,在一些拮抗菌的诱导下,贮藏果蔬的抗病能力会得到一定的提高;4 是杀菌作用,一些拮抗菌可以产生杀

菌物质杀死病原菌^[4]。

1.1.1 营养和空间竞争 拮抗菌在果蔬中和病原菌存在竞争关系,主要是对于果蔬中的营养成分和空间。只有当拮抗菌的竞争力和适应力强于病原菌时,才能更好地达到对果蔬的保鲜的目的^[4]。很多拮抗菌都具有以上特点。曾璐^[5]通过在草莓上进行活体试验,筛选出了对抑制草莓采后的灰霉病的发生有最佳拮抗效果的季也蒙毕赤氏酵母,并对其增殖培养条件进行了优化,进一步研究了它的工业制剂的制备方法,还对该拮抗菌的抑菌机理进行了分析,并为进一步提高该工业制剂的抑菌效能与化学防腐剂联合施用进行了尝试。结果表明,该拮抗菌在草莓保鲜中最为显著的抑菌途径是与病原菌空间及营养竞争,碳源是其竞争的营养之一。

1.1.2 直接寄生 直接寄生,是指一些拮抗菌可以寄生在病原菌上,依靠病原菌提供的营养为生。拮抗菌作用的大致过程是,首先识别病原菌并对其进行吸附,在这个作用完成后,拮抗菌内的一些信号途径得到激活,拮抗菌开始合成一些相关的蛋白质,如几丁质酶和 β -1,3-葡聚糖酶,它们可以降解真菌类病原菌的细胞壁,作用于病原菌,达到杀灭病原菌的目的。需要指出的是,拮抗菌的寄生作用是以病原菌的存在为前提的,而且通常需要病原菌达到一定数量,此时贮藏果蔬可能已经受到了较大的侵害,再依靠拮抗菌的寄生作用为时已晚。因此,寄生作用一般在贮藏果蔬的保鲜中起到辅助作用,但它并不是拮抗菌保鲜作用的主要作用机制^[4]。

1.1.3 诱导抗病 果蔬采后更易受到病原菌的侵染,因其在贮藏过程中的抗病能力逐渐下降^[4]。而在一些拮抗菌的诱导下,贮藏果蔬,如苹果、桃、樱桃、葡萄等,抗病能力会得到一定的提高,这一观点已经得到了证实。罗丽^[6]对柠檬形克勒克酵母(*Kloeckeraa Piculata*)(34-9)的研究表明,该拮抗菌能在一定程度上诱导柑橘果实对意大利青霉产生抗性,这种诱导作用与拮抗菌处理时间长短和处理位点远近有关。

1.1.4 产生杀菌物质 有些拮抗菌本身可以产生高浓度的抗菌物质,从而对在果蔬起到保鲜作用。杨振^[7]从油桃果实表面和健叶上分离、筛选到对油桃绿霉病有很好抑制效果的细菌 1 株,证实该菌株为枯草芽孢杆菌,命名为 BS-331,研究了它的一些生物学特性,初步探索了其生防效果和生防机理。

结果表明 1×10^8 CFU/mL 的细菌浓度就能够很好的抑制油桃绿霉病的发生,其代谢产物能对指状青霉有显著的抑制作用,且其能够促进 PPO、POD 的分泌,提高自身的抗病能力;辅助因子如 CaCl_2 、 Na_2CO_3 的添加对提高 BS-331 菌株的防治效果有一定的促进作用。

1.2 拮抗菌保鲜技术的应用

应用拮抗菌进行果蔬保鲜,可以直接利用拮抗菌本身,也可以利用其代谢产物;前者还可以与其它果蔬保鲜技术结合,以增强其保鲜效果。

1.2.1 微生物菌体保鲜

1)单独使用拮抗菌保鲜技术。目前,细菌、酵母菌、霉菌中均有一些菌种可以作为拮抗菌应用于果蔬保鲜。细菌主要是芽孢杆菌属(*Bacillus* spp.)和假单胞杆菌属(*Pseudomonas* spp.);酵母菌是目前应用于果蔬保鲜中效果最好的 1 个菌种,且使用过程中没有毒素产生,还可以和化学杀菌等方法联用,是目前研究的热点;部分小型丝状真菌也可以用于果蔬保鲜^[8]。在拮抗菌的分离筛选中,活体筛选是应用较多的分离筛选方法。

