

食品保鲜剂研究进展

谢海伟, 吴琳芝, 黄欲菲, 吴思婷, 陈佳茹, 区嘉朗 (惠州学院生命科学学院, 广东惠州 516007)

摘要 食品安全一直是人们关注的焦点, 对食品保鲜剂需求在日益增长, 人们对食品保鲜剂的研究进展更加重视。为了探索食品保鲜剂研究现状及应用前景, 重点介绍了目前食品保鲜剂在食品保鲜中的应用类型, 总结了物理保鲜, 化学保鲜, 生物保鲜以及复合保鲜剂各自的应用范围和特点; 介绍各种食品保鲜剂的保鲜作用机理及存在问题, 总结各类保鲜剂在抑菌, 抗氧化, 抑制酶活, 防止水分流失方面的作用机理以及相应的应用范围; 介绍各种食品保鲜剂在食品工业中应用价值及在实际应用中存在问题, 并提出相应改进措施。食品保鲜剂可以保持食品的新鲜度, 感官品质, 提高食品的储藏特性, 保持食品的质量品质, 提升食品价值。开发新型环保食品保鲜剂, 将能提升整个食品行业价值, 绿色环保型复合保鲜剂将是未来发展的趋势。

关键词 食品安全; 食品保鲜剂; 保鲜机理; 应用

中图分类号 TS 202.3 **文献标识码** A

文章编号 0517-6611(2019)15-0013-05

doi: 10.3969/j.issn.0517-6611.2019.15.004



开放科学(资源服务)标识码(OSID):

Research Progress of Food Preservatives

XIE Hai-wei, WU Lin-zhi, HUANG Yu-fei et al (School of Life Science, Huizhou University, Huizhou, Guangdong 516007)

Abstract Food safety has always been the focus of attention. The demand for food preservatives is increasing. People pay more attention to the research progress of food preservatives. In order to explore the research status and application prospects of food preservatives, this paper focuses on the application types of food preservatives in food preservation. This paper mainly introduces the application types of food preservatives in food preservation. The application scope and characteristics of physical, chemical, biological and compound preservatives were summarized. The fresh-keeping mechanism and problems of various food preservatives were introduced. The mechanism and application scope of various preservatives in bacteriostasis, antioxidation, inhibition of enzyme activity and prevention of water loss were summarized. The application value and problems of various food preservatives in practical application were summarized. Finally, the corresponding improvement measures are put forward. Food preservatives can maintain food freshness, sensory quality, improve food storage characteristics, maintain food quality and enhance food value. The development of new environmental protection food preservatives will enhance the value of the whole food industry, and green environmental protection compound preservatives will be the trend of future development.

Key words Food safety; Food preservative; Preservation mechanism; Application

食品安全已成为全球关注的公共卫生问题, 食源性致病细菌对人类健康带来严重危害, 是食品安全的严重隐患。低温保藏是最主要的食品保鲜技术, 低温可以控制食品腐败菌、致病菌的生长和繁殖, 延长食品保质期。但仍然有部分嗜冷菌, 如单增李斯特菌, 荧光假单胞菌, 在整个冷链、冷藏条件下会生长繁殖甚至产生毒素, 引发食品安全性问题。因此, 寻求绿色的生物复合保鲜剂, 控制其在冷藏食品中的生长、存活, 对食品安全和产业发展具有重要意义。食品保鲜剂是食品加工、贮存和运输过程中不可缺少的添加剂, 其要求是无毒、少残留、高效等。由食品腐败致病的微生物引起的食源性疾病是引起食品安全问题的一个重要方面。蔬菜、水果、鱼类等运输过程中, 为保持其新鲜度, 防止食品腐败变质, 一般采用干燥、冷藏、冷冻、密封真空保存等方法。但这些方法却存在保鲜效果不理想与保鲜成本太过昂贵问题。因此, 目前食品产业链迫切需要开发出高效、成本低廉、应用性广、安全无毒可食用的绿色环保的生物保鲜剂。笔者综述了食品防腐保鲜剂的类型, 物理、化学、生物、复合保鲜剂等保鲜剂及其作用机理、应用及发展趋势, 并简单介绍了几种新型食品防腐保鲜剂应用前景。

基金项目 国家级大学生创新创业训练计划项目(201810577007); 广东省高校特色创新项目(2017KTSCX172); 博士、教授科研启动项目(928030025); 广东省级大学生创新创业训练计划项目(201810577053)。

作者简介 谢海伟(1978—), 男, 吉林桦甸人, 教授, 博士, 从事食品酶学、微生物、食品安全方面研究。

收稿日期 2019-03-13

1 食品保鲜剂的类型

食品腐败后理化性质和食品感官发生了改变, 这会使食物本身的营养价值降低。而食用这些变质食品会使人产生厌恶的感觉, 而且这些变质食品还可能会产生毒素, 引起食用者中毒。食品保鲜剂按性质可将其分为 4 大类, 分别为物理保鲜、化学保鲜、生物保鲜、复合保鲜。

