

西芹冷链技术的研究现状

贾丽娥¹, 刘升¹, 段小明¹, 王利斌², 张潇方^{1,3}, 孙丽君^{1,3}

(1. 北京市农林科学院 蔬菜研究中心, 国家蔬菜工程技术研究中心, 北京 100097; 2. 扬州大学 食品科学与工程学院, 江苏 扬州 225127; 3. 上海海洋大学 食品学院, 上海 201306)

摘要: 总结、分析了西芹预冷、贮藏保鲜、运输以及销售各个环节的国内外研究概况, 阐述西芹冷链研究中存在的问题及其发展趋势, 为西芹的储运保鲜提供理论参考。

关键词: 西芹; 冷链; 研究现状

中图分类号: S 636.909⁺.3 **文献标识码:** A **文章编号:** 1001-0009(2016)19-0195-04

西芹(*Apium graveolens* Linn)属伞形科芹菜属一年生草本植物, 是一种耐寒性柱状蔬菜, 脆嫩爽口, 香味独特, 是世界各地普遍种植的主要蔬菜之一^[1]。西芹富含蛋白质、碳水化合物、矿物质及多种维生素等营养物

第一作者简介: 贾丽娥(1984-), 女, 硕士, 助理研究员, 现主要从事果蔬采后保鲜技术等研究工作。E-mail: jialie@nercv.org.

责任作者: 刘升(1960-), 男, 本科, 教授级高级工程师, 研究方向为果蔬冷链装备和技术及制冷工程。E-mail: liusheng@nercv.org.

基金项目: “十二五”国家科技支撑计划重点资助项目(2015BAD19B02); 北京市农林科学院科技创新能力建设专项资助项目(KJCX20140205)。

收稿日期: 2016-07-26

质^[2], 随着食品科学与预防医学的发展, 西芹被证明含有芹菜素、芹菜苷、甘露醇和挥发油等独特成分, 有清热消炎、降压、镇静、健胃等功效^[3-4], 常食可抗氧化、预防癌症和心脑血管疾病等, 具有非常高的药用价值^[5-7], 因此西芹成为人们生活中不可缺少的重要蔬菜之一。

然而, 西芹含水量高达 88.0%~95.3%^[8], 采后旺盛的呼吸作用导致其极易失水萎蔫、脱绿黄化, 营养物质在贮藏中消耗加速, 致使流通中腐损率高, 品质下降, 货架期短, 因此西芹冷链物流引起人们极大的关注^[9-10]。冷链是指新鲜西芹从采收到消费的全过程都处在适宜低温条件下的现代化保鲜体系, 保证西芹质量, 减少流通中的损耗, 防止西芹变质和污染的物流方式。

Effect of Mixed Application of Three Fertilizer Synergists on Growth and Quality of Cherry Tomato

REN Maofei, WANG Jiqing, LI Yu, ZHOU Yan, YANG Li

(College of Horticulture, Henan Agricultural University, Zhengzhou, Henan 450002)

Abstract: Cherry tomato ‘Jinlinglong’ was used as test material, the effect of mixed application of sodium nitrophenolate, DA-6, and NNA combined with integrative water and fertilizer on the growth and fruit quality of cherry tomato were studied under glass-greenhouse. The results showed that three kinds of fertilizer synergistic mixtures using a combination of water and fertilizer, could promote cherry tomato plant height, especially in the early growth stage, which 8 mg · L⁻¹ compound sodium nitrophenolate + 4 mg · L⁻¹ alpha-naphthyl acetate treatment on line high the most significant role in promoting, 5 mg · L⁻¹ DA-6 + 8 mg · L⁻¹ compound sodium nitrophenolate treatments. Three kinds of fertilizer synergistic mixture on base stem diameter of cherry tomato only 8 mg · L⁻¹ compound sodium nitrophenolate + 4 mg · L⁻¹ alpha-naphthyl acetate obvious role in promoting, on cherry tomato fruit number, fruit rate, fruit weight difference was small, did not affect to yield. Each treatment of cherry tomato vitamin C content increased significantly, among them 5 mg · L⁻¹ DA-6 + 4 mg · L⁻¹ alpha-naphthyl acetate, 5 mg · L⁻¹ DA-6 + 8 mg · L⁻¹ sodium nitrophenolate, 8 mg · L⁻¹ sodium nitrophenolate + 4 mg · L⁻¹ alpha-naphthyl acetate comparing with the control group were increased by 35%, 119%, 139%.