车建美等^[9]从施用浓度、贮藏方式和施用方法等角度考察了拮抗菌短芽孢杆菌 FJAT-0809-GLX 对龙眼果实保鲜的最佳条件,找到 1 种成本低、效果好的龙眼保鲜方法。结果表明,随着稀释浓度的升高,龙眼果实保鲜率逐渐下降,脱粒率逐渐升高,稀释 10 倍施用时,保鲜率最高,为 75%。拮抗菌喷洒后用纸包裹贮藏,效果显著好于用树叶贮藏。拮抗菌采前处理龙眼果实,其脱粒率为 24.42%,明显高于采后处理的 12.96%,保鲜功能微生物 FJAT-0809-GLX 采后处理的保鲜率最高,保鲜率为 83.33%。

耿海峰^[10]筛选了 1 种对冬枣病害中常见病原菌细交链格孢、多隔镰孢霉和串珠霉具有较好拮抗作用和较宽抑菌谱的拮抗菌 B26,并确定了它的分类学地位、产生拮抗物质的最优条件及其稳定性。涂起红^[11]筛选了 1 种对柑橘保鲜中危害最为严重的两大真菌性病害(青霉病和绿霉病)具有强烈抑制作用的拮抗菌 YS-1,并结合单因子和正交试验设计对其发酵条件进行了优化,该研究为后续抗菌物质的分离纯化研究提供了理论基础。

郑琪^[12]筛选了对兰州白凤桃、大接杏保鲜中的主要致病菌具有防治效果的拮抗菌,并对其进行了分类鉴定并对抑菌作用的研究。共鉴定出了 6 种主

要的病原菌,得到 14 株拮抗菌,其中 2 株拮抗作用最显著,当浓度为 10^7 CFU/mL 时,对病原菌的抑菌效果最佳。许皎皎^[13]筛选了一株能够有效防治果蔬采后灰霉病的拮抗酵母菌——CM2,CM2 菌悬液为 1×10^8 CFU/mL 时效果最好,SA(水杨酸)和 SBC(碳酸氢钠)能够增强这种作用。

侯继斌等^[14]研究发现其采用的拮抗菌 P_1 、 P_5 能够明显降低葡萄糖还原糖、可滴定酸的降解和损失,还能明显推迟贮藏期葡萄发病,减少质量损失率、落粒率,降低发病率,对于葡萄保鲜效果明显。李阳等^[15]的研究证明丝孢酵母(*Trichosporon aquatile*)菌液对水蜜桃有一定的保鲜效果,其最佳浓度为 50 mL 菌液溶于 1 000 mL 无菌水。丝孢酵母为相对有效且无污染的生物保鲜剂,适宜推广应用。

徐占利^[16]分离筛选了酵母菌 Y20 和 Y21,它们对梨果灰霉病菌、桃果青霉病菌两种病原菌表现出较好的抑菌效果,经鉴定 Y20 为胶红酵母,Y21 为接合酵母,试验证明均属无毒级;两菌株在 6 个月内可以保持在储藏前 75.6%以上的活性,并在保藏期内无论冻干保藏还是液体保藏的菌体制剂都仍然对于梨果的病害具有良好的生物防治效果。该研究为菌株安全性的商品化应用奠定了基础。

2)与其它果蔬保鲜技术的联合使用。从目前的研究来看,单一的拮抗菌受环境因素影响较大,所以很难选出一个单一的、广谱的、能够有效作用于多种果蔬的拮抗菌株^[17]。将拮抗菌与其它保鲜方法复合使用,用其它方法改变贮藏的微环境,使其更有利于拮抗菌发挥作用,是研究者们通常采用的手段。