1.1 物理保鲜 物理保鲜就是采用一些物理手段防止食物、食品等变质的一种方式。常用方法有气调保鲜法、辐射保鲜法、纳米保鲜法、低温贮藏保鲜法、超高压等离子体技术保鲜, 微波保鲜等, 如 Bahar 等^[1]通过控制 O₂、CO₂ 浓度以及贮藏温度使果蔬的呼吸作用得到很好的抑制, 显著降低无花果果实软化和腐烂现象, 延长果蔬的保藏时间。Esua 等^[2]采用紫外线-c 辐射和超声结合非热处理新技术, 处理采后番茄, 使其番茄红素, 总酚、维生素 c 得到提高。表明紫外线-c 辐射和超声结合技术可用于提高储存期间的生物活性化合物和抗氧化活性。Liu 等^[3]研究用超高压等离子体技术进行水果蔬菜保鲜, 研究表明, 与目前使用的常规方法相比, 用超高压等离子体技术保存新鲜水果的时间要长得多, 而且表面不增加细菌或霉菌。

1.2 化学保鲜 化学保鲜就是利用化学药物来延缓食品腐败程度, 以达到保持食品新鲜的方法。如传统的化学保鲜方式, 如醋藏、盐藏、糖藏和烟熏等。现代化学保鲜方式十分繁多, 如脱氧保鲜、抗氧保鲜、延熟保鲜、灭菌保鲜、涂膜保鲜等。农产品常被施加化学保鲜剂, 使其内部病原微生物得到

抑制或被杀死,以达到保鲜效果。化学保鲜技术虽然保鲜效果显著,但是其中的化学药品会影响人体健康,若服用过量的使用化学保鲜的食品,甚至可能导致人体患癌症或致畸,所以在食品保鲜须谨慎使用化学保鲜。按照保鲜机理又分为防腐剂,抗氧化剂,保湿剂等。如常见化学食品防腐剂有苯甲酸、苯甲酸钠、山梨酸、山梨酸钾、丙酸钙、脱氢乙酸钠、双乙酸钠、乳酸钠;化学合成抗氧化剂包括没食子酸酯、三羟基苯丁酮(THBP)、丁基羟基茴香醚(BHA)、二丁基羟基甲苯(BHT)、特丁基对苯二酚(TBHQ)等。

1.3 生物保鲜 生物保鲜剂是从动植物或微生物中提取出来的天然物质或通过生物工程的改造来获取的保鲜剂。按照化学结构可以分为:多糖类保鲜剂,如壳聚糖,甘露聚糖等具有抑菌,成膜性材料;多酚类化合物;黄酮类化合物;植酸;溶菌酶类;生物保鲜物质来源于微生物自身的成分或分泌的物质,相比于物理保鲜的高成本以及化学保鲜的毒害性,生物保鲜的优势在于无毒安全、易被降解等。如 Nisin 由乳酸链球菌发酵而得到的多肽类物质,能抑制大多数革兰氏阳性菌(如李斯特菌、金黄色葡萄球菌等)的生长,并对芽孢杆菌具有强烈的抑制作用,故 Nisin 被广泛运用于食品保鲜行业,尤其是肉制品的保鲜^[4]。Hu 等^[5]对壳聚糖诱导细胞死亡和损伤机制、成膜性,以及壳聚糖对食品安全和质量的影响进行分析,进而评价壳聚糖作为食品保鲜剂的局限性和应用前景。Mokhtaria 等^[6]研究表明蜂胶提取物中多酚类和黄酮类化合物起到抗氧化能力,可用于果蔬保鲜。

1.4 复合保鲜 复合保鲜是指利用两种或两种以上的方法防止食物、食品等变质的一种方式,以保证食物、食品等物质的鲜度。例如拮抗酵母菌复合技术,即通过拮抗酵母菌与添加剂(或诱导剂)同时作用,不仅能减少拮抗酵母菌的用量,还能减少添加剂(或诱导剂)在食物上的残留问题,具有高安全性、广谱抗菌、保鲜效果显著等特点,在果蔬保鲜上运用广泛^[7]。Lee 等^[8]制备含有 nisin 的壳聚糖复合保鲜剂,并评价其对橙汁中食源性病原体的作用,结果表明壳聚糖-nisin 纳米颗粒对革兰氏阳性细菌金黄色葡萄球菌和李斯特氏单细胞基因及革兰氏阴性细菌大肠杆菌 O157 和沙门氏菌的体外抗菌作用。研究表明,ncs 纳米颗粒在食品及其他相关领域有很大的应用潜力。Wu 等^[9]采用壳聚糖和溶菌酶制成涂层,验证对大型黄花鱼品质的保存效果,结果表明聚糖和溶菌酶复合保鲜剂在抑制微生物生长、脂质氧化和保持鱼类感官质量方面具有较高的效率。Shahbazi 等^[10]研究羧基甲基纤维素和壳聚糖包埋石竹精油制成复合保鲜剂可用于新鲜草莓保鲜,能有效抑制单增李斯特菌繁殖。Liu 等^[11]研究 ϵ -聚赖氨酸(ϵ -PL)和乳酸链球菌素(nisin)的联合作用的抑菌机理,表明 ϵ -PL 和 nisin 联合处理对细菌细胞形态有协同损伤作用;可协同提高细菌细胞膜的通透性,可以协同作用细胞内 DNA。