Keywords: fertilizer synergist; cherry tomato; quality; yield

在国内外相关研究的基础上,文章对西芹保鲜技术国内外流通领域的应用研究现状进行论述,并重点阐述目前西芹冷链研究中存在的问题及其发展趋势,以期以西芹产业的发展提供一定理论指导和技术支持。

1 西芹采收和预冷方式

美国西芹采收和预冷经历了近 40 年的发展,完成了由人工转向机械化的处理模式。早期,人们将采收的西芹进行简单冲洗,分束装于板条箱后再集装,然后通过直接在包装箱冰水喷洒预冷装置进行冷却;然而,通常大部分的做法是未经初步清洗直接将西芹板条箱集装,进行冰水喷洒预冷^[11]。西芹产地人工采收、分级、分束装于板条箱中预冷也是佛罗里达州的一贯做法,这个体系需要 236 个劳动力,平均每小时预冷 1 000 个板条箱,比较耗时耗力,为省时省力,降低成本,在随后的几年中,研究者们提出西芹采后需要机械化处理,由此设计出一种装备,进行机械采收、去除杂物、分级和包装,这样能减少劳动力 40%,每个板条箱降低成本 17.2 美分^[12]。

我国西芹目前仍以人工采收为主,尚未做到按成熟度分期采收和专用机械采收。大部分西芹的采收时间根据市场行情而定,株型高大、紧凑的西芹可以适当延迟采收,采收一般在傍晚或者清晨进行(防止大量田间热),对于高档大株西芹,心叶直立向上,实心,单株质量 1 kg 左右为最佳采收时间。采收方式为人工用刀齐土面割下,去顶梢,去掉泥土和黄、病叶,一般单颗装袋,多袋装箱后装车预冷。对于小株西芹,采收和处理方式与高档大型植株相同,但是小株西芹一般多颗、分束装袋,然后装箱、装车预冷。

预冷一般有风冷、水冷、冰水混合预冷和真空预冷等方式。我国西芹一般采用冷库预冷、冰预冷,强制通风冷却方式也有报道^[13]。冷库预冷带车进行,预冷目标温度在 0~2℃^[10]。任云霞等^[14]在冷藏温度为 5~7℃,镁盐溶液的浓度为 0.2% 条件下,对比了普通冰预冷和镁盐冰预冷对芹菜的冷藏效果,结果表明,冰预冷后冷藏均可以抑制西芹衰老,减缓代谢,保鲜效果明显,但是镁盐冰预冷冷藏对西芹的保绿效果更明显。与国外相比,我国果蔬采后商业化处理和预冷等相关标准和体系匮乏,应用更少。大部分果蔬采后直接进冷藏间,将预冷和冷藏合并为一个环节,冷库设计也较少有预冷间配套,专用预冷设备仅限于用在杨梅、芦笋、冬枣等高附加值果蔬产品上^[15]。

2 西芹分级、包装和贮藏的方式

果蔬分级、包装有利于提升产品档次和市场竞争能力。我国大多数果蔬出口分级以人工操作为主,少数实力企业购置了分选设备。目前我国果蔬包装方法按国

际相关标准和客户要求制作,国内果蔬包装缺乏统一标准、较为混乱^[15]。西芹包装常用竹筐、纸箱、草袋、塑料袋等,冷库贮藏时,可装入有孔的聚乙烯膜衬垫的纸箱内。聚乙烯膜衬垫根据西芹植株大小规格不同,高档大株西芹,单株净菜在 1 kg 以上,1 株 1 袋,装入无毒保鲜袋内(有孔,规格 50 cm×20 cm),小株西芹一般装入 0.08 mm 厚的带孔聚乙烯袋内(规格 100 mm×75 mm),每袋装 10~15 kg^[10]。冷库贮藏库温控制在 0℃左右,相对湿度控制在 98%~100%,可贮藏 2 个月^[10,16]。

