国内外果蔬保鲜技术及其发展趋势

张 慜， 刘 倩
（江南大学 食品学院，江苏 无锡 214122）

摘要：作者简述了果蔬采后生理、贮藏特性以及国际上先进的果蔬保鲜技术，重点介绍了各类保鲜技术的特点与意义，并综述了目前果蔬保鲜存在的问题及今后发展的方向。

关键词：果蔬；贮藏特性；保鲜技术
中图分类号：S 37　**文献标志码**：A　**文章编号**：1673—1689(2014)08—0785—08

Study on Present Situation and Development Trends of Fruit & Vegetable Preservation in the World

ZHANG Min， *LIU Qian*
（School of Food Science and Technology，Jiangnan University，Wuxi 214122，China）

Abstract：This paper described the physiological characteristic，storage properties of the fruit and vegetable postharvest and advanced preserving technology in the world，mainly emphasized on the characteristics and significance of various types of preservation technology. Some common problems emerged during the preservation and developments in the future were discussed.

Keyword：Fruit and vegetable，storage properties，preserving technology

果蔬含有人类生活所需要的多种营养物质，但是果蔬生产存在着较强的季节性、区域性及果蔬本身具有易腐性，这同广大消费者对果蔬的多样性及淡季调节的迫切性相矛盾[1]，因此依靠先进的科学和技术，尽可能长地保持果蔬的天然品质和特性成为食品领域中一项重要的课题。作者主要论述影响果蔬贮藏质量的外界因素以及国际果蔬保鲜技术的发展状况，并分析了果蔬保鲜的发展趋势。

1 果蔬保鲜的影响因素

采收后的果蔬一直保持着鲜活状态，仍是一个生命的有机体，还会进行休眠、水分蒸发、呼吸作用等复杂的生命活动，仍维持消耗 O_2、排出 CO_2 和 C_2H_4 的新陈代谢。果蔬新陈代谢是糖酵解、三羧酸循环（TCA）和电子传递链等系列酶反应的复杂过程。这些活动都与果蔬的贮藏密切相关，影响和制约着果蔬的贮藏寿命，其中影响果蔬新陈代谢活动及贮藏效果的外界因素主要是温度、气体成份和湿度[2]。

1.1 温度

温度影响果蔬贮藏中的物理、生化及诱变反应，是决定果蔬贮藏质量的重要因素。低温可以降低果蔬的呼吸和其它一些代谢过程，减少水分子的动能，使液态水的蒸发速率降低，从而延缓衰老，保

收稿日期：2013-10-20
基金项目：国家自然科学基金项目(30972058)。
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，主要从事农产品贮藏加工方面的研究。
E-mail：min@jiangnan.edu.cn

持果蔬的新鲜与饱满。不同品种的最适贮藏温度表现出很大的差异,对于大多数果蔬来讲,在不发生冷害或冻害的前提下,采用尽可能低的温度可以促进果蔬贮藏稳定性,延长货架期。

果蔬热激处理是指采后以适宜温度处理果蔬,杀死病原菌或抑制病原菌的活动[3],改变酶活性和果蔬表面的结构特性,诱导果蔬的抗逆性,并且能够影响蛋白质合成,组织软化,叶绿素损失,呼吸和乙烯的生成,从而达到贮藏保鲜的效果。果蔬热激处理是一种较新的贮前预处理方法,无毒、无污染,可以减少果蔬腐烂,改善果蔬品质。

1.2 气体成份

植物细胞的代谢主要是氧化和还原反应,其中,氧气的利用率将决定代谢的快慢,从而影响果蔬贮藏的质量。改变周围环境中的气体组成,例如降低氧气体积分数,增加二氧化碳体积分数可以减慢新陈代谢。由于线粒体中电子传递链的末端氧化酶对氧气有很高的亲和力,因此环境中的氧气体积分数应该低于 10%;另一方面,氧气体积分数接近 2%时,会引起组织的厌氧呼吸。高二氧化碳体积分数可以抑制三羧酸循环中酶的活性,并可以降低胞液的 pH 值,从而延长果蔬的货架期[4]。对果蔬的贮藏来讲,适宜的温度、二氧化碳和氧气之间存在着拮抗和增效作用,它们之间的相互配合作用远强于某个因子的单独作用。

1.3 湿度

采后果蔬减少水分损失的能力主要依靠果蔬和周围环境中水蒸气压差以及果蔬表面及内部组织对水分蒸发作用的抗性,相对湿度表示环境空气的干湿程度, 是影响果蔬贮藏质量的重要因素,它要受到温度和空气流速的影响[5-6]。另外,贮藏中对湿度的控制,既要考虑它对贮藏质量的影响,又必须兼顾到它对微生物活动的影响。

