

谈元媛,李忠明. 西兰花采后贮藏及保鲜技术研究进展[J]. 江苏农业科学,2019,47(6):5-11.
doi:10.15889/j.issn.1002-1302.2019.06.002

西兰花采后贮藏及保鲜技术研究进展

谈元媛,李忠明

(南京信息工程大学法政学院,江苏南京 210044)

摘要:食用及药用价值较高的西兰花在运输和贮藏中易受损害及病菌侵染,影响了西兰花产业的发展。现就国内外近年来针对西兰花采后的主要贮藏和保鲜技术研究作出综述,主要归纳为物理保鲜技术(光照处理、气调处理、低温保鲜与气调相结合、热处理、微真空处理、减压冷藏、涂膜保鲜)、化学保鲜技术(乙醇处理、臭氧处理、1-甲基环丙烯处理)、生物保鲜剂(生物素、植物提取液)以及其他已报道的先进保鲜技术。针对现有保鲜技术的应用特点进行分析。以重视西兰花种植栽培及贮前管理;开展对西兰花的病害机制研究,加强技术协同以及利用专利激励创新加快实现攻坚西兰花保鲜技术难点;分析西兰花保鲜市场特征,提携西兰花保鲜市场产业发展;改善现有冷链物流不足等为重点对未来西兰花保鲜技术研究提出合理展望,以期为我国西兰花产业的现实发展提供参考。

关键词:西兰花;保鲜技术;贮藏;研究进展

中图分类号: TS255.3 **文献标志码:** A **文章编号:** 1002-1302(2019)06-0005-06

西兰花别称花椰菜,属十字花科芸薹属甘蓝的变种之一,其食用部分为绿色花球及肥嫩花茎。西兰花风味独特,外形美观,营养物质丰富,被誉为“蔬菜之冠”。西兰花还具有较高的药用价值,其中含有硫葡萄糖苷及其衍生物萝卜硫素等物质,食用西兰花能够预防癌症和心血管疾病^[1-2]。西兰花于 19 世纪末至 20 世纪初传入我国,随着人民生活水平的不断提高,对营养摄入多样化、均衡化的需求增加以及西兰花种植广阔的出口前景和现实需求,国内地区西兰花的栽培面积也在逐年扩大。基于西兰花采摘后呼吸旺盛,极易失水,作物迅速萎蔫、开花和黄化,营养成分迅速降解等特点^[3-6],目前国内外已提出多种保鲜技术,本文综述国内外西兰花保鲜技术的研究进展,并重点论述它们在西兰花保鲜中的应用现状,以期为进一步研究西兰花贮藏保鲜技术和西兰花产业的发展提供理论参考。

1 西兰花采后贮藏与保鲜技术

1.1 物理保鲜技术

1.1.1 光照处理技术 光照对植物生长过程的生理代谢、光合特性、品质及衰老均有广泛的调节作用,是影响植物生长发育的重要因子。光照处理技术是一种新兴的应用于果蔬保鲜的非加热物理方法,在光照条件下,鲜采绿色蔬菜类在贮藏初期仍会继续进行光合作用,积累营养物质^[7]。Noichinda 等研究发现,光照处理能增加芥蓝贮藏期间葡萄糖和果糖含量,阻止植株内维生素 C 含量的下降^[8]。关于可见光、紫外线等电磁辐射在调节果蔬生长中的应用已逐步扩大,光照处理技术多采用发光二极管(LED)作为一种新型的植物照明能源,其

具有散发热量少、耗电少、电压范围较宽等优点。LED 光源有单色光源与复合光源。张娜等研究表明,LED 单色红光对采后抑制西兰花花球黄化具有显著效果^[9]。以西兰花为试材,处于 5℃ 的冷库中,采用无化学污染、环境友好特性的 LED 单色红光持续照射西兰花,与对照组相比,处理组延长有效贮藏期 5 d,在总叶绿素含量和色差值上,LED 单色红光能够保持西兰花花球表面色差,延缓叶绿素降解,还能够降低西兰花呼吸强度,推迟呼吸高峰,降低乙烯生成速率,乙烯生成速率与黄化指数之间达到极显著正相关水平($P < 0.01$),说明 LED 单色光处理能够延缓西兰花褪绿、黄化,保持商品性,有利于西兰花的保鲜贮藏^[9]。

王连伏等的研究主要考察复合光源的照射是否起到保鲜效果^[10-12]。王连伏等的研究结果显示,光量子通量密度为 20 $\mu\text{mol}/(\text{m}^2 \cdot \text{s})$ 的 LED 红蓝光(红光为 650 nm,蓝光为 450 nm)照射采后西兰花,将其置于温度为 4℃、相对湿度为 90% 的试验库贮藏能够明显延缓叶绿素和蔬菜维生素 C 的降解。贮藏结束时,LED 光照组的西兰花叶绿素和维生素 C 含量均为无光对照组的 1.28 倍;LED 光照组的西兰花色差 -a/b 数值比初始值降低了 16.9%,无光对照组的西兰花色差数值比初始值降低了 41.5%;虽然贮藏后期 LED 光照加使西兰花失水严重,但 LED 光照组的西兰花感官品质显著高于无光对照组($P < 0.05$),是无光对照组的 1.81 倍^[10]。LED 光照组的西兰花叶绿素和维生素 C 含量均显著高于无光对照组且 LED 光照组的西兰花色差 -a/b 数值比初始值有效降低,但仍存在贮藏后期 LED 光照会加重植蔬失水的状况。LED 红蓝复合光处理显著抑制了西兰花中维生素 C 含量的快速下降,这可能是因为离体西兰花在 LED 红蓝复合光处理下能继续进行相应的光合作用,促进了西兰花合成己糖含量的增加,进一步促进离体西兰花体内维生素 C 的合成^[11],此试验现象与 Noichinda 等的研究结果^[8]一致。果实延缓衰老可能与 LED 红蓝复合光处理降低乙烯合成酶的活性有关,从而导致了乙烯释放量的降低,该结论与姜爱丽等的研究结

收稿日期:2017-12-05

基金项目:江苏省哲学社会科学规划项目(编号:11ZWB001)。

作者简介:谈元媛(1993—),女,江苏南京人,硕士研究生,主要从事农业科学与技术研究。E-mail:nicole547@sina.cn。

通信作者:李忠明,博士,教授,硕士生导师,主要从事农业科学与技术研究。E-mail:670378992@qq.com。

果^[13]一致。LED 红蓝复合光处理诱导了呼吸作用前体物质的合成,减少了呼吸消耗。伍新龄等采用 LED 红蓝复合光间歇照射处理西兰花,将西兰花贮于 4℃冷库中,以 0.02 mm 厚度的聚乙烯(PE)膜覆盖,每 24 h 采用 LED 红蓝复合光(红蓝灯珠比为 29:4,LED 光照度为 1 200 lx)分别间歇照射 6、12 h,以全避光为对照,6 h 照射对西兰花的保鲜效果最佳,可延长贮藏期 5 d 以上^[12]。