2 食品保鲜剂保鲜机理研究

2.1 抑制腐败微生物生长 部分食品保鲜剂可以抑制腐败微生物生长繁殖,甚至杀死微生物以达到对食品保鲜的效

果。作用机理主要通过以下几个方面:①自身含有抗菌活性物质,损害食品中有害微生物的细胞结构。大部分细菌的细胞壁是由肽聚糖组成的,而溶菌酶可以水解这类肽聚糖,最终导致细菌发生自溶性死亡^[12]。②保鲜剂扰乱食品中有害微生物的正常生理功能。Nisin 可以阻断一部分有害微生物细胞壁或细胞膜正常合成过程,破坏细胞壁生物合成并促进孔形成,最终导致微生物破裂死亡^[13]。SlpB 是从乳杆菌中分离出来的一种表面层蛋白,具有增强乳链菌肽抗菌活性的潜力。研究表明,SlpB 与 nisin 联合使用时,能协同抑制腐生葡萄球菌的生长,从而延长鸡肉的货架期。Damania 等^[14]研究表明,是由链球菌、儿茶球菌、乳酸杆菌等产生的细菌素可以用来抑制相似或密切相关的细菌的生长;与有害微生物具有竞争作用,限制微生物的生长繁殖。

2.2 抑制酶活性 酶促褐变是植物中的酚类物质在酚酶及过氧化物酶的催化作用下氧化成醌类物质,积聚形成黑褐色高聚物,造成食品褐变。褐变一般与多酚氧化酶(PPO)、过氧化物酶(POD)、酪氨酸酶、花色苷酶等物质有关。鲍俊旺^[15]通过实验研究获得的复配保鲜剂可以有效抑制南美白对虾中酚类物质向醌氧化的过程,在阻止南美白对虾黑边问题上有明显效果。张昭其等^[16]实验表明荔枝外壳果皮中存在大量花色苷酶,这种酶和荔枝果皮褐变有着密切关系。花色苷的降解与温度、pH 等密切相关,在果实贮藏过程中,由于失水导致细胞内 pH 升高,会导致细胞中花色苷结构发生改变。大量实验证明,果实发生褐变现象与花色苷的含量成一定的线性关系。Venkatachalam 等^[17]分析了生化酶和褐变相关酶的变化,在整个成熟过程中,多酚氧化酶的活性显著提高;过氧化物酶和苯丙氨酸溶解酶在开始时增加,但在成熟期结束后减少。

2.3 抗氧化作用 食品保鲜剂里面含有天然抗氧化物质,可防止食品氧化变质,且有些保鲜剂可延缓食品氧化速度,达到抗氧化的作用。乳酸菌可以作为保鲜剂用于食品保鲜,可以作为保鲜剂的原因是乳酸菌在面临危险环境中,为了适应环境,乳酸菌体内产生抗氧化酶抵御外界不良环境,从而引起一系列的抗氧化反应。而某些乳酸菌可能同时存在多种抗氧化机理,并且这些抗氧化机理与其他环境应激胁迫反应存在一定的交叉和互补现象^[18]。蜂胶中的多烯类化合物、黄酮类化合物等可以抑制羟基的自由基、过氧化物阴离子自由基结合而起到抗氧化作用;茶多酚中的茶素类 B 环和 C 环上酚羟基与脂肪游离基、黄酮醇等结合,作用于与有关自由基的酶,影响细胞代谢,从而起到抗氧化的效果。茶多酚具有疏水基团,酚羟基等特殊结构,茶多酚除了有较强的抗氧化性外还具有抑菌的作用^[19]。Dou 等^[20]研究表明在明胶和海藻酸钠薄膜溶液中加入 2.0%茶多酚(TP)可以提高薄膜物理性能和抗氧化活性,对自由基 DPPH 自由基清除率达到 90.62%。

2.4 防止水分流失 食品保鲜剂在食品表面能够形成一层致密的保护膜,这层保护膜既可防止水分流失,又可以阻止微生物的入侵与感染,还可通过减少与氧气接触,抑制氧化

作用;另外保护膜还可抑制果实呼吸作用,延缓水果蔬菜的熟化速度,保持果蔬的新鲜度,进而达到保鲜的作用。Xing等^[21]研究了肉桂油壳聚糖涂膜在果品保鲜中的保鲜机理,壳聚糖复合保鲜剂可在食品表面形成薄膜,具有阻碍微生物入侵、减少水分丧失、降低新陈代谢、减少食品营养成分等作用,达到食品保鲜的效果。在绿茶的生物保鲜技术中,主要是通过生物菌类制剂形成的生物膜在覆盖在茶叶表面,阻断与氧气接触,维持绿茶良好品质^[22]。而壳聚糖这一类物质具有易溶于有机酸的特性,易形成透明薄膜覆盖于食品表面,调节膜内外 O_2 与 CO_2 的浓度,具有气调作用,可减弱食品的呼吸作用,具有良好的抑制腐败菌的效果^[23]。