2 国际果蔬保鲜技术的研究进展

目前,果蔬保鲜领域采用的保鲜手段主要有物理、化学和生物三大类,每一类衍生的新技术很多,各自依托不同的保鲜原理。各种保鲜手段的侧重点不同,但都是通过对保鲜品质起关键作用的三大要素进行调控:首先是控制其衰老进程,一般通过呼吸作用的控制来实现;其次控制微生物,主要通过腐败菌的控制来实现; 第三为控制内部水分蒸发,主要通过环境相对湿度的控制和细胞间水分的结构化来实现。其中较先进的保鲜技术主要有以下几种。

2.1 物理保鲜技术

2.1.1 临界低温高湿保鲜 20 世纪 80 年代, 日本北海道大学率先开展了冰温高湿保鲜研究,此后国内外研究和开发的趋势是采用临界点低温高湿贮藏(CTHH),即控制在物料冷害点温度以上 0.5~1 ℃左右和相对湿度为 90%~98%左右的环境中保鲜果蔬[7]。临界点低温高湿贮藏的保鲜作用体现在两个方面:1)果蔬在不发生冷害的前提下,采用尽量低的温度可以有效地控制果蔬在保鲜期内的呼吸强度, 使某些易腐烂的果蔬品种达到休眠状态;2)采用高相对湿度的环境可以有效降低果蔬水分蒸发,减少失重。Min Zhang 采用 CTHH 保鲜巨峰葡萄取得了良好的效果[8]。从原理上说,CTHH 既可以防止果蔬在保鲜期内的腐烂变质,又可以抑制果蔬的衰老,使一种较为理想的保鲜手段。临界低温高湿环境下结合其他保鲜方式进行基础研究是果蔬中期保鲜的一个方向。

2.1.2 臭氧气调保鲜 臭氧是一种强氧化剂,又是一种良好的消毒剂和杀菌剂,既可杀灭消除果蔬上的微生物及其分泌的毒素,又能抑制并延缓果蔬有机物的水解,从而延长果蔬贮藏期[9]。臭氧作为一种气体杀菌剂广泛应用在食品的运输和贮存、自来水生产等领域。臭氧保鲜作用体现在下面 3 个方面:1)消除并抑制乙烯的产生,从而抑制果蔬的后熟作用;2)有一定的杀菌作用,可防止果蔬的霉变腐烂;3)诱导果蔬表皮的气孔收缩,可降低果蔬的水分蒸发,减少失重。尽管臭氧对果蔬的贮藏保鲜有积极的作用,但是具有潜在的破坏性。高庆义等指出,果蔬保鲜时如果使用的臭氧浓度不当,会引起果蔬细胞损伤,使其透性增大,细胞内含物外渗,从而造成果蔬品质下降或败坏。Beckerson 研究指出,较高浓度的臭氧可提高果蔬细胞膜的相对电导率,叶绿素和类胡萝卜素也易遭受到破坏。另外,有研究指出,臭氧能促进葡萄果肉酶促褐变[10]。

2.1.3 低剂量辐射预处理保鲜 辐照(irradiation)又称辐射,是指利用电磁波射线或加速电子照射被杀菌的物料从而杀死微生物的一种杀菌技术。辐照是一种公认的安全、无任何化学变化的非热杀菌技术,在鲜切果蔬微生物控制中常用的是短波紫外线

辐照(UV-C)和γ射线辐照技术[11]。经过辐射处理的果蔬,既不会破坏外形,又能保持色、香、味及营养成分,可在常温下长期贮藏且节约能源,并无化学药剂的残留[12]。

新鲜果蔬的辐射处理选用相对低的剂量,一般小于3 kGy,否则容易使果蔬变软并损失大量的营养成分。草莓是低剂量辐射预处理保鲜中有代表性的例子,草莓以2.0~2.5 kGy剂量辐射处理,可以抑制腐败、延长货架期、并且保持原有的质构和风味。水果种类不同,其所采用的辐照剂量有所差异,柑橘类所需剂量为0.3~0.5 kGy,蔬菜处理剂量为0.05~0.15 kGy[7]。越橘可以通过低剂量辐射来达到延长货架期,越橘以0.25、0.5、0.75 kGy剂量辐射,在1 ℃条件下分别贮藏1,3,7 d,风味和质地没有受到影响[13]。近几年研究发现,辐射处理还可以防止部分鲜切果蔬褐变。Zhang和Lu等人通过γ-射线辐射处理鲜切莴苣,发现辐照不仅降低了产品中微生物的数量,同时还极大地抑制了其PPO活性。Lu在研究鲜切芹菜时,还发现辐射处理有效地保持了产品的感官品质[14]。低剂量辐射预处理保鲜可以和其它技术复合使用,例如与冷冻、漂烫等技术相接合可以减少辐射保鲜所要求的辐射剂量。

2.1.4 高静压技术保鲜 高静压技术(high hydrostatic pressure,HHP)是指将食品原料包装后密封于超高压容器中,在静高压(常用的压力范围是100~1 000 MPa)和一定的温度下加工一段时间,引起食品成分非共价键破坏或形成,使食品中的酶、蛋白质、淀粉等生物高分子物质分别失活、变性和糊化,并杀死食品中的微生物,从而达到保鲜的目的。那宇等(2007)研究了超高压杀菌在软包装榨菜中的应用,结果表明在300 MPa的压力下保持20 min,能有效地防止胀袋[15]。