1.1.2 气调处理技术 国际上对气调保鲜技术已有多个报道,Izumi 等研究发现,西兰花贮藏的适宜气调条件在 0.5℃时为 0.5% O₂ + 10% CO₂,10℃时为 1% O₂ + 10% CO₂^[14]。Jones 等认为,保持西兰花质量所需的最重要的采后条件是低温(<4℃)和高相对湿度,这些条件的存在保持了细胞的完整性^[15]。而 Imahori 等的试验结果表明,20℃条件下,低 O₂、高 CO₂ 气调处理 7 d 可以有效抑制香蕉果实的成熟和腐烂,为延长果实保鲜赢得时间^[16]。以上案例皆表明,不同的气体条件将对果蔬产生重要影响,如 O₂ 含量高时容易使植物黄化衰变,而增加 CO₂ 则可延缓成熟进程,研究气调贮藏技术对西兰花保鲜应用有现实意义。孙志文等将预冷后待试验西兰花于 5℃、相对湿度不小于 95% 的条件下贮藏,分别放入气调箱内并持续通入占不同体积百分比的 O₂ 和 CO₂ 与自然大气形成对照组;若 30% 西兰花出现黄化或腐烂或异味时,即终止贮藏,此试验条件下,50% O₂ + 40% CO₂ 处理可有效延缓西兰花叶绿素降解,且不会造成乙醇、乙醛的积累,保鲜效果较好^[17]。吕凤艳等着重研究 O₂/CO₂ 气调对西兰花保鲜后续效应的影响^[18]。一般气调保鲜通过控制低 O₂ 高 CO₂ 来进行,但容易产生 CO₂ 效应伤害,果蔬易产生异味。较为优势的解决气调方案为一方面利用 CO₂ 抑制果蔬的呼吸作用,另一方面利用 O₂ 来缓解 CO₂ 伤害。其中以 40% O₂ + 60% CO₂ 处理 3 d 的保鲜最佳,其保鲜期达 9 d;处理 2、1 d 保鲜期分别为 7、6 d;自然空气对照的保鲜期仅有 4 d。结果表明,在 15℃条件下,40% O₂ + 60% CO₂ 处理 1、2、3 d 后的西兰花分别能保鲜 5、7、9 d,与对照组相比可以有效延长保鲜时间。同时,40% O₂ + 60% CO₂ 处理 3 d 的西兰花在后续的空气贮藏期间,能较好地控制乙烯释放量和呼吸速率,延缓其叶绿素和维生素 C 含量的下降,且乙醇、乙醛未表现出积累现象。因此可在运输过程中对西兰花进行 O₂/CO₂ 气调处理,销售货架期使之处于自然空气条件下,利用 O₂/CO₂ 气调的后续效应,可有效延长西兰花保鲜期^[17-18]。

李玲等将预冷后的西兰花分别放到 2 个 0.5 m³ 的气调箱内,再放入(10±0.5)℃冷库内进行贮藏,贮藏期间分别通入不同质量分数的 O₂/CO₂ 气体,在 10℃贮藏条件下对西兰花呼吸速率、乙烯释放量、活性氧代谢及西兰花的贮藏品质进行定期测定,结果表明,100% O₂ 处理加速西兰花黄化和叶绿素及维生素 C 含量的降低,缩短西兰花保鲜时间,其保鲜期较对照组缩短 4 d(对照组保鲜期为 16 d);40% O₂ + 60% CO₂ 处理能显著减少 H₂O₂ 的积累,维持较高的过氧化物酶(POD)、超氧化物歧化酶(SOD)活性,延缓丙二醛(MDA)的积累,维持较低的呼吸速率和乙烯释放量,较好地保持西兰花维生素 C 和叶绿素含量,从而将西兰花的保鲜期延长至 31 d,可见适宜的 O₂ 联合 CO₂ 气调有助于西兰花采后保鲜^[19]。

纪淑娟等则利用自发释放的 1-甲基环丙烯(1-MCP)

和 5% CO₂ 作为保鲜剂与常温、加冰等对照组进行试验,试验结果表明,自发释放 CO₂ 处理和自发释放 1-MCP 处理均提高西兰花贮藏保鲜效果;有效抑制西兰花叶绿素含量的下降,降低西兰花呼吸作用并延缓可溶性固形物的减少^[20]。

1.1.3 低温、气调处理技术 西兰花采后由于花球表面幼嫩,缺乏保护层,采收后会迅速失水、萎蔫,采后在 20~25℃室温下 1~2 d,花蕾花茎就会失绿转黄,失去其商品价值^[21]。采用低温贮藏是常用的采后西兰花保鲜方式,有效控制贮藏温度是保证西兰花品质和延长货架期的重要因素。高雪等将采后西兰花贮藏在(4±0.2)℃和(-0.5±0.2)℃的冷库中比较 4℃低温与近冰点温度对鲜切西兰花贮藏保鲜效果的影响,结果表明,近冰点贮藏保持了鲜切西兰花的质地,减少了 MDA 的积累,有效提高了鲜切西兰花贮藏期间的品质,延长了货架期^[22]。张怡等对不同温度下西兰花组织抗氧化活性及品质变化进行了研究,结果表明,0℃条件下是最有效的延长西兰花组织维生素 C、类黄酮、叶绿素和类胡萝卜素含量的贮藏温度,证明了低温贮藏技术对西兰花保鲜的作用;但在 20℃存放时间超过 24 h,再在低温下进行贮藏时,会导致硫代葡萄糖苷含量和醌还原酶活性的显著下降,反而会降低花球的营养价值和感官质量^[23-24]。

研究中发现可利用低温气调配合冷链运送进行西兰花的采后保鲜。由于国内气调贮藏和冷链运送尚未普及,因此报道低温结合气调贮藏的较多。

自发气调包装技术是利用果蔬自身的呼吸作用和薄膜选择性渗透气体的特殊性质,将果蔬密封在其中,达到低 O₂ 高 CO₂ 的气调平衡浓度的状态,从而使果蔬产生微弱的需氧活动,延缓果蔬的衰老。高雪等认为,冰温结合自发气调包装贮藏能有效地抑制鲜切西兰花乙烯的释放,延缓营养成分的损失,从而延缓果实的衰老^[25]。