3 保鲜剂在食品加工储藏中的应用

3.1 对食品品质的影响

3.1.1 对食品感官的影响。相比同样的自然存放环境,保鲜剂能有效延缓食品感官品质下降速率,最大程度上保持食品的各项感官品质,如能降低酶促褐变,减少水分散失,保持食品鲜艳的色泽、口感、质地,使香味更加持久,因此能有效地保持食物的商品价值。陈柏等^[24]研究表明,保鲜剂对种壳和种皮的色泽保持效果良好,保证了去皮核桃感官品质,可以有效保持贮藏期间去青皮鲜核桃感官品质。唐先谱等^[25]研究表明复合保鲜剂可以有效保持鲜切苹果鲜度和硬度,使TSS含量下降速率减慢,保持苹果的感官品质持久,商品经济价值得到保证。潘承慧等^[26]研究表明,茶多酚和壳聚糖混合使用对南美白对虾感官品质变化抑制作用效果更好。

3.1.2 对食品营养价值的影响。保鲜剂对食物的营养成分变化影响极小,在提高食品新鲜度的同时亦能有效地保持营养物质的完整性。王梅等^[27]试验表明保鲜剂主要是抑制鲜切山药的呼吸活动和微生物生长繁殖,降低山药有机物的消耗,达到保鲜作用和保持营养价值。另外保鲜剂既能提高盐溶性蛋白含量、活性-SH含量和钙泵活性,也能降低食品的腐烂程度、超氧化物酶活性、过氧化酶活性和减少水分的流失率、维生素C的消耗率等。实验证明桑葚经芳樟醇缓释处理后,可以提高抗氧化能力、蓝莓总酚、总花青素和自由基的清除能力^[28]。范林林等^[29]研究发现壳聚糖涂膜,能较好地提高过氧化物酶活性并且抑制多酚氧化酶活性,达到延缓营养物质减少的目的。Sathivel等^[30]研究表明壳聚糖还可以减少鱼肉内水分的流失。

3.1.3 对食品卫生指标的影响。食品中微生物的繁殖生长是导致食品腐败变质的主要原因之一。部分保鲜剂具有良好的抑菌效果且符合食品卫生指标,安全性较高。大量研究表明在一定程度上香辛植物在抑制果蔬贮藏期病原微生物生长繁殖方面有较佳的作用效果^[31]。冯作山等^[32]研究也发现以植物提取成分为主的保鲜剂食品安全性高。溶菌酶获卫生部批准成为食品防腐剂^[33-34],这一类生物酶类保鲜剂中,溶菌酶具有天然高效、无毒无残留等特点符合卫生要求,而且来源广泛、用量少等使其价格低廉,进而达到商品化。

3.2 保鲜剂在食品加工储藏中应用存在的问题分析

3.2.1 保鲜剂残留导致食品安全。保鲜剂的使用可以延缓食品腐败,然而保鲜剂的使用却会出现残留现象。存在潜在的食品安全问题。市场上的保鲜剂多为化学合成的化学保鲜剂,一般作用方式是以喷洒或者涂抹等方式直接和食品表面接触,虽然化学保鲜剂作用效果明显,但使用过量会对人体造成伤害,可能导致人体患癌症或致畸。

3.2.2 保鲜剂引起食品品质下降。保鲜剂的使用虽然能维持食品品质,但是保鲜剂在一定程度上仍会引起食品品质的下降。食品保鲜剂使用剂量控制不当、使用方法不规范、保鲜剂自身所带味道等种种原因都会导致食品品质下降。如使用过多剂量的保鲜剂虽然有保鲜效果,但会影响食物本身的口感,产生涩感;香辛料或者有机酸等进行果蔬保鲜时,往往带有保鲜剂自身特有的异味;在对虾表面直接涂抹天然保鲜剂,食用时会影响口感等缺陷^[35]。

3.2.3 保鲜剂保鲜时效、来源、价格问题。保鲜剂的来源主要通过化学合成和从生物中人工提取。目前大多数保鲜剂还处于研究阶段,有效活性成分,作用机理等研究还需深入,由于生物类保鲜剂在生物体中存在量较少,提取工艺困难等原因,尚未能大规模生产应用,此外保鲜剂的研究与生产出现脱节状态,由技术向商业化应用转化速度缓慢。部分生物保鲜剂抗菌作用时间较短,用量大,难以广泛使用。导致使用成本居高不下。