HHP常与其他栅栏因子联合使用来增强其杀菌效果,例如将150 MPa的HHP与0.75 mg/mL的芸香草精油联合使用,杀菌效果与350 MPa的HHP相近[16]。但是HHP无法抑制果蔬内的褐变酶类的活性,因此采用HHP杀菌时,还应与低温贮藏或气调包装等栅栏因子相结合来控制鲜切果蔬的褐变[17]。由于高静压技术实现了常温或较低温度下杀菌和灭酶,保证了食品的营养成分和感官特性,因此被认为是一种最具有潜力和发展前景的食品加工和保藏新技术,但投入较高,严重制约着其工业化推广。

2.1.5 超声波处理保鲜技术 超声波处理主要是利用低频高能量的超声波空穴效应在液体中产生瞬间高温、高压造成温度和压力的变化,而使某些细菌致死、病毒失活。超声波杀菌能温度基本上不上升,营养损失减少,有利于保持品质。高翔等人采用超声波气泡清洗鲜切西洋芹时,发现可此方法可明显抑制产品的呼吸作用,去除80%微生物菌落,并使PPO活性一直处于较低水平,且对VC无明显的破坏作用,感官品质良好。Seymour等人发现采用超声波与氯水联合使用可减少鲜切莴苣上的鼠伤寒沙门氏菌数量,且效果显著[14]。

2.1.6 真空预冷及减压保鲜技术 真空预冷是在真空条件下,使食品中的自由水以较低的温度迅速蒸发,水蒸发吸热,从而在没有外界热源的情况下,食品自身温度降低而产生制冷效果。真空预冷不受果蔬形状限制、操作方便、能耗低、清洁、冷却速率快且均匀。然而,真空预冷失水严重,可能对果蔬品质产生影响[18]。使用真空预冷保鲜,可以比冷藏延长保鲜时间至少2~4倍,应用该技术后,最难保存的江浙杨梅第一次批量进入美国、法国、意大利和新加坡市场。减压保鲜技术能够降低果蔬的呼吸强度,并抑制乙烯、二氧化碳、乙醛、乙醇的生物合成,从而可以达到延长果蔬货架期的效果[7]。胡欣等(2012)研究发现将果蔬原材料经减压冷藏处理(压力范围600~3 200 Pa),再清洗切割加工成鲜切产品,可比普通冷藏有效减缓山药、土豆和苹果等鲜切产品的褐变;明显减少鲜切花王菜、鸡毛菜和空心菜的萎蔫、黄叶与腐烂,保持鲜切绿叶菜的新鲜品质;切割前减压冷藏结合真空预冷.可大大减轻鲜切西兰花的黄化、萎蔫、花粒变大、脱落及切面的褐变与腐烂,显著延长鲜切果蔬的冷藏货架期及冷链断链保鲜期[19]。

真空预冷及减压贮藏对果蔬原料无污染及残留,是一种理想的安全保鲜手段。将真空预冷和减压保鲜联用,保鲜效果进一步提升。李文香对水蜜桃和绿芦笋进行不同过程的真空预冷后,进行三阶段减压贮藏保鲜试验,在贮藏初期绝对压力较低,可以达到快速降温和减少田间热的目的;贮藏中期采用中度真空度,减少乙烯积累和水分散失;贮藏后期,进一步提高绝对压力,进一步减少失水并恢复果蔬的鲜味状态和风味物质。这种分阶段减压贮

藏工艺,能明显抑制果实呼吸强度、膜透性的增加,减缓果实相关生理指标的变化,而且能很好的控制普通减压贮藏的失水严重和风味减少的问题,明显提升保鲜效果[7]。

2.1.7 气调保鲜 果蔬气调保鲜技术,是指果蔬采摘后,利用气调库或其他气调贮藏方式,通过控制或自发调节贮藏环境的温度、相对湿度和气体环境的方式,抑制果蔬呼吸作用,减缓衰老进程,保持果蔬新鲜状态同时能保证其正常后熟的技术[20-21]。根据对已经建立起来的环境气体是否具有再调整作用,气调保鲜又分为 CAP (Controlled Atmosphere Package)和 MAP(Modified Atmosphere Package)两种形式,CAP 是在气调贮藏期间,选用的调节气体的浓度一直保持恒定;MAP 是最初在气调系统中建立起预定的调节气体浓度,在随后的贮藏期间不再受到人为调整。MAP 技术从果蔬腐烂的呼吸机理出发,通过抑制呼吸作用的快速进行以及抑制内源乙烯的产生,从而达到保鲜的目的。MAP 能延长食品货架期已为世人认可多年,作为无公害保鲜手段,在国际上倍受注目。在国外,低氧 CA(controlled atmosphere)技术或超低氧贮藏是果蔬采后 CA 应用技术的新突破。