①化学杀菌剂与拮抗菌复合使用。化学杀菌剂在果蔬保鲜中具有显著的效果,将其与拮抗菌共同使用,仅需要较低的剂量,就可以明显增强拮抗菌的作用效果。马龙传^[17]分别采用 SA(水杨酸)、MeJA(茉莉酸甲酯)和臭氧与拮抗酵母共同作用,研究其对水果保鲜的效果及其机理,结果发现,SA 与粘红酵母共同作用,比单独使用能够更好地防治草莓采后软腐病、灰霉病和青霉病等的发生和扩大;MeJA 的处理能显著抑制梨果实的灰霉病和青霉病的发病率和发病直径;臭氧处理也对罗伦隐球酵母防治灰霉病的有一定的增强效果。

②化学盐类与拮抗菌复合使用。一些化学盐类,如氯化钙、丙酸钙、碳酸钠、碳酸氢盐、偏亚硫酸

氢钾和钼酸盐等,对于拮抗菌的保鲜作用有一定的增强效果^[4]。Cao 等^[18]发现,当钼酸铵和拮抗菌 *Pichia membranifaciens* 一起使用时,前者的存在促进了后者的增殖,从而加强了后者对桃果实的保鲜作用。另一些研究者^[19]发现四硼酸钾对拮抗菌 *Cryptococcus laurentii* 的保鲜作用也有类似的增强效果,前者增强了后者防治枣果实青霉病的能力。

③物理方法与拮抗菌复合使用。拮抗菌与其它物理保鲜方法共同作用,对柑橘青霉病和桃果实软腐病等多种果蔬病害的防治效果明显,这些物理方法包括复合热处理、紫外处理等。

Xu 等^[20]发现,当 UV-C 与拮抗菌 *Candida guilliermondii* 共同作用时,前者非但没有影响后者的生长和增殖,而且两者共同作用,有效地抑制了梨果实贮藏过程中青霉和灰霉的发生。静玮^[21]将 60 ℃、20 s 热水喷淋处理与罗伦隐球酵母菌共同作用,发现其能抑制樱桃果实的自然发病率,效果好于单独处理。赵妍^[22]也发现 38 ℃热空气处理与酵母菌 *Pichia guilliermondii* 共同作用时,后者对樱桃番茄果实的保鲜作用大大增强。

④与天然生物保鲜剂复合使用。天然生物保鲜剂,指从无毒无害的生物材料中提取的具有抑菌或抗氧化等效果的活性成分^[4]。拮抗菌与天然生物保鲜剂共同作用,可以更有效地防治果蔬采后的病害。Liu 等^[23]发现,甜菜碱和 *Cystofilobasidium infirmominiatum* 复合使用,因为该处理提高了拮抗菌对活性氧的耐受力,拮抗菌在苹果伤口处的增殖加快,更有效抑制了青霉菌的生长。Cao 等^[24]发现,BTH 与拮抗菌 *Pichia membranifaciens* 复合使用,提高了果实中过氧化物酶、抗坏血酸氧化酶等活性酶的活性,有效降低了青霉病的病斑直径和发病率。此外,他们还发现,MeJA 与上述拮抗菌复合使用,有效地促进了后者的增殖,增强了后者对枇杷贮藏过程中一些病害的抵抗效果,加强了其保鲜作用^[25]。

1.2.2 拮抗菌代谢产物保鲜 微生物次级代谢产物的生产,不受季节、地域和病虫害条件的限制,且微生物发酵生产周期短,有利于工业化连续生产,研制微生物次级代谢产物相关的生物保鲜剂,具有广阔的发展前景。在果蔬保鲜过程中,纳他霉素、细菌素、糖类目前都有所应用^[8]。

朱天辉等^[26]研究了枯草芽孢杆菌水溶性代谢产

物及其对血橙的防腐保鲜效果。纸层析、凝胶层析显示 *Bacillus subtilis* 菌株可产生 3 个有效抑菌成分,*B. subtilis* 生物制剂浓度越高,防腐效果越好,制剂稀释一般以 1~10 倍效果相对较好;热处理会降低 *B. subtilis* 的防腐效果,而阿斯匹林则有增强效果;处理时间在 4~8 h 之间效果最好;与包膜技术共同使用也可以增强其防腐效果。