人工气调贮藏也证实了低温可有效抑制西兰花的呼吸速率和乙烯释放量,低温(2℃)结合气调贮藏能较好地保持西兰花的品质,抑制微生物生长,延缓了感官品质劣变^[26]。

1.1.4 热处理技术 为保证果蔬采后的无毒、无农药贮藏,通过热水浸泡、热蒸汽、远红外线、微波处理等热处理技术,利用以温度杀死、抑制病原菌或改变酶活性的生物原理,诱导果蔬产生抗逆性,达到保鲜效果^[27-28],已有研究指出,热处理技术常与紫外线(UV-C)处理等技术相结合,可以有效延缓西兰花的黄化速率,能通过增加苯丙氨酸解氨酶活性,提高酚含量和维生素 C 含量,以增加西兰花贮藏期间抗氧化能力,进一步延缓西兰花的衰老^[29]。董华强等除热浸环节外还增加一个较低温的热浸处理,观察双温热处理对采后西兰花的贮藏品质及 POD 活性、细胞膜透性等生理生化指标的影响,结果表明,先 40℃处理 10 min,后 50℃处理 5 min 的双温热处理,在西兰花感官品质、叶绿素损失、染病率、细胞膜透性上均优于单温热处理(50℃,3 min),贮藏品质明显得到改善^[30]。有报道也指出,用热空气(48℃,3 h)处理鲜切西兰花并在 0℃贮藏 21 d 后,会有效抑制黄化,降低电导率,提高组织中总蛋白和可溶性蛋白含量,保持鲜切西兰花的感官质量^[31-32]。

1.1.5 微真空技术 微真空贮藏设施是一种轻度减压的真空贮藏设施^[33]。通过在贮藏容器内增加低成本的柔性气囊,抽气时气囊自动充气膨胀填补设施内空气量的减少空间,使

设施壁承受的压力和制造成本大幅度下降,同时,气囊充气时又能对果蔬起到良好的包装作用,从而解决了真空条件下果蔬易失水的问题,能同时起到 MAP 贮藏(指改变包装物周围气体环境的一种贮藏方法)和轻微减压贮藏的双重保鲜功效^[34-35]。岳本芳等以贮藏温度为 $(3 \pm 0.5)^\circ\text{C}$ 、真空压强为 66.67 ~ 80.00 kPa 微真空贮藏采后西兰花,并与温度为 $(3 \pm 0.5)^\circ\text{C}$ 、相对湿度为 85% ~ 90% 条件下常压冷库的采后西兰花形成对照,结果表明,西兰花处在微真空贮藏条件下,氧的分压及氧的总含量均较低,有利于维生素 C 的保存,较低的氧分压及氧的总含量抑制了蛋白质水解酶活性,可显著降低西兰花的失质量率,延缓可滴定酸、维生素 C、叶绿素降解,抑制总游离氨基酸与色差值的上升($P < 0.05$),起到良好的保鲜效果^[34]。牟其云等将西兰花随机装入一定规格的塑料小筐,放入真空压力为 66.65 ~ 79.98 kPa、贮藏温度为 $(4 \pm 1)^\circ\text{C}$ 的微真空贮藏设施进行贮藏试验,以相同温度下的常压冷藏库贮藏为对照试验,结果显示微真空贮藏可明显提高鲜切西兰花的感官品质,显著降低鲜切西兰花贮藏期间的呼吸强度和失质量率,减缓可滴定酸、维生素 C 及叶绿素含量的下降($P < 0.05$),表明微真空贮藏条件能明显提高鲜切西兰花的采后保鲜效果^[36]。王丽娇等主要讨论微真空贮藏条件下不同浓度 6-苄基腺嘌呤(6-BA)和 0.2% 苯甲酸钠(SBN)复合保鲜剂对西兰花采后衰老的影响,试图找出合适的复合保鲜剂浓度,贮藏温度为 $(3 \pm 0.5)^\circ\text{C}$ 、真空压强为 53.33 ~ 66.67 kPa 微真空贮藏设施内气囊膨胀后对西兰花起到的包装作用会降低鲜切西兰花的水分散失,有助于达到试验效果^[37]。

1.1.6 减压冷藏技术 减压冷藏技术是一种实用性强,优于普通冷藏和单一气调贮藏的安全冷藏保鲜技术。多用于生鲜农产品和食品贮运保鲜。减压冷藏设备操作简单,类似普通冷库,一些应用连续抽气型减压冷藏技术保鲜的果蔬在 O_2 浓度低至 0.1% 的条件下也不会发生缺氧伤害^[38]。胡欣等使用 6 种蔬菜和苹果为试材,研究减压冷藏技术对鲜切果蔬的保鲜效果,结果表明,果蔬原材料经减压冷藏处理(压强范围为 600 ~ 3 200 Pa),再清洗切割加工成鲜切产品,可比普通冷藏明显减少萎蔫、黄叶与腐烂,保持鲜切绿叶菜的新鲜品质^[39]。利用减压冷藏结合真空预冷,则可显著延长西兰花等鲜切果蔬的货架期及冷链断链保鲜期,范新光等就相同贮藏温度条件下的减压冷藏和气调冷藏以采后西兰花为试验,对二者的保鲜效果和相应的理化差异进行比较分析^[40]。连续抽气式减压冷藏技术是通过真空泵对贮藏室连续不断地抽真空,空气进入贮藏室后体积开始膨胀,气体各组份体积分数同比例降低^[41]。范新光等的试验中减压组的西兰花所处环境的绝对压强为 1 000 Pa,此时环境中 O_2 和 CO_2 体积分数降为正常大气压的 1%,能有效抑制西兰花的呼吸作用并且可以缓解高 CO_2 带来的气体伤害,向贮藏室连续通入新鲜空气,使内部气体处于动态平衡的状态,减压冷藏可较好地减少鲜切西兰花丙二醛的积累,减小维生素 C 含量的损失,保持较好的硬度和咀嚼性,但在叶绿素和细胞膜透性等方面减压冷藏和气调冷藏没有明显差异^[40]。

1.1.7 涂膜保鲜技术 程顺昌等认为,利用壳聚糖或羧甲基纤维素涂膜处理能有效抑制西兰花花球贮藏过程中的失水率,延缓花球黄化和叶绿素降解^[32]。壳聚糖涂膜(2 g/mL)能

显著降低西兰花整个贮藏过程中大肠杆菌的数量,抑制花球黄化和花蕾开放^[42-44]。聂青玉研究了将采后西兰花以 1%、2%、3% 壳寡糖涂被纸包装处理,置于 4°C 、相对湿度为 85% ~ 95% 的环境中贮藏,以测试壳寡糖涂被纸包装对西兰花采后保鲜的影响,结果表明,不同浓度的壳寡糖涂被纸包装均能减缓西兰花采后质量降低,延缓果实可滴定酸、还原性维生素 C 及叶绿素含量的下降,还能抑制游离脯氨酸含量的上升;2% 壳寡糖涂被纸包装处理的各项指标保鲜效果最佳^[45]。