现代消费者对产品新鲜方便以及有益健康的要求,将会进一步拓宽 MAP 的应用范围,但是目前 MAP 技术还存在安全性及成本问题[22],今后的研究工作将从以下几个方面展开:系统性完成对不同品种果蔬最佳气体环境的选择;获取更多有关果蔬与气体成份之间相互作用的数据;开发更有效的计算机软件来帮助选择不同参数条件下(温度、湿度等)产品最合适的包装材料;采用改进的 MAP 体系或抑制微生物生长的新技术来控制 MAP 体系中的微生物危害;开发一种可以通过改变其渗透性,从而抵消外界温度波动的包装膜;研究环境更加友好(可生物降解)的,具有可食用性、物理性保护、功能性 MAP 包装体系,解决 MAP 技术对环境的污染及成本消耗问题;另外,对 MAP 体系进行持续的基础性生理学和微生物学的研究将会有助于以上问题的解决。

2.1.8 细胞膨压调控保鲜 通过温度、相对湿度、表面控制程度、通风气流速度等有关的热动力学特性调控技术以及相应的组织膨压变化的测试技术,可维持果蔬细胞膨压的完好,实现其质构的调控保鲜。比利时鲁汶大学率先进行苹果、梨的组织膨压调控保鲜,取得了较好的中长期保鲜效果。

2.2 化学保鲜技术

2.2.1 细胞间水结构化气调保鲜 结构化水技术是指利用一些非极性分子(如:某些惰性气体)在一定的温度和压力条件下,与游离水结合而形成笼形水合物结构的技术[23]。通过结构化水技术可使果蔬组织细胞间水分参与形成结构化水,使整个体系中的溶液粘度升高,从而产生下面两个效应:1)酶促反应速率将会减慢,可望实现对有机体生理活动的控制;2)果蔬水分蒸发过程受抑制。这为植物的短期保鲜贮藏提供了一种全新的原理和方法[24]。日本东京大学学者在用氙气制备甘蓝、花卉的结构化水,以及对其保鲜工艺进行了探索,获得了较为满意的保鲜效果[24-25],但使用高纯度氙气成本太高,研究者往往通过惰性气体的混合加压来另寻其保鲜机理,以降低其成本。

2.2.2 可食用膜保鲜 可食用膜保鲜指通过包裹、浸渍、涂布、喷洒等形式覆盖于食品表面(或内部)的一层由可食性物质组成的薄层[26],提供选择性的阻气、阻湿、阻内容物散失及隔阻外界环境的有害影响、抑制呼吸,延缓后熟衰老,抑制表面微生物的生长,提高贮藏质量等多种功能,从而达到食品保鲜的目的。可食性保鲜膜具有保鲜效果好、使用方便、实用性好等特点,且制作工艺简单、成本低、易降解、对环境不产生污染,是一种极具开发潜势的食品包装材料[27]。

目前,广泛应用于果蔬保鲜的涂膜材料有糖类,蛋白质,多糖类蔗糖脂,聚乙烯醇,单甘脂以及多糖、蛋白质和脂类组成的复合膜。

美国一项专利技术(6162475)中介绍把平均相对分子质量为 2 000~80 000 的乙酸聚乙烯溶解在低相对分子质量的酒精溶液中,可以作为果蔬的可食性涂膜剂,能够有效地阻止氧气和其它一些气体,可用于苹果、柑橘、桃子、芒果、李子的保鲜。日本专利 JP4094641 还报道了利用一种吸水剂和一种乙烯吸收剂长期涂膜保鲜的方法。美国专利 US6005100 报道了利用海藻糖延长果蔬货架期的特殊应用。英国专利GB435587 应用虫胶和酒精来对苹果、西红柿和其他果蔬进行涂膜保鲜;最近美国专利 US7012456 报道了茉莉酸甲酯在果蔬保鲜领域中的应用,但其确切的机理并未阐明;中国专利

CN 93111631.7 利用单宁和其他化合物配制成了一种果蔬保鲜剂;中国专利 CN 98109042 开发了一种油脂复合物抗氧化的保鲜剂。

但是可食用膜保鲜也存在着一些问题,多糖亲水性强,导致膜的阻湿性能差,在较高的湿度环境下容易吸潮发黏;蛋白质膜具有很强的亲水性,抗水能力差,在高湿条件下应用受到限制,这无疑说明复合膜改善单一膜的特性是当前的发展趋势,如多糖-脂类膜、蛋白质-脂类膜等,通过调节膜中多糖、蛋白、脂类的比例可以有选择性地调节膜的透水性、机械强度、阻气性、抗水性等[26],从而适应不同果蔬的需要。

2.2.3 纳米保鲜技术 纳米材料是指结构中至少有一个相在一个维度上呈纳米级(约 1~100 nm)大小的材料,粒径在 101~109 nm 范围的粒子称为准纳米粒子[28]。纳米银作为无机抗菌剂既具有纳米材料独特的性能又具有银特有的抗菌、催化等特性,比普通银更具有抗菌效果[29]。张慜等(2003)研究发现准纳米银对蔬菜汁具有防腐保鲜的功效[30]。