西芹包装可以分为薄膜内包装和不同材质箱子的外包装,贮藏一般采用冷库或冷库+保鲜袋贮藏,以低温、物理保鲜为主。如同其它蔬菜,西芹贮藏分为鲜切保鲜和整株保鲜。由于芹菜采后生理旺盛,消耗本身基质多,营养损失较大,考虑到成本,有报道称鲜切西芹在 4~7℃下的冷藏效果最佳^[17-18];刘少典等^[19]研究了过氧化氢、柠檬酸与氯化钙组合,以及高密度聚乙烯薄膜、普通聚乙烯薄膜和低密度聚乙烯薄膜包装对鲜切西芹的保鲜作用,得出过氧化氢+柠檬酸+氯化钙组合可降低西芹失重率,同时呼吸代谢、相对电导率处于较低水平,贮藏 9 d 时,鲜度指数可达到 76.9%。潘磊庆等^[20]认为用臭氧水处理后薄膜包装,能有效提高鲜切西芹的货架期。GOMEZ 等^[21]和 ZHANG 等^[22]分别对鲜切西芹的气调保鲜和臭氧水处理技术进行了较为深入的研究,GOMEZ 等^[21]研究表明鲜切西芹在 6 kPa O₂+7 kPa CO₂ 定向聚丙烯包装袋(oriented polypropylene bags, OPP)中气调环境稳定,经过 4℃贮藏 15 d 后,品质最好;ZHANG 等^[22]发现臭氧水处理的鲜切西芹明显抑制了多酚氧化酶(polyphenoloxidase, PPO)活性和呼吸速率,0.18 mg·L⁻¹的臭氧水处理鲜切西芹保鲜效果最好,微生物种群数量降至 1.69 Log cfu·g⁻¹ 以下。鲜切西芹的贮藏技术对整颗西芹保鲜研究有一定的参考意义。

目前,市场上西芹均以带叶方式贮运,高品质整株西芹更能满足现代人们的身心需求。因此,近年来国内外学者对整颗西芹的贮藏研究逐步增多。据侯建设等^[9]报道,2℃低温下,用海军医学研究所研制的 LHPE+抗菌剂包装,可明显抑制西芹黄化和脱水萎缩,贮藏 37 d 后仍然保持新鲜状态。关文强等^[23]采用高湿型冰箱(采用低温空气负压加湿新技术研制而成),研究了低温(4~6℃)、高湿(85%~96%)环境对西芹的保鲜效果,结果表明,高湿度冰箱贮藏西芹比普通冰箱有更好的湿度控制性能(普通冰箱湿度在 40%~70%),因此更能够保持西芹水分散失,有效阻止硬度、叶绿素和维生素 C 含量的降低,贮藏后期仍然有较好的外观和风味;RIZZO 等^[24]在相对湿度 90%, (4±1)℃温度下,比较了聚烯烃防雾(polyolefin anti-fog, AF)和聚丙烯微孔膜

(polypropylene micro perforated, MP) 包装的贮藏效果,发现 AF 和 MP 膜包装的西芹货架期都能达到 31 d,但是 AF 膜包装的西芹质量损失、结构和颜色变化不大,31 d 后仍然新鲜嫩脆。除了低温、高湿和薄膜包装,研究者们又尝试了其它方法,比如不同根处理对西芹的冷藏效果,发现西芹采后切根,塑料薄膜包装,4℃低温下贮藏期可达 25 d^[25];王超等^[26]利用 LED 果蔬保鲜试验箱(光强为 $10 \mu\text{mol} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$),研究相对湿度 90%,4℃冷库贮藏对西芹品质的影响,发现光处理有利于保持采后西芹叶绿素和维生素 C 含量,背光面和无光下叶绿素损失率分别是迎光面的 1.56、1.50 倍,维生素 C 损失率分别是迎光面的 1.67、1.86 倍,在控制好相对湿度条件下,光照不会加大西芹失重率,同时光照处理有助于延缓其硬度衰降进程。