1.2 化学保鲜技术

1.2.1 乙醇处理技术 乙醇作为一种有效的抗菌剂还可以起到延缓组织衰老的作用。已有研究表明,乙醇处理(乙醇垫,可缓慢释放出乙醇气体,浓度约 40 pmol/mL)通过调节乙烯合成中 1-氨基环丙烷-1-羧酸合酶(ACS)和 1-氨基环丙烷-1-羧酸氧化酶(ACO)的基因表达,抑制了 ACS 和 ACO 的活性,进而减少了乙烯的生物合成量,在 20°C 延长了西兰花货架期 2 d 以上^[46]。冯晓汀等的试验分别以 10%、20%、30% 乙醇溶液处理鲜切西兰花,结果表明,所用试验浓度乙醇皆不同程度地保持了西兰花的质地,抑制了多酚氧化酶(PPO)和苯丙氨酸解氨酶(PAL)的活性,提高了采后西兰花的保鲜品质^[47]。

乙醇保鲜技术的出现使得对西兰花的保鲜技术不再拘泥于延缓黄化和保持感官品质,更是对保证西兰花组织内活性成分的一个重要举措。王慧倩等利用乙醇熏蒸处理对鲜切西兰花的总酚、总黄酮、总硫代葡萄糖苷和萝卜硫素等活性成分含量及抗氧化活性进行试验,在 20°C 条件下分别用不同体积分数的乙醇溶液对鲜切西兰花熏蒸处理 6 h,再切割成小花并在 10°C 条件下贮藏,结果表明,10% 乙醇熏蒸处理可显著抑制在 10°C 贮藏条件下鲜切西兰花的黄化,10% 乙醇熏蒸处理可有效提高 10°C 贮藏条件下鲜切西兰花总酚和总黄酮的含量,延缓总硫代葡萄糖苷和萝卜硫素含量下降,保持较高的 1,1-二苯基-2-三硝基苯肼自由基、超氧阴离子自由基和羟自由基的清除能力和还原力,从而保持较高的抗氧化活性和营养价值,证明了乙醇保鲜技术的应用意义^[48]。

1.2.2 臭氧处理技术 臭氧作为强氧化剂,具有无毒、无污染、无残留等特点。可直接用于食品的消毒、灭菌,此外还可降解贮藏环境中的有害气体,诱导果实产生抗病性^[49]。选取臭氧作为果蔬保鲜剂是利用其氧化性可将蔬菜产生的伤乙烯氧化破坏,在延缓果蔬衰老,保持果蔬品质方面效果显著。徐斐燕等研究表明,采用臭氧水对鲜切西兰花进行浸泡处理,能有效控制西兰花表面的微生物,并降低酶活性,抑制叶绿素降解,其中浓度为 2.4×10^{-6} 的臭氧水处理效果最佳,在该浓度臭氧水处理下不仅使菌落总数降低了 1 个数量级,酶活性降低 40%,在贮藏末期叶绿素含量比对照组高 53%^[5]。富新华的试验则集中在臭氧对采后西兰花表面生成微生物的控制作用上,使用不同浓度的臭氧水及时间处理对西兰花表面霉菌、酵母菌、细菌总数及大肠菌群等微生物污染具有控制作用,而臭氧水的浓度相对较高和处理时间相对较短可以降低微生物污染的程度^[50]。王宏延等的研究结果表明,2.0 mg/L 臭氧水处理采后西兰花,在贮藏 12 d 后,试验组质量损失率降低,维生素 C 含量提高,多酚氧化酶和过氧化物酶活性均有所降低^[51]。

1.2.3 1-甲基环丙烯处理技术 Wang 的研究表明,0 ~

20 $\mu\text{L/L}$ 1-MCP 在 20 $^{\circ}\text{C}$ 条件下处理西兰花花球 6 h, 将明显延长西兰花的品质寿命, 延缓包括叶绿素、胡萝卜素和维生素 C 在内的多种营养成分的降解, 从而达到果蔬保鲜的作用^[52]。郭衍银等就 1-MCP、壳聚糖对鲜切西兰花氧化及保鲜效果的作用进行了测试, 试验设置 1-MCP (2 $\mu\text{L/L}$)、壳聚糖 (2%) 及 1-MCP 联合壳聚糖等 3 个处理方案, 结果表明使用 1-MCP 能显著降低西兰花的呼吸作用, 延缓其体内叶绿素含量的下降, 维持较高的酶活性, 效果较好; 壳聚糖处理则会缩短西兰花原有存贮时间, 对保鲜不利; 1-MCP 联合壳聚糖虽有一定保鲜效果, 但与自然放置西兰花处理差异不明显^[53]。甲基环丙烯 (1-MCP) 作为新型的乙烯作用抑制剂, 能抑制乙烯释放量和呼吸强度, 延缓采后果蔬衰老, 对果蔬的采后的营养成分、风味物质以及采后病害都有一定的影响^[54]。袁晶等选用 4 种不同的西兰花品种对 1-甲基环丙烯的保鲜效果做了进一步验证^[55]。

1.3 生物保鲜技术

1.3.1 有机物质处理技术 采用微生物或抗菌素类物质, 通过喷洒或浸渍果品以降低果品采后腐烂率的保鲜方法具有高效、安全、天然、无毒副残留等优点, 并能更大程度地保留水果原有的风味营养、外观。传统的化学药剂保鲜法因存在安全隐患而受到人们的关注。因此, 须要寻找无毒、无害、无残留的有机绿色保鲜剂代替传统的一般化学保鲜剂进行果蔬保鲜。

采用有机物质对鲜切西兰花进行保鲜试验已见有多种研究报道, 林本芳等研究了纳他霉素处理对西兰花冷藏保鲜品质的影响^[56]。纳他霉素的物化稳定性好、无臭无味且安全无毒, 能有效抑制霉菌和酵母菌的生长, 已有多种研究指出利用纳他霉素可延缓果蔬保鲜和贮藏时间。试验表明, 以浓度分别为 800、1 200 mg/L 的纳他霉素处理采后西兰花, 并以 (0 \pm 1) $^{\circ}\text{C}$ 冷藏, 结果表明, 经纳他霉素作为西兰花的保鲜剂抑菌能力强, 有效防止西兰花真菌腐烂, 提高西兰花 SOD 的活性, 降低 PPO 活性, 延长了西兰花的贮藏期, 1 200 mg/L 处理的西兰花保鲜效果较好^[57-58]。李庆鹏等讨论了使用曲酸对鲜切西兰花的保鲜作用, 曲酸是由微生物好氧发酵产生的一种有机酸, 无毒无害, 食用安全, 对细菌、酵母菌及霉菌都有很强的抑制作用, 试验采用 2.5% 曲酸浸泡鲜切西兰花 15 min, 贮藏于 4 $^{\circ}\text{C}$ 条件下 12 d 后, 观察得到在 4 $^{\circ}\text{C}$ 贮藏条件下, 曲酸处理可有效减少鲜切西兰花贮藏期间水分的散失, 延缓可滴定酸、维生素 C 和叶绿素含量的下降, 减缓 MDA 的积累, 抑制 PPO 的活性, 证明曲酸可作为西兰花采后的有效保鲜剂^[59]。由于曲酸是由微生物好氧发酵产生的一种有机酸, 对细菌和酵母菌有较强的抑制作用^[60]。苏国成等的研究表明, 由于曲酸的热稳定性好, 经 121 $^{\circ}\text{C}$ 、30 min 热处理仍有良好的抑菌效果, 并且在中性条件下抑制供试细菌和酵母菌的能力强于苯甲酸钠^[61]。汤月昌等研究了果糖对西兰花抗氧化性的作用^[62], 外源蔗糖处理能延缓西兰花衰老, 蔗糖通过增强花青素和硫代葡萄糖苷的生物合成这一原理改善西兰花芽的营养价值, 而蔗糖可以水解生成葡萄糖和果糖, 葡萄糖、果糖和蔗糖可能对果蔬生理具有相似的调节作用^[63]。采用不同浓度果糖处理采后西兰花, 试验结果表明浓度为 12% 的果糖处理能有效地延长西兰花的货架寿命, 抑制西兰花色泽角值的下降和明度值的上升, 降低了叶绿素的降解速率, 维持较低水平的