2 基因工程保鲜技术

基因工程保鲜技术,主要通过相关基因工程手段,增加或减少有关基因的表达,从而控制果蔬成熟过程中乙烯的合成以及与细胞壁降解相关的酶的活性,达到延缓果蔬贮藏过程中的软化的目的,最终实现果蔬的保鲜^[1]。

2.1 基因工程技术减少果蔬贮藏中乙烯的合成

有呼吸高峰期的水果,如苹果、桃子、香蕉等,在成熟时会有乙烯的合成和释放,促进自身的成熟,如不加以控制,很容易导致腐烂。基因工程保鲜技术可以通过相关基因工程手段,控制有关基因的表达,从而控制果蔬成熟过程中乙烯的合成,达到延缓果蔬贮藏过程中的软化的目的,最终实现果蔬的保鲜。与果实中乙烯合成相关的基因有 ACC 合成酶基因(*ACS*)、ACC 氧化酶基因(*ACO*)和 ACC 脱氨酶基因(*ACCD*)。在乙烯的合成中,关键的酶是 ACC 合成酶;*ACO* 需要与 *ACS* 协同表达,才能起到作用;*ACCD* 的表达产物能够降解 ACC,进而影响果实中乙烯的含量^[1]。

王吉文^[27]采用 ADF 培养基分离具有 ACC 脱氨酶活性的细菌,并且用生理生化和分子生物学方法进行鉴定,将具有 ACC 脱氨酶活性的菌株在草莓中定植。分离出具有 ACC 脱氨酶活性的内生细菌 23 株,其中 CJL1 菌株的 ACC 脱氨酶活性最高,比活力达 0.142 U/mg。CJL1 菌株为成团泛菌,能够在草莓体内稳定地定植。该研究成功地在草莓体内分离得到具有高 ACC 脱氨酶活性并能定植的成团泛菌,丰富了具有果蔬保鲜价值的植物内生菌资源。

杜正顺等^[28]在研究热水处理对草莓保鲜的作用时发现,热水处理对草莓贮藏过程中 *ACS*、*ACO* 和乙烯受体基因的表达有较强的抑制作用,据此他们推测热水处理延缓草莓果实衰老可能与其抑制乙烯合成的作用有关。齐靖等^[29]研究得到了 1 条长编码 276 个氨基酸残基的鸭梨 ACC 氧化酶基因

cDNA 片段,构建了鸭梨 ACC 氧化酶基因的反义表达载体,并在农杆菌 LBA4404 的介导下实现对鸭梨组培苗的遗传转化。该研究为将来培育出耐储藏新品种及其他果树耐储藏新品种的培育提供了优质种质资源,也为反义 RNA 技术在鸭梨遗传改良研究中的进一步应用提供了参考资料。

董祯^[30]对 ACC 氧化酶的基因进行了序列分析,建立了适合于梨果实总 RNA 提取的改良 CTAB 法,主要是在此过程中去除了多酚和多糖,试验结果良好;获得了 3 个梨品种 ACC 氧化酶基因 cDNA 片段;通过对得到的 3 种梨的 ACC 氧化酶基因序列的比较,证实其均属于 ACC 氧化酶基因的片段。

2.2 基因工程技术控制细胞壁降解酶的活性

目前的研究证明,多聚半乳糖醛酸酶(PG)、果胶甲酯酶(PME)和纤维素酶均与果蔬细胞壁的降解相关。一半认为,促使果实软化的最主要的酶是 PG,它可降解果实细胞壁中的多聚半乳糖醛酸,从而使果实软化。可以通过基因工程的手段,转入反义 PG 基因,从而降低 PG 的活性,延缓果实的软化,该基因的转入同时还可以减弱外源乙烯的作用,这些都有利于果蔬保鲜。PME 参与了果实的细胞壁代谢,有延迟果实衰老的作用;纤维素酶则与果皮和果肉的生长发育有关^[1]。

Munoz-Robredo 等^[31]对黄绿期的杏用甘氨酸和 1-MCP 处理,它们是两种常用的乙烯抑制剂。处理后对果实中的基因表达进行测定,结果表明,在所测定的 3 种 ACS 基因中,只有 ACS2 基因的表达显著下降,明显受到了 2 种乙烯抑制剂的影响。据此他们推测,乙烯合成过程中最关键的基因是 ACS2。Yin 等^[32]的研究乙酰水杨酸可抑制果实成熟,因为它可以影响 3 种乙烯合成的关键基因的表达,从而抑制了乙烯的合成。