随着材料和环境科学的发展,以提高西芹采后品质为研究基础,研发绿色可持续利用的包装材料,优化设计节能减排的贮藏方式,筛选出西芹采后最佳预冷、包装和贮藏方法,延长其贮藏寿命。

3 西芹冷链运输方式

在运输技术与装备方面,西芹的冷藏运输技术和其它鲜活农产品一样由公路冷藏运输、铁路冷藏运输、水路冷藏运输发展到冷藏集装箱多式联运。

早期国外西芹的公路冷藏运输方式简单粗放,导致西芹茎秆清洗不全面留有昆虫、污垢等物质,或者包装后未能得到充分、均匀的预冷,而使西芹在运输过程中相当容易败坏。即便这种处理方式运输的西芹到达目的地后仍然状态良好,但是,经销商接收后,在销售之前同样必须进行彻底清洗,这是西芹风味恶化的主要原因之一^[11],同时附加的劳动和处理无形中增加了西芹成本,减少了运输者的利润。为了降低成本,减少货运损耗,公路冷藏运输技术开始向节能环保、小批量、标准化方向发展,欧洲公路运输快捷灵活,最早实现了“门对门”服务。铁路运输在易腐品运输中占有很大比例(55%左右),于 20 世纪 70 年代开始欧洲实行冷集箱与铁路冷藏车的配套使用,解决了铁路运输不能进行“门到门”服务的问题,提高了铁路冷藏运输农产品的质量^[27]。

果蔬运输虽是最活跃的环节,但是我国冷藏运输环节薄弱。我国冷链设施设备陈旧、发展和分布不均衡,冷藏保温车、机冷车和冷藏集装箱的拥有量低,全国每年由铁路调运的易腐货物约 1 000 万 t,其中能保证用冷藏列车运输的货物只占 25%,水路冷运能力更显不足^[15]。因此,现有条件无法为西芹流通提供低温保障,导致西芹采后运输环节损耗严重,物流费用过高。结合实际,陈现臣等^[10]研究发现西芹用冷藏车或者保温车运输效果较好,一般车辆可在清晨装车,车箱内放 4~5 个

大冰块即可。王林^[28]指出运输时最好采用冷藏车,无冷藏设备的短期贮运也可以采用加冰块的方法,即西芹放入容器时,将冰块放入塑料袋内平铺于菜面上,每一层或者 2 层西芹加 1 层冰块,一箱大约 40 kg 的西芹需冰块 10 kg。

4 西芹冷链销售方式

销售是物流系统中的最后一个环节。以美国为例的发达国家连接果蔬等农产品供销的主体主要有农场主参加的销售合作社、政府信贷公司、农商联合体、产地市场或中央市场的批发商、零售商、代理商、储运商和加工商等^[29]。表现形式既有高度现代化的批发市场、连锁超市,也有十分简单的路边摊档、农民商店或自主采摘方式,销售渠道非常庞大便利,此外,各种行业协会还为农场主提供信息服务和有力支持。

我国果蔬的销售主体和形式比较单一,一般在超市或无公害蔬菜连锁店冷柜中进行,大型批发市场一般都建有不同容量的冷库,供经销商周转暂存果蔬产品。由于新鲜果蔬经营风险大,目前大多超市不将其作为主要经营商品,所以不配备果蔬贮藏周转能力的设施,少数超市建有小库容冷库^[15]。我国西芹贮销配送中多数都是由生产商和经销商完成,这个环节关键要注意防止萎蔫和避免呼吸热引起伤害,病害主要有斑枯病、灰霉病和软腐病,有研究指出其防治方法是采收后尽快预冷,且贮销温度最好始终保持在 0~2℃低温条件^[10]。我国西芹冷链的第三方物流发展滞后,服务和信息系统不够健全,影响了西芹销售的质量、准确性和及时性,造成冷链的成本和商品损耗很高。