纳米氧化锌是继纳米银之后出现的新型抑菌剂,以其优异的抗菌性能成为开发研究的热点[31]。纳米 ZnO 对于很多微生物的生长都有抑制作用,例如革兰氏阴性菌和阳性菌甚至是耐高温高压的孢子,研究发现,纳米锌对金黄色葡萄球菌以及大肠杆菌的抑制作用尤其突出[28-33]。Aryou Emamifar(2011)研究了含有纳米银和纳米氧化锌的 LDPE 膜纳米包装材料对接种在橙汁中的植物乳杆菌的抑菌效果。结果表明,使用这种纳米复合包装材料,微生物的生长率显著减少[34]。

2.3 生物保鲜技术

生物保鲜技术是近年发展起来的具有广阔前途的贮藏保鲜方法[2],具有贮藏环境小,贮藏条件易控制,处理费用低,污染小等优点。总体可分为 3 类:一是利用拮抗菌来保鲜。二是利用天然提取物质及仿生保鲜剂进行保鲜处理。三是利用基因工程将果蔬采前与采后相结合的保鲜技术[7]。

2.3.1 生物拮抗菌 拮抗菌是一类能够与病原菌互相抵制、互相排斥、甚至互相残杀的微生物种群[35]。在天然生物防腐剂中,微生物防腐剂主要以农产品为原料,利用发酵等生物技术制备而成,已成为果蔬防腐剂研究、应用和发展的一个重要方面。理想的生物拮抗菌应该具有广谱、高效、方便、安全性等特点,对果蔬不会造成异味和变色,来源丰富,价格低廉,稳定性好。采用复合技术可增强防腐剂对食品中污染菌的抑制性,同其它抗菌素配合,利用配料中各个组分的互补、增效作用,可以获得满意的抑菌和杀菌效果[36]。杨霞等(2012)以鲜切莲藕为研究对象,用 0.5%柠檬酸和 250 mg/kg Nisin 混合溶液对鲜切莲藕进行处理,保鲜效果较好[37]。裴炜等(2012)将生物保鲜剂 R-多糖应用于荔枝贮藏中,研究发现 R-多糖可以显著抑制荔枝发生褐变,提高荔枝好果率,尤其是 3%R 处理的荔枝在 3~5 ℃冷库中贮藏 21 d,好果率达 77.61%[38]。

2.3.2 植物源防腐剂 植物源防腐剂是以植物的根、茎、叶、果和花蕾等为基料提取出来的具有良好抗菌性成分的液态或半固态混合物。植物源防腐剂在人体消化道内可降解,不影响消化道菌群和药用抗菌素的使用[39-40],而且安全无毒,具有一定的生理活性。因此,植物源防腐剂在食品保鲜中具有重要的应用前景[41]。目前已开发利用的数十种植物源天然食品防腐剂,大部分仍然是植物的粗提物或浸提液,针对其有效抗菌成分的研究刚刚起步,还不清楚具体起作用的是何种物质。此外,关于不同种植物源天然食品防腐剂的协同增效作用研究还显著滞后于其开发利用的进展,造成现已开发的防腐剂不能充分合理利用,难以发挥最大的功效[42]。

Wen-Tao Xu 等(2009)发现葡萄籽提取物能降低果实呼吸速率和乙烯释放速率,增加超氧化物歧化酶、过氧化物酶和过氧化氢酶的活性,降低多酚氧化酶的活性,同时减少丙二醛的积累和细胞膜透性,从而延长果实的贮藏期[43]。王永刚等(2011)将丁香等 8 种植物源天然抑菌剂,采用试管两倍稀释抑菌试验法测定其对大肠杆菌、金黄色葡萄球菌、白假丝酵母、总状毛霉的最低抑菌浓度。结果表明,大青叶为丁香等 8 种供试植物源天然抑菌剂中抑菌浓度最低的天然防腐剂,也就是其中抑菌效果最好的防腐剂[44]。

2.3.3 基因工程技术保鲜 这项技术主要通过减少果蔬生理成熟期内源乙烯的生成以及延缓果蔬在后期成熟过程中的软化来达到保鲜的目的。苹果、桃子、香蕉、番茄等有呼吸高峰期的果蔬在成熟过程中会自动促进乙烯的释放。目前,日本科学家已找到产生乙烯的基因,如果关闭这种基因,就可减慢乙烯释放的速度,从而延缓果实的成熟,达到

果蔬在室温下延长货架期的目的。1995 年,一些学者培育出一种抑制 ACC 合成酶的转基因番茄(Fresh World Farm Endless Summer),其货架期延长了 30~40 d[45]。新加坡国立大学的研究人员已经成功地修改了植物体内产生乙烯气体的基因。新加坡国立大学生物学副教授恩格研究表明:基因被修改后,果蔬只产生通常状态下 10%的乙烯气体。