3 酶工程保鲜技术

酶制剂可以应用于果蔬保鲜,主要是一些没可以通过其自身的催化作用,减少甚至消除果蔬贮藏过程中外界因素的不良影响,从而达到保险的目的。酶制剂安全、便于控制,使用的条件温和容易达到,而且对于底物有很强的专一性,具有很好的应用前景^[3]。葡萄糖氧化酶和溶菌酶目前已经应用于果蔬保鲜。

兰蓉等^[33]对比了主要由葡萄糖氧化酶和溶菌酶组

成的 4 种天然保鲜剂对树莓的保鲜效果,结果表明,质量浓度 0.1 g/dL 葡萄糖氧化酶+质量浓度 0.1 g/dL 葡萄糖+质量浓度 0.1 g/dL 壳聚糖涂膜液这种复合保鲜剂效果最好,各项指标都优于其它处理组和对照组。韩艳丽等^[34]研究了常温条件下 3 种浓度的溶菌酶涂膜处理对丰水梨保鲜效果的影响。结果表明,溶菌酶处理对丰水梨有着较好的保鲜效果,各项指标都优于对照组;溶菌酶处理的保鲜作用,可能与其对果实细胞膜透性的抑制有关,同时它还延缓了果实中丙二醛含量的增加,在其作用下果实中超氧化物歧化酶和过氧化氢酶活性的降低情况也有所改善。在 3 种溶菌酶浓度中,以 0.05%溶菌酶涂膜处理效果最好。

冯叙桥等^[35]将鲜切寒富苹果分别放入 3 种不同浓度溶菌酶溶液中浸泡后再沥干,用 0.11 mm 厚度的 PE 保鲜膜包装后置于 4 ℃冷库中贮藏保鲜。与对照组相比较,溶菌酶处理能有效维持鲜切苹果的良好品质,在一定程度上抑制了相对电导率、丙二醛含量、多酚氧化酶活性及菌落总数的增加,显著维持了过氧化物酶活性。贮藏一定时间后,溶菌酶处理鲜切苹果的各项指标都处于较高的水平,护色效果也较佳。在研究的 3 种溶菌酶浓度中,保鲜效果最好的是 0.08%溶菌酶溶液涂膜。

邱朝坤等^[36]研究了溶菌酶、壳聚糖、氯化钙对草莓的涂膜保鲜效果。采用不同浓度的上述材料的复配保鲜液对草莓进行处理,贮于 4 ℃。研究结果表明,保鲜效果最好的是 0.05%溶菌酶、1%壳聚糖和 0.5%氯化钙复配保鲜液,在贮藏相同时间后各项指标都处于较好水准。胡晓亮等^[37]以海藻酸钠和溶菌酶为保鲜剂对马陆葡萄进行复合涂膜保鲜,结果表明,1%海藻酸钠和 0.1%溶菌酶处理后的马陆葡萄感官品质最好,腐烂指数、质量损失率、VC 含量、可溶性固形物含量、呼吸强度等指标显著优于其他处理组,保鲜效果最佳。

4 展望

随着社会经济的飞速发展,人民生活水平的不断提高,消费者对果蔬新鲜度及食用安全性提出了越来越高的要求。在果蔬保鲜中应用生物技术,有污染小、成本低等优点,相比传统的保鲜技术有较大优势。其应用前景十分广阔。

参考文献:

- [1] LI Jianrong, ZHU Danshi. Research process of new postharvest technology on fruits and vegetables [J]. **Journal of Food Science and Technology**, 2012, 31(4): 7-17. (in Chinese)
- [2] WANG Gangxia, XI Donghua, WU Zhonghong, et al. Development of biological technology on fruits and vegetables preservation [J]. **Current Biology**, 2014(1): 12-16. (in Chinese)
- [3] 刘志杰, 陆则坚. 生物技术在食品保鲜中的应用[C]// 福建省农业工程学会 2006 年学术年会论文集. 2006.
- [4] WANG Jing, ZHENG Yonghua. Application of microbial antagonists as biocontrol agents against postharvest diseases of fruits and vegetables[J]. **Current Biology**, 2013(6): 393-398. (in Chinese)
- [5] 曾璐. 拮抗菌在草莓采后病害防治中的应用研究[D]. 长沙: 湖南农业大学, 2008.
- [6] 罗丽. 柠檬形克勒酵母(34-9)对柑橘意大利青霉抑菌机理的研究[D]. 武汉: 华中农业大学, 2010.
- [7] 杨振. 枯草芽孢杆菌对油桃采后病害的生物防治及防治机理研究[D]. 天津: 天津科技大学, 2009.
- [8] LI Jing, LIU Lina, WANG Anjian, et al. Research progress of microbial preservation technology on fruits and vegetables[J]. **Journal of Food Science and Technology**, 2014, 33(4): 337-343. (in Chinese)
- [9] 车建美. 短链芽孢杆菌(*Brevibacillus brevis*)对龙眼保鲜机理的研究[D]. 福州: 福建农林大学, 2011.
- [10] 耿海峰. 冬枣采后病害拮抗菌的筛选、发酵及活性物质研究[D]. 太原: 山西大学, 2010.
- [11] 涂起红. 柑橘采后病害生防菌 YS-1 的筛选和 YS-1 粗提物的抑菌机理及性质研究[D]. 南昌: 南昌大学, 2013.
- [12] 郑琪. 核果类果实采后病害拮抗菌筛选及其抑菌作用研究[D]. 兰州: 甘肃农业大学, 2013.
- [13] 许皎皎. 拮抗酵母菌的筛选、鉴定及对葡萄冷藏品质的影响[D]. 南京: 南京农业大学, 2012.
- [14] 蔡继斌. 拮抗菌 P₁、P₂ 对贮藏期红地球葡萄保鲜效果的研究[D]. 兰州: 甘肃农业大学, 2010.
- [15] LI Yang, CUI Zhikuan, LI Jianlong, et al. Effect of *Trichosporon aquatile* on Fenghuang honey peach postharvest physiology and quality during storage[J]. **Tianjin Agricultural Sciences**, 2013, 19(3): 16-21. (in Chinese)
- [16] 徐占利. 梨果采后病害新型拮抗菌分离、筛选及安全性研究[D]. 镇江: 江苏大学, 2010.
- [17] 马龙传. SA、MeJA 及 O₃ 增强拮抗酵母对水果采后病害的控制效应[D]. 镇江: 江苏大学, 2009.
- [18] CAO S, YUAN Y, HU Z, et al. Combination of *Pichia membranifaciens* and ammonium molybdate for controlling blue mould caused by *Penicillium expansum* in peach fruit[J]. **International Journal of Food Microbiology**, 2010, 141(3): 173-176.
- [19] CAO B, LI H, TIAN S, et al. Boron improves the biocontrol activity of *Cryptococcus laurentii* against *Penicillium expansum* in jujube fruit[J]. **Postharvest Biology and Technology**, 2012, 68(8): 1621.
- [20] XU L, DU Y. Effects of yeast antagonist in combination with UV-C treatment on postharvest diseases of pear fruit [J]. **Bio Control**, 2012, 57(3): 451-461.
- [21] 静玮. 采后热水喷淋处理及与拮抗菌结合在甜樱桃贮藏保鲜上的应用[D]. 南京: 南京农业大学, 2008.
- [22] 赵妍. 拮抗酵母及结合热空气处理对樱桃番茄采后病害的防治及其机理研究[D]. 南京: 南京农业大学, 2010.
- [23] LIU J, WISNIEWSKI M, DROBY S, et al. Glycine betaine improves oxidative stress tolerance and biocontrol efficacy of the antagonistic yeast *Cystofilobasidium infirmominatum*[J]. **International Journal of Food Microbiology**, 2011, 146(1): 76-83.
- [24] CAO S, YANG Z, HU Z et al. The effects of the combination of *Pichia membranifaciens* and BTH on controlling of blue mould decay caused by *Penicillium expansum* in peach fruit[J]. **Food Chemistry**, 2011, 124(3): 991-996.
- [25] CAO S, ZHENG Y, WANG K, et al. Effect of yeast antagonist in combination with methyl jasmonate treatment on postharvest anthracnose rot of loquat fruit[J]. **Biological Control**, 2009, 50(1): 73-77.
- [26] ZHU Tianhui, YANG Zuozhong, LI Shuijiang, et al. Metabolite of *Bacillus subtilis* and its bioantiseptic preservation technique to blood orange[J]. **Cientia Silvae Sinicae**, 2010, 46(1): 68-72. (in Chinese)
- [27] WANG Jiwen. Isolation and identification of endophytic bacteria with high ACC deaminase activity in strawberry [J]. **Journal of Anhui Agricultural Sciences**, 2010, 38(10): 4977-4980. (in Chinese)
- [28] DU Zhengshun, GONG Huifang, WANG Ronghua, et al. Effect of hot water treatment on strawberry fruits preservation and Its relationship with ethylene gene expression[J]. **Acta Horticulturae Sinica**, 2009, 36(5): 647-654. (in Chinese)
- [29] QI Jing, DONG Zheng, ZHANG Yuxing. Cloning of ACC oxidase gene from Yali pear and tranformation of its antisense expression vector with agrobacterium-mediated method[J]. **Plant Diversity**, 2014, 36(5): 622-628. (in Chinese)
- [30] 董祯. 梨果实 ACC 氧化酶基因克隆的研究[D]. 保定: 河北农业大学, 2007.

