

预冷技术在西兰花保鲜中的应用研究进展

鞠琪¹, 李长亮¹, 冯毓琴², 蔡子文¹, 赵泽普¹

(1. 甘肃省农业科学院张掖节水农业试验站, 甘肃 张掖 734000; 2. 甘肃省农业科学院农产品贮藏加工研究所, 甘肃 兰州 730070)

摘要: 西兰花属于呼吸跃变型花菜类蔬菜, 采后极易黄化、失水萎蔫, 采后流通过程中保鲜技术对西兰花产业的持续发展尤为重要, 而预冷技术是果蔬冷链物流的首要环节, 对整个冷链过程中蔬菜的保鲜效果有着很大的影响, 为给不同预冷技术在西兰花产业中的应用提供参考。通过引据国内外相关文献, 总结归纳了不同预冷技术处理后西兰花的生理变化规律, 对比分析了各预冷技术的优缺点, 系统阐述了不同预冷技术对西兰花货架期、呼吸代谢及营养品质的影响和调控机理。从学者的大量研究成果发现, 各种预冷技术的优缺点已十分明确, 水预冷、空气预冷和真空预冷等预冷方式都在一定程度上延长了西兰花的货架期。

关键词: 西兰花; 预冷技术; 贮藏保鲜; 采后生理

中图分类号: S635.3

文献标志码: A

文章编号: 2097-2172(2023)08-0709-04

[doi:10.3969/j.issn.2097-2172.2023.08.004](https://doi.org/10.3969/j.issn.2097-2172.2023.08.004)

Application and Research Progress on the Precooling Technologies in Broccoli Preservation

JU Qi¹, LI Changliang¹, FENG Yuqin², CAI Ziwen¹, ZHAO Zepu¹

(1. Zhangye Water-saving Agricultural Experimental Station, Gansu Academy of Agricultural Sciences, Zhangye Gansu 734000, China; 2. Institute of Agricultural Product Storage and Processing, Gansu Academy of Agricultural Sciences, Lanzhou Gansu 730070, China)

Abstract: Broccoli is a kind of respiratory climacteric flower vegetable, which is vulnerable to water loss, wilting and yellowing after harvest. Preservation technology is particularly important for broccoli post-harvest circulation and even for the sustainable development of broccoli industry. Precooling is the primary link in the cold chain logistics for fruits and vegetables, it has a significant impact on the preservation effect of vegetables throughout the entire cold chain process. In order to provide reference for the application of different precooling technologies in the broccoli industry, this paper summarizes the physiological changes of broccoli after different precooling technology treatments, compares and analyzes the advantages and disadvantages of each precooling technology, elaborates on the impact and regulatory mechanism of different precooling technologies on the shelf life, respiratory metabolism, and nutritional quality of broccoli, systematically. From the extensive research results of scholars, it has been found that the advantages and disadvantages of various precooling technologies are very clear. Precooling methods such as water precooling, air precooling, and vacuum precooling have all extended the shelf life of broccoli to a certain extent.

Key words: Broccoli; Precooling technology; Storage and preservation; Post-harvest physiology

西兰花含有多种人体需要的营养物质, 如抗癌保健作用的 Vc、硫代葡萄糖苷和萝卜硫素等, 也是我国获得外汇收入的重要蔬菜之一^[1-2]。但西兰花在流通销售过程腐烂损耗率高达 25% 以上, 并造成品质下降, 也影响了其出口, 经济损失巨大, 这也是影响西兰花产业持续高质量发展的重

要原因^[3-4]。采后在低温及适当的湿度环境贮藏西兰花是保证其品质的重要条件, 低温环境一方面抑制了附着微生物的繁殖, 另一方面降低了西兰花自身的呼吸强度和蒸腾作用, 有效防止了自身呼吸作用对营养物质的降解损耗和蒸腾脱水。预冷作为果蔬采后冷链处理的首要环节, 对整个冷