延缓果蔬的软化可以通过抑制聚半乳糖醛酸酶、果胶酶等降解组织细胞完整性的酶基因来实现。因此利用 DNA 的重组和操作技术来修饰遗传信息,或用反义 DNA 技术来抑制成熟基因,可以推迟果蔬成熟衰老,延长保鲜期。目前,已经阐明编码细胞壁水解酶(如 PG 酶与纤维素酶)的基因表达,这些酶在调节细胞壁的结构方面发挥了重要的作用[46]。美国的科学家将多聚半乳糖醛酸酶(简称 PG 酶)基因的反义基因导入番茄,使 PG 酶基冈产生的 mRNA 与反义 RNA 结合,而不能编码正常的 PG 酶,番茄成熟变软的问题也就迎刃而解了。

3 展 望

国内外关于果蔬保鲜领域中保鲜剂、保鲜膜、保鲜包装的研究较多,而且研究方向逐渐向材料学、食品化学、有机化学、遗传生物学、机械工程学等诸多领域发展。保鲜方法正在由单一原理研究向复合方向研究发展,如:冷藏、MAP、绿色防腐剂、低剂量辐射预处理保鲜及紫外线保鲜、基因工程等各种保鲜技术的复合研究和应用是国际保鲜的流行趋势。另外,今后的研究工作中,人们将更注重于除了新鲜度之外的果蔬风味、品质等质量参数的保留,从而建立评估果蔬贮藏新鲜度、成熟度、是否有损伤、风味、口感、色泽、安全性等综合质量的保证体系,相信不断发展的科学技术一定可以常年提供新鲜、安全、高质量、品种多样的果蔬。

参考文献:

[1] 单杨. 中国果蔬加工产业现状及发展战略思考[J]. 中国食品学报,2010(1):1-9.
SHAN Yang. Present situation and development strategy of fruit and vegetable processing industry in China [J]. **Journal of Chinese Institute of Food Science and Technology**,2010(1):1-9.(in Chinese)

[2] 廖妍俨. 生物保鲜技术在果蔬贮藏保鲜中的应用[J]. 贵州化工,2012,37(4):27-30.
LIAO Yanyan. Application of biological technology on fruit and vegetable preservation [J]. **Guizhou Chemical Industry**, 2012,37(4):27-30.(in Chinese)

[3] 励建荣. 生鲜食品保鲜技术研究进展[J]. 中国食品学报,2010,10(3):1-9.
LI Jianrong. Research progress of fresh-keeping technique for fresh food[J]. **Journal of Chinese Institute of Food Science and Technology**,2010,10(3):1-9.(in Chinese)

[4] Nanos G D,Romani J. Respiratory metabolism of pear fruit and cultured cells exposed to hypocic atmospheres:Associated change in activities of key enzymes[J]. J Amer Soc Hort Sci,1994,119(2):288-294.

[5] 朱丹实,刘贺,李颖畅,等. 浅析环境条件对鲜食葡萄采后贮藏品质的影响[J]. 食品科学,2011,32(增刊):191-194.
ZHU Danshi,LIU He,LI Yingchang et al. Effects of ambient conditions on preservation of postharvest table grape [J]. **Food Science**,2011,32(S1):191-194.(in Chinese)

[6] Zhang M,Chen D W. Effects of low temperature soaking on color and texture of green eggplants [J]. **Journal of Food Engineering**,2006,74(1):54-59.

[7] 励建荣,朱丹实. 果蔬保鲜新技术研究进展[J]. 专题综述,2012,31(4):337-342.
LI Jianrong,ZHU Danshi. Research progress of new postharvest technology on fruits and vegetables [J]. **Thematic Review**, 2012,31(4):337-342.(in Chinese)

[8] Min Zhang,Qian Tao,Yanjun Huan et al. Effect of temperature control and high humidity on the preservation of JUFENG grapes [J]. **Int Agro physics**,2002,16:277-281.

[9] 张亚波,郭志军,权伍荣. 果蔬贮藏保鲜技术的研究现状和发展趋势[J]. 延边大学农学学报,2009,31(1):71-77.
ZHANG Yabo,GUO Zhijun,QUAN Wurong. Research present situation and trend of development of fruits and vegetables store and maintaining freshness[J]. **Journal of Agricultural Science Yanbian University**,2009,31(1):71-77.(in Chinese)

[10] 李勤,张萌萌,蒋国玲,等. 臭氧在果蔬贮藏保鲜中的应用研究综述[J]. 中国南方果树,2011,40(5):29-32.

LI Qin,ZHANG Mengmeng,JIANG Guoling,et al. Research and application of ozone in post-harvest storage of fruits and vegetables[J]. **South China Fruits**,2011,40(5):29-32.(in Chinese)

[11] 陈晨,胡文忠,姜爱丽,等. 栅栏技术在鲜切果蔬中的应用研究进展[J]. 食品科学,2013,34(11):338-344.
CHEN Chen,HU Wenzhong,JIANG Aili,et al. Application of hurdle technology in fresh-cut fruits and vegetables [J]. **Food Science**,2013,34(11):338-344.(in Chinese)

[12] 包东东,张燕. 浅谈果蔬贮藏保鲜技术的研究现状与展望[J]. 科技创新与应用,2012,6:4-5.
BAO Dongdong,ZHANG Yan. Research status and prospects of fruits and vegetables preservation[J]. **Technological Innovation and Application**,2012,6:4-5.(in Chinese)

[13] Miller W R. Low-dose electron beam irradiation[J]. **Proc Fla State Hort Soc**,1995,82:108-291.