- [31] MUNOZ R P,RUBIO P,INFANTE R,et al. Ethylene biosynthesis in apricot:Identification of a ripening-related 1-aminocyclopropane-1-carboxylic acid synthase (ACS) gene[J]. **Postharvest Biology and Technology**,2012,63(1):85-90.
- [32] YIN X R,ZHANG Y,ZHANG B,et al. Effects of acetylsalicylic acid on kiwifruit ethylene biosynthesis and signaling components [J]. **Postharvest Biology and Technology**,2013,83(2):27-33.
- [33] LAN Rong,WU Zhiming,ZHANG Liqiu. Effect of glucose oxidase on the preservation of raspberries [J]. **Science and Technology of Food Industry**,2014,35(22):308-312.(in Chinese)
- [34] HAN Yanli,ZHANG Shaoling,WU Jun,et al. Effect of lysozyme coating treatments on the storability of Hosui pear fruit[J]. **Journal of Fruit Science**,2008,25(4):537-541.(in Chinese)
- [35] FENG Xuqiao,FAN Linlin,HAN Pengxiang,ey al. Effect of lysozyme coatings on the storage and preservation of fresh-cut “anfu” Apples[J]. **Modern Food Science and Technology**,2014(11):125-132.(in Chinese)
- [36] QIU Chaokun,WU Xuan,LIU Hengyi,et al. Study on application of lysozyme coating preservation of strawberry[J]. **China Food Additives**,2014(3):178-182.(in Chinese)
- [37] HU Xiaoliang,ZHOU Guoyan. Fresh-keeping effect of compound sodium alginate-lysozyme coating on Malu grapes [J]. **Food Science**,2011,37(20):271-276.(in Chinese)

会 议 消 息

会议名称(中文):中国菌物学会 2017 年学术年会

所属学科:动植物微生物学,细胞生物学,病毒与免疫学

开始日期:2017-08-11 结束日期:2017-08-14

所在城市:湖北省 宜昌市

具体地点:宜昌市宜昌馨岛国际酒店

主办单位:中国菌物学会

承办单位:华中农业大学、易菇网、三峡大学、宜昌市农业科学院

联系人:肖扬

联系电话:18995613538

E-MAIL:xiaoyang@mail.hzau.edu.cn

会议网站:<http://msc2017.csp.escience.cn/dct/page/1>

会议背景介绍: 经中国菌物学会常务理事会研究决定,中国菌物学会第七届全国会员代表大会暨 2017 年学术年会将于 2017 年 8 月 11-14 日在湖北省宜昌市召开。