5 西芹冷链物流的问题与展望

发达国家的果蔬冷链物流已经实现科学化、规范化、规模化和现代化,包括西芹在内的果蔬流通损失率控制在 2%以内,我国蔬菜冷链物流水平很低,腐损率高达 30%。从整个物流过程来看,我国西芹冷链分为 3 个阶段:一是采摘整理阶段,主要由分散的菜农完成,包括采摘、分级和整理等,人工操作粗放、简单;二是贮运阶段,主要由贩运商、储运商完成,包括运输、仓储和流通等,需要相对较高的物流设备含量和运作技术,但是实际上物流设备数量严重不足、技术水平低;三是批发和零售阶段,主要由个体商贩以及超市等批发和零售终端完成,涉及配送和短期储存,终端设备含量和物流技术从传统到现代变化较大,我国目前有针对性冷链最后一公里的设备,但是数量不足,应用范围有限。由于我国西芹批发市场也具有“群体大、规模小”的特点,西芹冷链的 3 个阶段物流信息传递慢、联系较少,从生产到销售的整个链条发展极不平衡,预冷、分级包装和冷藏运输等各环节断链现象严重。

为促进西芹产业的长足发展,进一步方便人们的生活,同时增强我国西芹在国际市场上的竞争力,我国西芹产业如何通过发展冷链物流,早日走上规范化、产业化、国际化道路,是一个重大课题。首先,大力建设和发展无公害西芹标准化生产基地;其次,完善冷链设施和监管机制;最后,建立、健全西芹冷链物流运行模式,加快推荐西芹冷链物流的标准化,同时加大科技投入,针对西芹冷链各环节,做到既有技术指导又有理论依据,如贮藏保鲜技术和现代物流技术的应用与创新将从根本上解决西芹短期贮藏保鲜、长途运输中遇到的问题;对影响西芹品质的内在机理的研究以及预冷技术、控温贮藏、包装技术等的应用将改善西芹在贮运过程中的品质等。