POD 活性, 同时显著提高了总酚含量和多种抗氧化酶活性, 增强了西兰花的抗氧化性, 表明外源果糖作为保鲜处理手段能有效延缓西兰花的衰老, 维持采后西兰花的商品品质^[62]。

1.3.2 植物提取液技术 化学防腐保鲜剂虽具有防腐保鲜的作用, 但不可忽略的是化学合成物质影响人体健康的事实。于是, 自然界中许多具有保鲜效果的天然植物提取液被应用到现今的果蔬保鲜中^[64]。孙树杰等配制料液比为 1 g : 10 mL 的山豆根、肉豆蔻及其复合提取液, 对西兰花进行浸泡处理, 结果表明 3 种保鲜处理均可在不同程度上延缓西兰花感官品质的下降, 其中料液比为 1 g : 10 mL 的山豆根提取液保鲜效果最佳^[65]。此外, 金银花和丁香花作为中药提取液也被运用于西兰花保鲜试验中, 分别将采后西兰花放入金银花、丁香及其复合提取液中浸泡处理 15 min, 结果表明, 金银花提取液对鲜切西兰花的保鲜效果最佳^[66]。甄天元等利用不同质量分数的丁香提取液对鲜切西兰花保鲜进行保鲜试验, 分别将采后西兰花放入质量分数为 10%、15%、20% 的丁香提取液中, 结果表明, 不同浓度的丁香提取液均可在不同程度上提高鲜切西兰花的感官品质, 抑制其呼吸强度和水分损失, 延缓可滴定酸及叶绿素含量的下降^[67]。

1.4 其他保鲜技术

除上述保鲜技术外, 还有诸多其他有效的针对西兰花采后贮藏及保鲜方法。如利用保鲜剂喷雾处理冰箱贮藏期间的西兰花, 以 3.0 g/L 丙酸钙和 1.2 g/L 纳他霉素喷雾处理均能有效保持冰箱贮藏期间西兰花的感官品质, 且其中丙酸钙喷雾处理的保鲜效果优于纳他霉素^[68]。利用纳米膜和聚氯乙烯 (PVC) 膜分别对西兰花进行包装贮藏, 采用 0.03 mm 厚的纳米膜、PVC 膜和 0.04 mm 厚的 PE 膜包装西兰花, 于常温下贮藏, 结果表明, 纳米膜和 PVC 膜包装均可显著抑制西兰花的黄化及 MDA 积累, 增强西兰花 POD 和过氧化氢酶 (CAT) 的活性, 但 PVC 膜包装的保鲜效果优于纳米膜包装^[69]。亦有研究不同薄膜自发气调包装对西兰花的保鲜作用, 选用 0.02 mm 厚的双向拉伸聚丙烯 (BOPP)、聚丙烯 (PP)、聚乙烯 (PE) 等薄膜对西兰花进行自发气调包装, 5 $^{\circ}\text{C}$ 下贮藏 30 d, 结果表明, BOPP 薄膜适宜作为采后西兰花的自发气调包装材料, 贮藏 30 d 仍有较高的质量属性和外观属性, 叶绿素、可溶性糖、可溶性蛋白等营养物质均保持较高的水平; PP 薄膜包装效果次之, PE 薄膜包装效果较弱^[70]。其中前文涉及到的复合保鲜剂对西兰花采后衰老的影响, 则是将西兰花贮藏于温度为 (3 \pm 0.5) $^{\circ}\text{C}$ 、真空压强为 53.33 ~ 66.67 kPa 的微真空贮藏条件下, 利用不同浓度 6-苄基腺嘌呤和 0.2% 苯甲酸钠进行试验, 结果表明, 40 mg/L 6-BA + 0.2% SBN 处理对调控西兰花采后衰老的效果最佳^[37]。

2 结语与展望

近年来, 国内外针对西兰花已研发了多种实用保鲜技术, 但总体而言, 采收期延迟或采后不适当的贮藏环境如高温、低温等, 都可能引起西兰花贮藏过程中松球、花球变褐而使品质降低。西兰花采后贮藏保鲜难度很大。目前一些制约西兰花保鲜技术发展的关卡技术尚未明晰, 研究方法略显单一, 采用化学保鲜技术的安全性也有待研究。此外, 西兰花的种植和采收具有较强的季节性和地域性, 因此对西兰花运输流通技

术提出了较高的要求,如何开展降低贮藏、运输成本,减少采后处理环节,提高贮藏保鲜效果等问题依然制约着西兰花种植产业的发展。今后将多从以下几点开展深入研究。

2.1 重视西兰花种植栽培及贮前管理

要求种植户充分了解西兰花的特征特性。对光照、温度、水分、土壤养分等生长环境要素严格把控,重视采前管理及贮前处理。定时喷洒药物预防苗床病虫害,保持通风和土壤适度湿润,按规定时间开展定植。

定植期间做到合理密植,控制种植密度,有利于光照和花球成品率。着重开展病虫害防治工作,西兰花主要病害有黑腐病、霜霉病、菌核病等,多以预防为主。主要虫害有蚜虫、菜青虫、小菜蛾等。应采用高效低毒低残留的农药进行防治,以农业防治与生物防治相结合,采收前 14 d 停止施药,确保安全。

根据品种特性适时采收。采收前 7 d 应停止灌水。用于贮藏的西兰花应选择无机械损伤、无病虫害、结球良好的花球,采收后的花球通常还要及时尽快预冷和修建装箱,最大程度地保持西兰花的商品性,延长西兰花的货架期。

2.2 加快攻坚西兰花保鲜技术难点

深入开展与西兰花衰老与病害相关的激素调节机制研究。从分子生物学、细胞学角度研究细胞衰老机制,对叶绿素降解和抗氧化系统调控机制及其相互关系进行深入探寻。关注低温贮藏环节中经常产生的低温伤害和气调贮藏中出现的气体伤害等,从根本上对西兰花开展机制研究有利于保鲜技术的开发与拓展。