收稿日期: 2023-06-26

基金项目: 甘肃省农业科学院中青年基金(2022GAAS59)。

作者简介: 鞠琪(1971—), 男, 甘肃张掖人, 农艺师, 主要从事果蔬栽培技术及示范推广工作。Email: 754451045@qq.com。

通信作者: 李长亮(1990—), 男, 甘肃兰州人, 助理研究员, 硕士, 主要从事果蔬贮藏保鲜研究工作。Email: 862368536@qq.com。

链过程中蔬菜的保鲜效果有很大的影响,西兰花作为呼吸跃变型花菜类蔬菜,采后预冷处理可保持较长的货架期和较好的感官品质。

预冷的概念是 Powell 和他的同事于 1904 年首次提出的^[5],同时 Baird 等^[6]、Bartlett^[7]通过研究普遍认为预冷是蔬菜等园艺作物贮藏保鲜的关键途径。当前,美国、日本等国家对于预冷技术理论实践的研究比较成熟,应用也十分广泛。我国冷链物流出现的比较迟,对预冷技术的研究起步相对较晚,20 世纪末才开始对预冷技术理论和设备等进行初步研究和引进^[8]。近年来,我国诸多专家学者对果蔬冷链物流及预冷技术都进行了大量研究,并取得了一定成就,但因果蔬冷链物流起步晚,各种冷链设备不配套不健全等原因,预冷技术仍然落后于发达国家^[9-12]。预冷作为果蔬等园艺作物采后贮藏保鲜管理的重要组成部分,其本质上是指在果蔬等园艺作物采收后尽快去除田间热或降低自身温度,从而降低呼吸强度,最大限度地减少因呼吸导致的营养物质损耗,将品质保持在高水平。与适当的贮藏或运输相结合的预冷处理可以有效延长果蔬等园艺产品的保质期等^[13-15]。预冷技术按照不同的分类方法种类较多,而应用于西兰花的预冷技术主要包括水预冷、空气预冷和真空预冷。我们通过查阅多年来国内外关于预冷技术和理论的文献,综合分析了各种预冷技术在西兰花贮藏保鲜中的应用的优缺点,并系统阐述了不同预冷技术对西兰花呼吸代谢、货架期及营养品质的影响和调控机理,以期对不同预冷技术在西兰花产业中的应用提供参考。

1 西兰花不同预冷技术

预冷技术按照不同的分类方法种类较多,应用于果蔬保鲜的预冷技术,按照传递媒介分类主要包括水预冷、空气预冷和真空预冷,水预冷按照水的物质形态又分为冰预冷和冷水预冷两种方式。冰预冷实践中应用较多的是将果蔬直接放入到盛有冰块或冰水混合物包装箱中,对果蔬快速降温,使果蔬较长一段时间保持在低温环境中;冷水预冷是以液态水为介质,直接对果蔬进行喷淋或浸泡等方式预冷降温^[16]。空气预冷是通过冷空气的循环流动除去果蔬的田间热和自身热量,应用于西兰花空气预冷的主要是强制通风预冷(冷

库预冷)和压差预冷。压差预冷是空气预冷的一种新形式,它利用压差风机的抽吸作用,在包装容器的两侧形成一定的压力差,使冷空气经过包装容器上的通风孔强制通过包装容器内部与果蔬表面直接进行换热,从而使果蔬快速、均匀地冷却到贮藏要求的温度范围。真空预冷主要是降低果蔬贮藏环境的气压,使该环境下水的沸点降低,通过水分的汽化,快速吸收果蔬的热量,快速降低果蔬温度。

2 预冷对西兰花呼吸代谢的影响

果蔬采后呼吸作用仍在进行,呼吸代谢的强弱严重影响果蔬贮藏品质和货架期。赵维琦等^[17]研究发现,真空预冷能推迟西兰花呼吸峰值晚出现 3 d,在整个贮藏期间预冷处理过的西兰花呼吸强度一直低于未进行预冷的对照组。刘芬^[18]研究了真空预冷对西兰花呼吸强度的影响,结果表明真空预冷在前期可以快速降低西兰花的呼吸强度,且后期整个贮藏过程中呼吸强度都低于不经预冷处理的对照组。谢晓宇等^[19]研究发现,不经预冷处理的西兰花在贮藏的第 1 天呼吸强度是经过预冷处理的 1.5 倍,且在整个贮藏过程中预冷处理的呼吸强度都相对较低。可见,预冷能有效延缓西兰花呼吸峰值的出现,且能降低贮藏过程中的呼吸强度,从而提升西兰花贮藏品质和延长货架期。