3.3 保鲜剂使用对食品行业的经济效应 食品生产到售卖整个过程由于微生物污染,本身酶类作用等原因导致食品本身经济效益下降,带来极大的经济效益的损失。保鲜剂市场广阔,有着巨大的缺口,需求量较大,种类要求多,保鲜剂的研发使用能促进食品行业的经济发展。目前在不同类型的保鲜方式中,生物类保鲜剂存在的发展潜能巨大,生物类保鲜剂作用效果明显,安全无毒,适用范围大,这一类型的保鲜剂前景将会越来越大,给食品行业带来的经济效应也会日益增大。

4 食品保鲜剂的应用前景及未来发展趋势

4.1 对现有保鲜技术、保鲜剂的改善和提高 在发现及利用天然保鲜剂之前,在食品加工业上,人们普遍使用化学保鲜剂;随着时代的发展,化学保鲜剂的危害性逐渐显现出来;所以天然保鲜剂在开发和应用上具有很大的发展空间。现在主要的保鲜剂有:植物源保鲜剂、微生物源保鲜剂;主要的保鲜技术有:物理保鲜技术、生物保鲜技术、可食性涂膜保鲜技术。

4.1.1 现有保鲜剂的改善。按照化学成分来分类,植物源天然保鲜剂可分为生物碱、挥发油(精油)类、多酚类、多糖类、及醌类^[36]。植物源保鲜剂主要来源:连翘、番石榴、苜蓿子、荷叶、菊苣、橄榄等^[37]。这些植物之所以能起到保鲜作用,大都是因为这些植物体内某些化学成分具有很好的抗氧化作用,使得它们具有优异的抗氧化作用^[27]。虽然许多植物提取物具有很好的抑菌保鲜效果,但是大多数的植物提取物提取技术要求较高,操作困难,提取成本高,且其有效成分

不确定,很难做到广泛应用;在实际生产中,应对其提取技术进行改良,来降低生产成本,使其在食品加工方面能够广泛应用。

微生物源保鲜剂主要有3大类:有益的微生物、微生物所产生的发酵液以及微生物的代谢产物^[28]。有益的微生物(具有保鲜作用)可以与有害的微生物产生竞争,从而抑制有害的微生物生长;还有就是微生物产生的发酵液、代谢物,可以抑制其他微生物生长,从而达到保鲜作用^[38]。微生物具有繁殖周期短、代谢快、易培养、易提取,所以价格低廉,可以广泛应用;但是其有效成分不明,保鲜效果不稳定,作用时效短。在实际应用开发中,可以考虑将其与其他类型的食品保鲜剂混合做成复合型保鲜剂,以增强其抑菌保鲜效果。

4.1.2 现有保鲜技术的改善。目前,关于物理方面的保鲜技术主要的有:辐射技术、电场处理、减压贮藏等。其中臭氧保鲜和纳米保鲜^[39]这2个比较新颖。臭氧保鲜^[29]主要是因为它是强氧化剂,可以抑制霉菌生长,刺激果实使其进入休眠状态,以及可以延缓植物细胞的衰老。纳米保鲜包装材料^[39]在水果保鲜方面更是效果显著,其有高阻隔性、机械强度高、抗菌效果良好、多功能保鲜性等特点这都能较好地抑制霉菌生长。但是纳米技术在实际应用开发上相对困难,而且成本较高,难以实现的大规模生产;可以与其他技术结合使用,对其进行进一步加工、改进,以降低成本。

目前,关于生物方面的保鲜技术有:基因工程技术、生物防治技术。生物保鲜技术不会对环境造成污染、无毒无害、易被降解;但是生物保鲜技术具有较大的局限性,很难与投入实际生产当中,推广性差。

可食用性涂膜保鲜技术,这类是近几年比较新颖的技术,主要的材料有多聚糖涂膜材料(壳聚糖、普鲁兰糖、大豆多糖、纤维素类、淀粉类)、脂类(蜂胶、动植物油脂)、蛋白质类、中草药提取物、高分子聚合物类等^[40]。该技术新颖、对人体无害,且可食用,减少对环境的污染,但是其应用对象较为单一,大部分都只能应用在水果保鲜上。

4.2 新型保鲜技术、保鲜剂的开发利用 随着科技的发展,保鲜技术有了明显的提高。现在现有使用较多的主要有生物保鲜技术、栅栏技术、物理保鲜技术、可食用性涂膜保鲜技术等^[41]。还有研究表明茶多酚的保鲜效果也是很优异的^[42],在零几年发现一种热门的新型保鲜剂-贝壳渣^[43]。贝壳渣在生活中随处可见,虾壳、蟹壳、贝类等甲壳质废渣都可作为原料,平时这些都是生活垃圾,利用其里面的成分变废为宝,做成保鲜剂,减少资源浪费。其实主要是因为我们可以从贝壳渣中提取出壳聚糖,而壳聚糖具有很好的保鲜效果,才使其变废为宝。随着科技的发展,保鲜剂和保鲜技术也在发展着,相信在不久的将来,会研究出更好、更有效对人类无害的保鲜剂。①新的具有保鲜作用天然产物的获得,新天然产物资源的开发利用;②基因工程用于食品保鲜,基因工程果蔬产品,克隆外源基因使果蔬具有先天的抗褐变,抗氧化特性;③益生菌保鲜剂,利用益生菌抑制腐败菌或致病菌生长繁殖,而起到保鲜防腐作用。