加强企业与科研院所、农业院校的技术协同。想要将先进的保鲜技术广泛应用以代替目前国内成本较低操作简单的实用技术尚需要时间。应重视国内基础和传统农业的科研工作,实现工厂和院校的共同开发,保证技术创新。引进国外先进技术,改进设备操作,鼓励将研究成果转化,满足基层种植需要。深入开发多种技术结合、安全天然、高效节能的西兰花保鲜技术。

以专利作为主导生产的要素。合理利用技术专利这一科技激励手段鼓励基层种植人员和西兰花保鲜技术的开发人员实现科研目的,获得科研奖励。有效利用专利,能有效将新型保鲜技术转化成普遍接受的科研成果,实现成果转化,得到同行认可;且专利成果将作为后续研究的科研基础;专利具有经济效益,一份具有应用价值的专利可以通过专利许可、专利权转让等可带来数目可观的经济效益,让农户或从事农业行业人员改善贮藏装备和试验设施,促进商品化和资本化;专利荣誉也会侧面反映科研队伍的科研素质和能力,起到激励创新的作用。

2.3 提携西兰花保鲜市场产业发展

近几年出版的西兰花市场及产业研究报告等对现有西兰花行业发展环境行业的市场规模、市场结构及市场特点和一系列行业周期进行了详细分析^[71]。《2016—2021 年中国保鲜西兰花行业发展分析及投资潜力研究报告》中则对国际、国内保鲜西兰花政策环境及发展进行了更为详细的阐述和分析^[72]。

以现有保鲜西兰花行业为对象结合其研发动态、进出口情况、重点企业等对保鲜西兰花市场的发展前景做出合理规划 and 科学预测。针对目前国内化学保鲜剂应用现状结合保鲜企业的发展战略,加快研制和投入新型无害生物保鲜剂或替

代品,多元技术的投入可降低生产成本,带动产业发展。加强保鲜行业的规划管理,健全保鲜服务体系。政府可制定相关法律法规和行业规范对从事保鲜加工的企业加强设备投入和人员管理,对西兰花保鲜企业良莠不齐的问题进行干预,合理化市场竞争,协调化产业发展。

2.4 改善现有西兰花冷链物流不足

西兰花是我国重要的出口蔬菜之一,因此西兰花运输流通环节也十分重要。在现代农业发展条件下,将采前栽培和病虫害防治及采后处理相结合,实行冷链流通可最大程度地提高蔬菜贮藏性。开展机械化采收,减少采收伤害;把握预冷、包装、冷藏、运输等 4 个关键控制点。培训专业人员,改善物流基础设施,向配套化、自动化及标准化上提升,尽可能做到全程冷链来减少西兰花流通环节的损耗、保持采收时质量;严格按照西兰花冷冻冷藏的标准进行规范化操作,对西兰花供应商、物流服务商和经销商实行规范普及和技术指导;研究和掌握国内外果蔬市场动向,发展生产种植、贮藏保鲜、供销运输一体化道路,有效促进农业产业链的发展升级。

参考文献:

- [1] 叶保华,赵继承,朱胜龙. 鲜切西兰花贮藏保鲜技术研究[J]. 包装与食品机械,2009,27(3):18-21.
- [2] Lund F. Non-nutritive bioactive constituents of plants: dietary sources and health benefits of glucosinolates[J]. International Journal for Vitamin and Nutrition Research,2003,73(2):135-143.
- [3] Ma G, Wang R, Wang C R, et al. Effect of 1-methylcyclopropene on expression of genes for ethylene biosynthesis enzymes and ethylene receptors in post-harvest broccoli[J]. Plant Growth Regulation, 2009,57(3):223-232.
- [4] Ma G, Wang R, Wang C R. Effect of 1-methylcyclopropene on the antioxidant enzymes of broccoli flower buds senescing during storage[J]. Japan Crop Science,2007,224(9):274-275.
- [5] 徐斐燕,蒋高强,陈健初. 臭氧在鲜切西兰花保鲜中应用的研究[J]. 食品科学,2006,27(5):254-257.
- [6] 宋伯慧. 基于大物流要素理论的物流系统研究[D]. 北京:北京交通大学,2013.
- [7] 石建新,安秀章,张立新,等. 采后照光处理对富士苹果增色及贮藏的影响[J]. 果树科学,2000,17(3):170-174.
- [8] Noichinda S, Bodhipadma K, Mahamontri C, et al. Light during storage prevents loss of ascorbic acid, and increases glucose and fructose levels in Chinese kale (*Brassica oleracea* var. *alboglabra*) [J]. Postharvest Biology and Technology,2007,44(3):312-315.
- [9] 张娜,阎瑞香,关文强,等. LED 单色红光对西兰花采后黄化抑制效果的影响[J]. 光谱学与光谱分析,2016,36(4):955-959.
- [10] 王连伏,王美霞,刘斌,等. LED 红蓝光照射对西兰花保鲜效果的影响[J]. 保鲜研究,2017,17(3):47-52.
- [11] 李宁,阎瑞香,张娜. LED 复合光处理对西兰花低温保鲜效果的影响[J]. 华北农学报,2015,30(1):188-193.
- [12] 伍新龄,张娜,张晓洁,等. LED 红蓝复合光间歇照射对西兰花贮藏品质的影响[J]. 保鲜与加工,2015,15(5):6-10.
- [13] 姜爱丽,马艳,胡文忠,等. 切割伤害对油桃果实熟软化及乙烯合成的影响[J]. 食品科学,2010,31(2):264-268.
- [14] Izumi H, Watada A E, Douglas W. Optimum O₂ or CO₂ atmosphere for storing broccoli florets at various temperatures[J]. Journal of the