参考文献

- [1] 沈火林,朱鑫,冯锡刚,等. 芹菜耐寒性的初步鉴定[J]. 中国农学通报,2006,22(2):316-319.
- [2] 徐诗涛,陈秋波,宋希强,等. 新型食用蔬菜鸟巢蕨嫩叶营养成分检测[J]. 热带作物学报,2012,33(8):1487-1493.
- [3] EVERARD J D, CUCCI R, KANN S C, et al. Gas exchange and carbon partitioning in the leaves of celery at various levels of root zone salinity[J]. Plant Physiology, 1994, 106: 281-292.
- [4] 杨月欣,王光亚,潘兴昌. 中国食物成分表[M]. 北京:北京大学医学出版社,2009:40-41.
- [5] 晋燕. 西芹新知[J]. 食品与药品,2006,8(12B):71.
- [6] RUPEREZ P, TOLEDANO G. Celery by-products as a source of mannitol[J]. European Food Research and Technology, 2003, 216(3): 224-226.
- [7] KOLAROVIC J, POPOVIC M, ZLJNSKA J, et al. Antioxidant activities of celery and parsley juices in rats treated with doxorubicin[J]. Molecules, 2010, 15(9): 6193-6204.
- [8] 张有林. 蔬菜贮藏保鲜技术[M]. 北京:中国轻工业出版社,2000.
- [9] 侯建设,李中华,江杰,等. 芹菜的薄膜包装冷藏研究[J]. 食品科学, 2002, 23(6): 143-145.
- [10] 陈现臣,王彩霞,曾学清. 西芹夏季无公害生产与贮藏技术[J]. 安徽农业科学,2003,31(4):651-652.
- [11] BELL J W, BELL T J. Method of cleaning and precooling vegetables for shipment. U. S. Patent 1,708,253[P]. 1992-04-09.
- [12] HENRY F E. Packing celery in a central packinghouse[C]. Florida State Horticultural Society, 1968: 132-139.
- [13] LYU S P, LYU E L, LU H Z, et al. Current researches on precooling technology and equipment for fruits and vegetables in China[C/OL]. 2015 ASABE Annual International Meeting 152182858. <http://doi: 10.13031/aim.20152182858>.
- [14] 任云霞,孙勇. 芹菜保鲜研究[J]. 保鲜与加工,2001(2):11-12.
- [15] 杜卫东,魏启文,高观. 我国蔬菜水果冷链物流发展战略研究[J]. 烟台职业学院学报,2008,14(2):24-32,92.
- [16] 胡小松,张彤. 蔬菜贮藏保鲜技术[M]. 北京:科学普及出版社,1992.
- [17] LOAIZA-VELARDE J G, MANGRICH M E, CAMPOS-VARGAS R, et al. Heat shock reduces browning of fresh-cut celery petioles [J]. Postharvest Biology and Technology, 2003, 27(3): 305-311.
- [18] ZHAN L J, HU J Q, LIM L T, et al. Light exposure inhibiting tissue browning and improving antioxidant capacity of fresh-cut celery (*Apium graveolens* var. *dulce*) [J]. Food Chemistry, 2013, 141(3): 2473-2478.
- [19] 刘少典,韩军岐. 不同保鲜剂和包装材料对鲜切西芹保鲜效果研究[J]. 长江蔬菜,2009(12):23-26.
- [20] 潘磊庆,屠康,贾明敏,等. 臭氧水处理对芹菜保鲜效果的研究[J]. 安徽农业大学学报,2004,31(3):348-352.
- [21] GOMEZ P A, ART S F. Improved keeping quality of minimally fresh processed celery sticks by modified atmosphere packaging [J]. LWT-Food Science and Technology, 2005, 38(4): 323-329.
- [22] ZHANG L K, LU Z X, YU Z F, et al. Preservation of fresh-cut celery by treatment of ozonated water [J]. Food Control, 2005, 16(3): 279-283.
- [23] 关文强,陶晓彦,张娜,等. 高湿度冰箱对青菜和西芹的保鲜效果[J]. 农业工程学报,2009,25(4):265-269.
- [24] RIZZO V, MURATORE G. Effects of packaging on shelf life of fresh celery [J]. Journal of Food Engineering, 2009, 90(1): 124-128.
- [25] 潘静娴,夏志华,周菁. 不同品种和采后根处理对芹菜冷藏保鲜效果的影响[J]. 食品工业科技,2015,36(14):354-358.
- [26] 王超,刘斌,张娜,等. LED红蓝光照射对采后西芹保鲜效果的影响[J]. 保鲜与加工,2016,16(1):31-34.
- [27] 王强,段玉权,詹斌,等. 国外冷链物流发展的主要做法与经验[J]. 物流技术与应用,2007(2):89-91.
- [28] 王林. 西芹的贮运保鲜. 瓜果蔬菜报[N]. 2009-08-25(005).
- [29] 陈汉明,曹爱萍. 果蔬冷链物流的发展困境及对策研究[J]. 湖北经济学院学报,2012,9(9):64-66.

Research Status on Cold Chain Technology of Celery

JIA Li'e¹, LIU Sheng¹, DUAN Xiaoming¹, WANG Libin², ZHANG Xiaofang^{1,3}, SUN Lijun^{1,3}

(1. Vegetable Research Center, Beijing Academy of Agriculture and Forestry Sciences/National Engineering Research Center for Vegetables, Beijing 100097; 2. College of Food Science and Engineering, Yangzhou University, Yangzhou, Jiangsu 225127; 3. College of Food Science and Technology, Shanghai Ocean University, Shanghai 201306)

Abstract: The research status of all aspects in celery pre-cooling, storage and preservation, transportation and sale both domestic and abroad were summarized and analyzed in this paper, moreover, the existing research problems and its development trend in the cold chain of celery were also elaborated, which would provide a theoretical reference for the storage and transportation of fresh celery.

Keywords: celery; cold chain logistics; research status