4.3 复合保鲜技术的协同应用 现在对于复合保鲜技术应用及研究较多的主要有复合型保鲜膜和复合保鲜剂。对于复合型保鲜膜的研究主要有壳聚糖-姜精油复合涂膜、羧甲基纤维素-肉桂精油复合涂膜、马铃薯淀粉-壳聚糖复合保鲜膜、壳聚糖-肉桂精油复合膜、甘露聚糖复合抗菌膜等。而对于复合保鲜剂的研究主要有茶多酚复合溶液、含壳聚糖和 Nisin 复合衬垫、甘草-壳聚糖复合生物保鲜剂、壳聚糖-茶树油复合保鲜液、万寿菊花提取液-壳聚糖复合保鲜剂、壳聚糖和抗坏血酸、复合涂膜保鲜剂、天然复合保鲜剂等。可食性复合膜^[44]是近几年开发出来的用于水果保鲜的复合保鲜技术,该技术具有显著的保鲜效果,不同于其他的可食用性涂膜,其他类型的可食用性涂膜具有局限性;而可食性复合膜专门针对果皮较软的水果,是可食用性涂膜的改良。虽然这些研究都表明,复合保鲜技术在实验中可以得到很好的抑菌保鲜效果,但是想要投入到实际生产中还需要做进一步研究;所以,复合保鲜技术的协同应用是未来食品保鲜剂的发展趋势,在未来食品生产和食品安全提供技术保障。

总之,为了防止环境微生物的入侵,必须进行防腐保鲜处理,添加食品保鲜剂是一种不同的除菌、杀菌、防菌、抑菌的方法。食品保鲜剂按照所规定的剂量进行使用,它的安全性是没有问题,随着生物技术的发展,食品保鲜剂的研究和技术也不断完善,对不同食品使用相对适合的食品保鲜剂,是保证食品安全的重要途径之一。

参考文献

- [1] BAHAR A, LICHTER A. Effect of controlled atmosphere on the storage potential of Ottomanit fig fruit[J]. *Scientia horticulturae*, 2018, 227: 196-201.
- [2] ESUA J O, CHIN N L, YUSOF Y A, et al. Effects of simultaneous UV-C radiation and ultrasonic energy postharvest treatment on bioactive compounds and antioxidant activity of tomatoes during storage[J]. *Food chemistry*, 2019, 270: 113-122.
- [3] LIU C M, NISHIDA Y, IWASAKI K, et al. Prolonged preservation and sterilization of fresh plants in controlled environments using high-field plasma[J]. *IEEE Transactions on Plasma Science*, 2011, 39(2): 717-724.
- [4] 刘文营, 王飞, 赵维高, 等. 乳链菌肽的制备及应用研究进展[J]. *安徽农业科学*, 2012, 40(29): 14478-14480.
- [5] HU Z Y, GÄNZLE M G. Challenges and opportunities related to the use of chitosan as a food preservative[J]. *J Appl Microbiol*, 2018, 126(5): 1318-1331.
- [6] BOUFADI Y M, VAN ANTWERPEN P, ALARD I C, et al. Antioxidant effects and bioavailability evaluation of propolis extract and its content of pure polyphenols[J]. *Journal of food biochemistry*, 2018, 42(1): 1-14.
- [7] 戴莹, 王纪华, 韩平, 等. 拮抗酵母菌复合保鲜技术在果蔬保鲜中的应用研究进展[J]. *食品安全质量检测学报*, 2015, 6(3): 742-746.
- [8] LEE E H, KHAN I, OH D H. Evaluation of the efficacy of nisin-loaded chitosan nanoparticles against foodborne pathogens in orange juice[J]. *Journal of food science and technology*, 2018, 55(3): 1127-1133.
- [9] WU T T, GE Y J, LI Y J, et al. Quality enhancement of large yellow croaker treated with edible coatings based on chitosan and lysozyme[J]. *Int J Biol Macromol*, 2018, 120(Pt A): 1072-1079.
- [10] SHAHBAZI Y. Application of carboxymethyl cellulose and chitosan coatings containing *Mentha spicata* essential oil in fresh strawberries[J]. *Int J Biol Macromol*, 2018, 112: 264-272.
- [11] LIU H X, PEI H B, HAN Z N, et al. The antimicrobial effects and synergistic antibacterial mechanism of the combination of ϵ -Polylysine and nisin against *Bacillus subtilis*[J]. *Food control*, 2015, 47: 444-450.
- [12] 侯国军, 钟伯雄. 溶菌酶的特性及应用[J]. *浙江畜牧兽医*, 2011, 36(4): 11-12.
- [13] CUT I M, BLANKE S R, VAN DER DONK W A. Mechanism of inhibition of *Bacillus anthracis* spore outgrowth by the lantibiotic nisin[J]. *ACS Chemical Biology*, 2011, 6(7): 744-752.