- American Society for Horticultural Science, 1996, 121 (1): 127 – 131.
- [15] Jones R B, Faragher J D, Winkler S. A review of the influence of postharvest treatments on quality and glucosinolate content in broccoli (*Brassica oleracea* var. *italica*) heads [J]. Postharvest Biology and Technology, 2006, 41 (1): 1 – 8.
- [16] Imahori Y, Yamamoto K, Tanaka H, et al. Residual effects of low oxygen storage of mature green fruit on ripening processes and ester biosynthesis during ripening in bananas [J]. Postharvest Biology and Technology, 2013, 77 (3): 19 – 27.
- [17] 孙志文, 吕凤艳, 郭衍银, 等. O_2/CO_2 气调中 CO_2 对西兰花叶绿素降解及保鲜作用 [J]. 食品科学, 2016, 37 (18): 313 – 317.
- [18] 吕凤艳, 王 亮, 郭衍银, 等. O_2/CO_2 气调对西兰花保鲜的后续效应 [J]. 食品科学, 2017, 38 (21): 241 – 244.
- [19] 李 玲, 陈 东, 郭衍银, 等. $10\text{ }^\circ\text{C}$ 下 O_2 联合 CO_2 气调对西兰花生理生化及保鲜效果的影响 [J]. 西北农业学, 2013, 22 (9): 146 – 152.
- [20] 纪淑娟, 熊振华, 程顺昌, 等. 1 – MCP 和 CO_2 自发释放处理对西兰花常温货架期的保鲜作用 [J]. 食品与发酵工业, 2014, 40 (2): 202 – 206.
- [21] Ku V, Wills R. Effect of 1 – methylcyclopropene on the storage life of broccoli [J]. Postharvest Biology and Technology, 1999, 17 (2): 127 – 132.
- [22] 高 雪, 杨绍兰, 王 然, 等. 近冰温贮藏对鲜切西兰花保鲜效果的影响 [J]. 中国食品学报, 2013, 13 (8): 140 – 146.
- [23] 张 怡, 关文强, 张 娜, 等. 温度对西兰花抗氧化活性及其品质指标影响 [J]. 食品研究与开发, 2011, 32 (8): 156 – 161.
- [24] Xu C J, Guo D P, Yuan J, et al. Changes in glucoraphanin content and quinone reductase activity in broccoli (*Brassica oleracea* var. *italica*) florets during cooling and controlled atmosphere storage [J]. Postharvest Biology and Technology, 2006, 42 (2): 176 – 184.
- [25] 高 雪, 王 然, 朱俊向, 等. 冰温结合自发气调包装贮藏对鲜切西兰花保鲜效果的影响 [J]. 中国食品学报, 2012, 13 (12): 122 – 128.
- [26] Martínez – Hernández G B, Artés – Hernández F, Gómez P A, et al. Comparative behaviour between kailan – hybrid and conventional fresh – cut broccoli throughout shelf – life [J]. LWT – Food Science and Technology, 2013, 50 (1): 298 – 305.
- [27] 张海芳, 赵丽芹, 韩育梅. 热处理在果蔬贮藏保鲜上的应用 [J]. 农产品加工, 2007 (1): 34 – 35.
- [28] 凌 喆, 郑淑芳, 孙程旭, 等. 热处理在果蔬保鲜贮藏方面的研究与应用 [J]. 安徽农业科学, 2007, 35 (8): 2399 – 2400.
- [29] Zhang Z, Nakano K, Maezawa S. Comparison of the antioxidant enzymes of broccoli after cold or heat shock treatment at different storage temperatures [J]. Postharvest Biology and Technology, 2009, 54 (2): 101 – 105.
- [30] 董华强, 宁正祥, 汪跃华, 等. 双温热处理对西兰花采后贮藏品质的影响 [J]. 食品科学, 2005, 26 (12): 231 – 234.
- [31] Lemoine M L, Civello P, Chaves A, et al. Hot air treatment delays senescence and maintains quality of fresh – cut broccoli florets during refrigerated storage [J]. Food Science and Technology, 2009, 42 (6): 1076 – 1081.
- [32] 程顺昌, 魏宝东, 熊振华, 等. 西兰花采后贮藏保鲜技术研究进展 [J]. 食品科学, 2014, 35 (7): 270 – 275.
- [33] 王世清. 微真空贮藏设施: CN03106989. 4 [P]. 2004 – 09 – 22.
- [34] 岳本芳, 周莎莎, 李文香, 等. 微真空贮藏对西兰花采后品质的影响 [J]. 食品研究与开发, 2012, 33 (10): 183 – 186.
- [35] 吕利华, 梁丽绒, 赵良启. 山西老陈醋中有机酸的 HPLC 测定分析 [J]. 食品科学, 2007, 28 (11): 456 – 459.
- [36] 牟其云, 李文香, 寇兴凯, 等. 微真空贮藏条件对鲜切西兰花保鲜效果的影响 [J]. 现代食品科技, 2013, 29 (10): 2469 – 2473.
- [37] 王丽娇, 孙兴丽, 岳本芳, 等. 微真空条件下复合保鲜剂对西兰花采后衰老的影响 [J]. 现代食品科技, 2013, 29 (6): 1243 – 1246.
- [38] 郑先章, 蒋立军, 熊伟勇. 减压不冻结保鲜技术研究与应用 [C]. 中国农业工程学会学术年会, 2011.
- [39] 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, 24.
- [40] 范新光, 肖 璐, 张振富, 等. 减压冷藏和气调冷藏对鲜切西兰花保鲜效果的比较分析 [J]. 食品科学, 2014, 35 (2): 277 – 281.
- [41] Burg S P. Postharvest physiology and hypobaric storage of fresh produce [M]. Wallingford: CAB International, 2004.
- [42] Ansorena M R, Marcovich N E, Roura S I. Impact of edible coatings and mild heat shocks on quality of minimally processed broccoli (*Brassica oleracea* L.) during refrigerated storage [J]. Postharvest Biology & Technology, 2011, 59 (1): 53 – 63.
- [43] Alvarez M V, Ponce A G, Moreira M R. Antimicrobial efficiency of chitosan coating enriched with bioactive compounds to improve the safety of fresh cut broccoli [J]. LWT – Food Science and Technology, 2013, 50 (1): 78 – 87.
- [44] Moreira M R, Roura S I, Ponce A G. Effectiveness of chitosan edible coatings to improve microbiological and sensory quality of fresh cut broccoli [J]. LWT – Food Science and Technology, 2011, 44 (10): 2335 – 2341.
- [45] 聂青玉. 壳寡糖涂被纸包装对西兰花采后保鲜的影响 [J]. 食品科技, 2014, 39 (6): 63 – 66.
- [46] Asoda T, Terai H, Kato M, et al. Effects of postharvest ethanol vapor treatment on ethylene responsiveness in broccoli [J]. Postharvest Biology and Technology, 2009, 52 (2): 216 – 220.
- [47] 冯晓汀, 刘洪丽, 吴 秀, 等. 乙醇对鲜切西兰花品质及其生理、生化代谢的影响 [J]. 食品科学技术学报, 2015, 33 (6): 18 – 23.
- [48] 王慧倩, 郑 聪, 王华东, 等. 乙醇熏蒸处理对鲜切西兰花活性成分和抗氧化活性的影响 [J]. 食品科学, 2014, 35 (16): 250 – 254.
- [49] 王文生, 罗云波, 石志平. 臭氧在果蔬贮藏保鲜中的研究与应用 [J]. 保鲜与加工, 2004, 4 (1): 5 – 7.
- [50] 富新华. 臭氧水对鲜切西兰花微生物污染的控制作用 [J]. 北方园艺, 2012 (21): 124 – 126.
- [51] 王宏延, 曾凯芳, 贾 凝, 等. 不同质量浓度臭氧化水对鲜切西兰花贮藏品质的影响 [J]. 食品科学, 2012, 33 (2): 267 – 271.
- [52] Wang Q M, Win K. Effect of 1 – MCP on storage life, quality and antioxidant enzyme activities of broccoli [J]. Journal of Zhejiang University, 2002, 28 (5): 507 – 512.
- [53] 郭衍银, 姜 颜, 彭 楠, 等. 1 – 甲基环丙烯和壳聚糖对鲜切西兰花活性氧代谢及保鲜效果的影响 [J]. 食品科学, 2012, 33 (18): 270 – 274.
- [54] 李晓旭, 李家政. 西兰花采后生理及保鲜技术研究进展 [J]. 北方园艺, 2013 (14): 196 – 199.
- [55] 袁 晶, 徐志豪, 许亚俊, 等. 1 – MCP 对青花菜贮藏效果的影响 [J]. 浙江农业学报, 2005, 17 (1): 31 – 34.