[14] 杨炳南,刘斌,杨延辰,等. 国内外果蔬鲜切加工及保鲜技术研究现状[J]. 农产品加工学刊,2011,259(10):36-41.
YANG Bingnan,LIU Bin,YANG Yanchen,et al. Fresh-cut processing preservation technology [J]. **Academic Periodical of Farm Products Processing**,2011,259(10):36-41.(in Chinese)

[15] 那宇. 软包装榨菜的超高压杀菌研究[D]. 杭州:浙江大学,2007.

[16] Kova K,Diez-valcarce M,Hernandez M,et al. High hydrostatic pressure as emergent technology for the elimination of food borne viruses[J]. **Trends in Food Science & Technology**,2010,21:558-568.

[17] Terefe N S,Matthies K,Simons L,et al. Combined high pressure-mild temperature processing for optimal retention of physical and nutritional quality of strawberries[J]. **Innovative Food Science and Emerging Technologies**,2009,10:297-307.

[18] 吕盛坪,吕恩利,陆华忠,等. 果蔬预冷技术研究现状与发展趋势[J]. 广东农业科学,2013,8:101-104.
LU Shengping,LU Enli,LU Huazhong,et al. Research status and development trends of precooling techniques for fruits and vegetables[J]. **Guangdong Agricultural Sciences**,2013,8:101-104.(in Chinese)

[19] 胡欣,张长峰,郑先章. 减压冷藏技术对鲜切果蔬保鲜效果的研究[J]. 保鲜与加工,2012,12(6):17-20.
HU Xin,ZHANG Changfengz,ZHENG Xianzhang. Effects of hypobaric cold storage technology on preservation of fresh-cut fruits and vegetables[J]. **Storage and Process**,2012,12(6):17-20.(in Chinese)

[20] 陈永春. 果蔬采后气调保鲜技术[J]. 工程实践,2012,9(3):58-59.
CHEN Yongchun. Atmosphere packaging of fruits and vegetables postharvest [J]. **Engineering Practice**,2012,9 (3):58-59.(in Chinese)

[21] 李丙志. 浅谈气调贮藏方法在果蔬保鲜上的应用[J]. 现代园艺,2012,14:32-33.
LI Bingzhi. Study on the method of atmosphere packaging on the application of the fresh fruits and vegetables [J]. **Modern Gardening**,2012,14:32-33.(in Chinese)

[22] 周颖军. 气调保鲜技术在果蔬贮藏中的研究现状和发展趋势[J]. 现代园艺,2012,24:6-7.
ZHOU Yingjun. Research present situation and development trends of fruits and vegetables atmosphere packaging [J]. **Modern Gardening**,2012,24:6-7.(in Chinese)

[23] Tanaka H. Hydrophobic hydration of inert gases:thermodynamic properties,inherent structures and normal-mode analysis[J]. **The Journal of Physical Chemistry A**,1995(5):3719-3727.

[24] 张憨. 易腐生鲜食品保鲜学理论和实践[M]. 北京:中国农业出版社,2007.

[25] Oshita S. Relaxation time of protons in intracellular water of broccoli [J]. **Agricultural Engineering International:CIGR Ejournal**,2000(6):921-926.

[26] 孔硕,袁唯,余铭. 可食性膜在果蔬贮藏保鲜中的应用[J]. 中国食品添加剂,2012,4:174-176.
KONG Shou,YUAN Wei,YU Ming. Application of edible films in fresh fruit and vegetable [J]. **China Food Additives**,2012,4:174-176.(in Chinese)

[27] 马青青,曹锦轩,周光宏. 功能性可食用膜在生鲜肉和肉制品保鲜中的应用研究进展[J]. 食品科学,2012,33(7):331-335.
MA Qingqing,CAO Jinxuan,ZHOU Guanghong. Recent advances in functional edible coating film and its applications in preservation of fresh meat and meat products[J]. **Food Science**,2012,33(7):331-335.(in Chinese)

[28] Li X. Effect of nano-ZnO-coated active packaging on quality of fresh-cut 'Fuji' apple [J]. **International Journal of Food Science & Technology**,2011,46(9):1947-1955.

[29] 张憨,陈慧芝. 纳米银在食品贮藏加工中应用的研究进展[J]. 食品与生物技术学报,2012,4:365-372.