- [14] DAMANIA P, PATEL R, SHAW R, et al. Development of antimicrobial packaging materials for food preservation using bacteriocin from *Lactobacillus casei*[J]. *Microbiology research*, 2016, 7(1): 19-22.
- [15] 鲍俊旺. 对虾多酚氧化酶的性质分析及一种复配保鲜剂的研发[D]. 厦门:集美大学, 2015.
- [16] 张昭其, 庞学群, 段学武, 等. 荔枝采后果皮花色苷的降解与花色苷酶活性变化[J]. *中国农业科学*, 2003, 36(8): 945-949.
- [17] VENKATACHALAM K, MEENUNE M. Changes in physiochemical quality and browning related enzyme activity of longkong fruit during four different weeks of on-tree maturation[J]. *Food chemistry*, 2012, 131(4): 1437-1442.
- [18] 段希宇, 叶陵, 刘成国, 等. 乳酸菌的抗氧化作用机制[J]. *微生物学杂志*, 2017, 37(3): 111-115.
- [19] 李柳水, 刘巧瑜, 陈海光, 等. 天然保鲜剂的研究进展[J]. *广州化工*, 2018, 46(15): 32-34.
- [20] DOU L X, LI B F, ZHANG K, et al. Physical properties and antioxidant activity of gelatin-sodium alginate edible films with tea polyphenols[J]. *International journal of biological macromolecules*, 2018, 118(PartB): 1377-1383.
- [21] XING Y G, XU Q L, YANG S X, et al. Preservation mechanism of chitosan-based coating with cinnamon oil for fruits storage based on sensor data[J]. *Sensors*, 2016, 16(7): 1-23.
- [22] 曹叶中. 微生物保鲜剂和蒸汽杀青技术提高绿茶保鲜作用的研究[D]. 南京:南京农业大学, 2006.
- [23] ASHRAFI A, JOKAR M, NAFCHI A M. Preparation and characterization of biocomposite film based on chitosan and kombucha tea as active food packaging[J]. *International journal of biological macromolecules*, 2018, 108: 444-454.
- [24] 陈柏, 颜敏华, 吴小华, 等. 5种保鲜剂对低温贮藏去青核桃感官品质的影响[J]. *甘肃农业科技*, 2018(6): 40-44.
- [25] 唐先谱, 李喜宏, 张彪, 等. 复合保鲜剂对鲜切苹果贮藏品质影响的研究[J]. *中国食品添加剂*, 2018(2): 138-143.
- [26] 潘承慧, 姚智颖, 朱雯雯, 等. 保鲜剂对冰鲜南美白对虾品质变化的影响研究[J]. *食品工业*, 2018, 39(4): 12-16.
- [27] 王梅, 徐俐, 王美芬, 等. 复合保鲜剂对鲜切山药保鲜效果的影响[J]. *食品与机械*, 2017, 33(5): 134-140.
- [28] 张莉会, 乔宇, 陈学玲, 等. 不同保鲜剂对桑葚贮藏期间品质的影响[J]. *现代食品科技*, 2018, 34(5): 47-55.
- [29] 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.
- [30] SATHIVEL S, LIU Q, HUANG J Q, et al. The influence of chitosan glazing on the quality of skinless pink salmon (*Oncorhynchus gorbusha*) fillets during frozen storage[J]. *Journal of food engineering*, 2007, 83(3): 366-373.
- [31] 郑贺云, 张翠环, 耿新丽, 等. 果蔬天然保鲜剂研究进展[J]. *黑龙江农业科学*, 2018(7): 158-162.
- [32] 冯作山, 郑杰, 罗红霞, 等. 鲜肉保鲜剂的急性毒性试验研究[J]. *食品科学*, 2006, 27(3): 207-209.
- [33] 张茜, 李洋, 王磊明, 等. 生物保鲜剂在果蔬保鲜中的应用研究进展[J]. *食品工业科技*, 2018, 39(6): 308-316.
- [34] 赵华. 溶菌酶在肉制品保鲜中的应用[J]. *肉类研究*, 2010(7): 31-35.
- [35] 胡晓亮, 沈建, 陈庆余. 对虾天然保鲜剂的研究进展[J]. *核农学报*, 2012, 26(9): 1284-1289.
- [36] 崔欣悦, 任虹, 安磊. 植物源保鲜剂的研究进展[J]. *中国调味品*, 2014, 39(9): 138-140.
- [37] 孙志青, 黄胜阳. 天然食品保鲜剂研究进展[J]. *智慧健康*, 2017, 3(6): 24-26.
- [38] 赖小龙, 李文平, 廖鹏运, 等. 生物源食品保鲜剂研究进展[J]. *食品与发酵科技*, 2013, 49(1): 79-84.
- [39] 王良玉, 郑朕, 熊波, 等. 几种新型食品保鲜技术的研究进展[J]. *农产品加工*, 2011(7): 134-136, 140.
- [40] 李文娟, 陈炼红. 新型可食性涂膜剂在鸡蛋保鲜技术中的应用[J]. *安徽农业科学*, 2014, 42(14): 4432-4435.
- [41] 朱海佩. 新型食品贮藏保鲜技术研究[J]. *现代食品*, 2017(5): 82-84.
- [42] 天然保鲜剂——茶多酚[J]. *企业技术开发*, 1994(1): 4.
- [43] 贝壳渣——一种新的食物保鲜剂[J]. *食品与发酵工业*, 2001, 27(12): 54.
- [44] 骆卢佳, 陈凌, 施昕磊, 等. 可食性复合膜在水蜜桃保鲜中的应用研究[J]. *轻工科技*, 2018, 34(5): 32-34, 96.