杜 静,常志州,钱玉婷,等. 农村生活垃圾处理模式及技术发展趋势[J]. 江苏农业科学,2019,47(6):11-14.
doi:10.15889/j.issn.1002-1302.2019.06.003

农村生活垃圾处理模式及技术发展趋势

杜 静,常志州,钱玉婷,靳红梅,黄红英

(江苏省农业科学院循环农业研究中心/江苏省农业废弃物资源化工程技术研究中心,江苏南京 210014)

摘要:开展农村生活垃圾处理处置工作符合国家层面的需求,对推进社会主义新农村建设,改善农村生态环境,建设和谐型新农村具有重要意义。本研究由日益严重的农村生活垃圾处理问题入手,首先从政策层面总结了关于农村生活垃圾处理的发展进程及未来发展重点,然后对国内外农村生活垃圾处理模式和处理技术的发展趋势进行分析,在此基础上指出应当根据各地区农村的特点开发适合农村、有较高经济效益的生活垃圾资源化新技术,并从完善我国农村生活垃圾处理系统的角度提出了相关建议。

关键词:农村;生活垃圾;处理模式;处理技术;发展趋势

中图分类号: X705 **文献标志码:** A **文章编号:** 1002-1302(2019)06-0011-04

随着社会经济的快速发展和农村城镇化水平的不断提高,农村的生活水平及生产生活方式发生了重大变化,农村生活垃圾数量也逐年增多,成分日趋复杂,治理难度大幅度增加^[1]。据卫生部 2007 年调查结查显示,我国农村生活垃圾人均产生量达 0.86 kg/(d·人),产生总量约 3 亿 t/年^[2-6]。日益严重的农村生活垃圾污染问题已逐渐影响农民生活生产和农村城镇化建设,制定并实行切实可行的防治对策十分必要;

有效地解决农村生活垃圾污染问题,对改善农村生态环境和提高农村群众生活质量具有重要意义,也符合生态文明的理念^[7]。

在政策层面,建设社会主义新农村,改善农村生态环境,已成为我国各级政府农村工作的重要内容。2005 年 10 月,中国共产党十六届五中全会通过《“十一五”规划纲要建议》,提出要按照“生产发展、生活宽裕、乡风文明、村容整洁、管理民主”的要求,扎实推进社会主义新农村建设。其中,村容整洁是社会主义新农村建设的重要内容。之后,党中央、国务院先后发布了《中共中央国务院关于推进社会主义新农村建设的若干意见》《国务院关于落实科学发展观加强环境保护的决定》和国务院办公厅转发的《关于加强农村环境保护工作的意见》等重要文件,对农村环境保护提出了明确的要求,其中《中共中央国务院关于推进社会主义新农村建设的若干意

收稿日期:2017-12-06

基金项目:江苏省重点研发计划(编号:BE2015356);国家科技支撑计划(编号:2015BAL04B05)。

作者简介:杜 静(1982—)男,四川眉山人,硕士,副研究员,主要从事农业固体废弃物资源化研究。E-mail:dj1982111@126.com。

通信作者:黄红英,硕士,研究员,主要从事农业固体废弃物资源化研究。E-mail:sfmicrolab@163.com。

[56]林本芳,鲁晓翔,李江阔,等. 纳他霉素对西兰花的保鲜效果[J]. 食品与发酵工业,2012,38(9):186-190.

[57]Hondrodinou O,Kourkoutas Y,Panagou E Z. Efficacy of natamycin to control fungal growth in natural black olive fermentation[J]. Food Microbiology,2011,28(3):621-627.

[58]阎永贞,周绪霞,李卫芬,等. 纳他霉素抑菌机理及其在食品中的应用[J]. 食品工业科技,2010,31(4):365-367,373.

[59]李庆鹏,崔文慧,郭 芹,等. 曲酸处理对鲜切西兰花品质及生理变化的影响[J]. 核农学报,2014,28(9):1664-1668.

[60]孙 微,陶文沂. 曲酸在食品添加剂中的应用[J]. 食品与发酵工业,1997,23(1):69-72.

[61]苏国成,汤凤霞,杨秋月,等. 曲酸对常见食品污染菌的抑制作用[J]. 食品与发酵工业,2005,31(3):47-51.

[62]汤月昌,许 风,董桂泉,等. 果糖对西兰花抗氧化性及其品质的影响[J]. 现代食品科技,2015,31(4):164-169.

[63]Gapper N E,Coupe S A,Mckenzie M J. Regulation of harvest-induced senescence in broccoli (*Brassica oleracea* var. *italica*) by cytokinin, ethylene, and sucrose[J]. Plant Growth Regulation,2005,24(3):153-165.

[64]何文燕,韦剑锋. 中草药提取物保鲜果蔬的应用研究概述[J].

广西农业科学,2005,36(1):85-87.

[65]孙树杰,谢小雷,李文香,等. 山豆根、肉豆蔻提取液对西兰花保鲜效果的影响[J]. 包装与食品机械,2013,31(1):15-19.

[66]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,2012,33(6):283-287.

[67]甄天元,彭晓蓓,李文香,等. 丁香提取液对鲜切西兰花保鲜效果的影响[J]. 食品科学,2011,32(10):279-282.

[68]李玉珍,朱艳华,张 鹏,等. 不同保鲜剂喷雾处理对冰箱贮藏期间西兰花保鲜效果的影响[J]. 保鲜与加工,2017,17(3):5-10.

[69]史君彦,高丽朴,左进华,等. 纳米膜和 PVC 膜包装对西兰花贮藏保鲜的影响[J]. 食品工业科技,2016,37(19):255-266.

[70]敖 静,张昭其,黄雪梅. 不同薄膜自充气调包装对西兰花的保鲜效果[J]. 广东农业科学,2015,42(2):77-81.

[71]千讯(北京)信息咨询有限公司. 中国西兰花行业发展研究报告[R/OL]. [2017-11-01]. <http://www.qianinfo.com/Industry/7/3676796.html>.

[72]宇博智业. 2016—2021 年中国保鲜西兰花行业发展分析及投资潜力研究报告[R/OL]. [2017-11-01]. <http://www.chinabgao.com/report/1635323.html>.