ZHANG Min,CHEN Huizhi. Research progress of application of nano-silver in food storage and processing[J]. **Journal of Food Science and Biotechnology**,2012(4):365-372. (in Chinese)

[30] 张憋,段振华,单薇. 准纳米银对蔬菜汁保鲜的效果[J]. 无锡轻工大学学报,2003,22(2):63-66.
ZHANG Min,DUAN Zhenhua,SHAN Wei. Study on preservation effect of vegetable juice with quasi-nanoscale silver[J]. **Journal of Wuxi University of Light Industry**,2003,22(2):63-66.(in Chinese)

[31] Emamifar A. Evaluation of nanocomposite packaging containing Ag and ZnO on shelf life of fresh orange juice [J]. **Innovative Food Science & Emerging Technologies**,2010,11(4):742-748.

[32] Jones N. Antibacterial activity of ZnO nanoparticle suspensions on a broad spectrum of microorganisms [J]. **FEMS Microbiology Letter**,2008,279(1):71-86.

[33] Li X. Antimicrobial activities of ZnO powder-coated PVC film to inactivate food pathogens [J]. **International Journal of Food Science & Technology**,2009,44(11):2161-2168.

[34] Emamifar A. Effect of nano-composite packaging containing Ag and ZnO on inactivation of *Lactobacillus plantarum* in orange juice[J]. **Food Control**,2011,22(3):408-413.

[35] 贾丽苑,贾雨,黄建新. 拮抗菌应用于微生物杀菌剂的研究现状及展望[J]. 安徽农学通报,2012,8(10):49-53.
JIA Liyuan,JIA Yu,HUANG Jianxin. The application of antagonistic bacterium to microbial fungicides[J]. **Anhui Agri Sci Bull**,2012,8(10):49-53.(in Chinese)

[36] 李唯,雷逢超,马月,等. 生物拮抗菌在果蔬贮藏保鲜中的应用[J]. 陕西农业科学,2012,4:116-119.
LI Wei,LEI Fengchao,MA Yue,et al. Biological antagonistic bacteria in fruit and vegetable storage preservation [J]. **Shanxi Journal of Agricultural Sciences**,2012,4:116-119.(in Chinese)

[37] 杨霞,王大平. 天然生物保鲜剂 Nisin 不同处理对鲜切莲藕的保鲜效果[J]. 贵州农业科学,2012,40(12):178-180.
YANG Xia,WANG Daping. Effects of natural biological preservative on preservation of fresh cut Lotus Roots [J]. **Guizhou Agricultural Sciences**,2012,40(12):178-180.(in Chinese)

[38] 裴炜,尹京苑,李标,等. 生物保鲜剂 R-多糖低温保鲜荔枝的研究[J]. 中国食品学报,2012,12(5):121-130.
PEI Wei,YIN Jingyuan,LI Biao,et al. Study on the storage of Litchi with biological preservative R-polysaccharide at low temperature[J]. **Journal of Chinese Institute of Food Science and Technology**,2012,12(5):121-130.(in Chinese)

[39] 曾荣,张阿珊,陈金印. 植物源防腐剂在果蔬保鲜中应用研究进展[J]. 中国食品学报,2011,11(4):161-168.
ZENG Rong,ZHANG Ashan,CHEN Jinyin. Research advances on application of natural plant anfimicrobials to fresh-keeping of fruits and vegetables[J]. **Journal of Chinese Institute of Food Science and Technology**,2011,11(4):161-168.(in Chinese)

[40] 毕文成,胡静,肖作兵. 植物源防腐剂的研究现状及发展趋势[J]. 食品工业,2013,34(5):174-176.
BI Wencheng,HU Jing,XIAO Zuobing. The research status and the development trend of botanical preservatives [J]. **Food Industry**,2013,34(5):174-176.(in Chinese)

[41] 石立三,吴清平,吴慧清,等. 我国食品防腐剂应用状况及未来发展趋势[J]. 食品研究与开发,2008,29(3):157-161.
SHI Lisan,WU Qingping,WU Huiqing,et al. Present situation and trend of development on food preservations in China[J]. **Food Research and Development**,2008,29(3):157-161.(in Chinese)

[42] 刘泽鑫. 植物源天然食品防腐剂的研究进展及前景[J]. 吕梁学院学报,2013,3(2):40-43.
LIU Zexin. The research status and the development trend of botanical preservatives[J]. **Journal of Lvliang University**,2013,3(2):40-43.(in Chinese)

[43] XU Wentao,PENG Xiaoli,LUO Yunbo,et al. Physiological and biochemical responses of grapefruit seed extract dip on 'Redglobe' grape[J]. **Food Science and Technology**,2009,42:471-476.

[44] 王永刚,王长明. 丁香等 8 种植物源天然制剂抑菌性能研究[J]. 畜牧与饲料科学,2011,32(7):8-9.
WANG Yonggang,WANG Changruing. Study oil the baeteriostatic properties of eight botanical natural preparation such as syringa vulgaris[J]. **Animal Husbandry and Feed Science**,2011,32(7):8-9.(in Chinese)

[45] Robert L,Shewfelt. Fuit and vegetable quality[M]. Pennsylvani:Technomic Publishing Company,2000.