(上接第12页)

- [18] 井彩巧. 不同基因型大白菜镉和铅含量差异研究[J]. *园艺学报*, 2006, 33(2): 402-404.
- [19] 狄广娟. 水分管理对四个水芹品种吸收积累镉的影响[D]. 南京:南京林业大学, 2013.
- [20] 吴琦, 杨菲, 季辉, 等. 土壤重金属Pb和Cd在蔬菜中的累积特征及产地环境安全临界值[J]. *中国蔬菜*, 2010(10): 29-34.
- [21] 李海华, 刘建武, 李树人, 等. 土壤-植物系统中重金属污染及作物富集研究进展[J]. *河南农业大学学报*, 2000, 34(1): 30-34.
- [22] 刘刊, 王波, 权俊娇, 等. 土壤重金属污染修复研究进展[J]. *北方园艺*, 2012(22): 189-194.
- [23] 苏彬彬. 改良剂对重金属污染土壤的稳定化修复效果及健康风险评估[D]. 淮南:安徽理工大学, 2016.
- [24] 李剑睿, 徐应明, 林大松, 等. 农田重金属污染原位钝化修复研究进展[J]. *生态环境学报*, 2014, 23(4): 721-728.
- [25] 黄雅曦, 李季, 李国学, 等. 钝化剂对重金属的吸附及其吸附机理的研究[J]. *东北农业大学学报*, 2008, 39(8): 53-58.
- [26] 殷飞, 王海娟, 李燕燕, 等. 不同钝化剂对重金属复合污染土壤的修复效应研究[J]. *农业环境科学学报*, 2015, 34(3): 438-448.
- [27] 佟秀春, 王旭梅, 王红旗, 等. 可降解螯合剂及微生物强化植物吸收重金属的研究[J]. *东北农业大学学报*, 2011, 42(8): 101-107.
- [28] 乔云蕾. 几种植物对土壤重金属镉、铬污染的修复潜力研究[D]. 金华:浙江师范大学, 2016.
- [29] 刘冉, 甘淳丹, 赵海燕, 等. 四种大型湿地植物对水产养殖废水中矿质元素和重金属富集特征的影响[J]. *南京农业大学学报*, 2017, 40(5): 859-866.
- [30] 邢艳帅, 乔冬梅, 朱桂芬, 等. 土壤重金属污染及植物修复技术研究进展[J]. *中国农学通报*, 2014, 30(17): 208-214.
- [31] 廖晓勇, 陈同斌, 阎秀兰, 等. 提高植物修复效率的技术途径与强化措施[J]. *环境科学学报*, 2007, 27(6): 881-893.
- [32] 金羽, 曲娟娟, 朱超, 等. 一株产碱菌联合蜈蚣草对Pb污染土壤的生物修复[J]. *东北农业大学学报*, 2013, 44(8): 43-47.
- [33] 生俊丹. 不同种植模式对岷江下游重金属污染农业土壤生态修复效益评价[D]. 雅安:四川农业大学, 2012.
- [34] 鲁洪娟. 肥料管理对土壤-作物系统养分和重金属平衡的影响[D]. 杭州:浙江大学, 2010.
- [35] 李康敏, 罗娟, 李明枢. 农田土壤重金属修复技术应用实例[J]. *中国环保产业*, 2016(6): 24-25.
- [36] MADEJÓN P, PÉREZ-DE-MORA A, BURGOS P, et al. Do amended, polluted soils require re-treatment for sustainable risk reduction? Evidence from field experiments[J]. *Geoderma*, 2010, 159: 174-181.
- [37] WINTERHADLER K. Environmental degradation and rehabilitation of the landscape around Sudbury, a major mining and smelting area[J]. *Environ Rev*, 1996, 4(3): 185-224.
- [38] 赵彩凤. 西安周边高速公路两侧表层土壤重金属污染研究[D]. 西安:陕西师范大学, 2013.