3 预冷对西兰花货架期的影响

西兰花作为呼吸跃变型花菜类蔬菜,采后极易黄化腐烂,货架期相对较短,货架期的长短直接影响着西兰花整个产业的可持续发展。预冷的主要目的是快速除去田间热,一方面是由于西兰花采后大量的集中贮藏,如果不及时除去田间热,特别是贮藏中心极易造成腐烂;另一方面西兰花采后呼吸代谢仍在进行,通过预冷使得其采后温度快速降低,减少呼吸代谢造成的损耗,达到延长货架期的目的。

刘瑶等^[20]研究发现,西兰花流态冰预冷较冷库预冷降温时间可以缩短 15 h 以上。西兰花本身货架期较短,15 h 在一定意义上已经大大延长了西兰花的货架期。同时发现,由于预冷时间短,流态冰预冷较冷库预冷有效减轻了西兰花在预冷过程中造成的冻害。王顺玉等^[21]分别研究了冷库预冷、冰预冷和水预冷对西兰花货架期品质的影

响, 结果表明, 与冷库预冷相比, 冰预冷和水预冷能延长西兰花货架期 2~3 d。李翠红等^[22]研究发现流态冰预冷较冷库预冷显著减少了预冷时间, 对西兰花的预冷时间可从 12~14 h 减少到 4~5 h。

综上所述, 水预冷、空气预冷和真空预冷等预冷方式都在一定程度上延长了西兰花的货架期。相比较而言, 水预冷和真空预冷效果都优于空气预冷。但水预冷容易造成水资源浪费, 而真空预冷对设备要求比较高, 且在预冷过程中要及时补充水分, 否则易造成西兰花水分流失导致萎蔫。

4 预冷对西兰花营养品质的影响

4.1 对可溶性固形物的影响

可溶性固形物作为食品中所有可溶于水的化合物的总称, 是人类食用蔬菜时可以获得的主要营养物质^[3]。谢晓宇等^[19]研究了压差预冷对西兰花贮藏品质的影响, 发现压差预冷可以显著减缓西兰花贮藏期间可溶性固形物的分解, 保持较好的营养品质。刘瑶等^[20]发现, 流态冰预冷处理也能缓解西兰花可溶性固形物含量下降, 在贮藏第 4 天时可溶性固形物含量较对照冷库预冷高出 2.6%。王顺玉等^[21]研究发现, 经冰预冷和冷水预冷的西兰花可溶性固形物分解的速度均低于冷库预冷的西兰花, 在第 4 天时, 分别比冷库预冷的西兰花可溶性固形物含量高 9.6%、26.3%。可见, 西兰花在贮藏过程中可溶性固形物含量总体呈现出先增加后下降的趋势, 各种预冷处理均能有效减缓西兰花贮藏期间可溶性固形物含量的下降, 防止西兰花在贮藏后期营养物质的大量流失。

4.2 对 Vc 含量的影响

西兰花 Vc 含量丰富, 是人类获得 Vc 的重要蔬菜之一。在西兰花贮藏过程中, Vc 可以有效防止自身氧化, 延长贮藏期。赵维琦等^[17]研究发现, 真空预冷可以有效缓解贮藏过程中西兰花 Vc 的氧化分解, 且真空度越高防治氧化的效果越好。钱骅等^[23]的研究也发现, 真空预冷可以有效保持西兰花贮藏过程中 Vc 的含量, 且预冷前进行 10% 补水处理的效果更佳。刘瑶等^[20]、李翠红等^[22]研究了流态冰预冷对西兰花贮藏品质的影响, 均发现流态冰预冷处理可以抑制西兰花 Vc 的分解, 使其保持较好品质。综上说明各种预冷处理均能缓解西兰花在贮藏过程中 Vc 的氧化分解, 其中真空预

冷处理前应适当的补水, 以防止因预冷反而造成失水。

4.3 对叶绿素含量的影响

叶绿素含量是评判西兰花营养品质和感官品质的重要指标之一。叶绿素不稳定, 在贮藏过程中极易降解, 导致西兰花表面黄化, 影响感官品质^[24]。叶绿素中含有丰富的铁元素, 可以预防贫血, 同时具有抗氧化作用, 可以延缓衰老和美容养颜, 贮藏过程中的叶绿素降解严重影响其营养价值。颜丽萍等^[25]研究发现, 预冷处理可以有效缓解西兰花在运输及销售过程中叶绿素的降解。王佳捷等^[26]研究了压差预冷对西兰花贮藏过程中叶绿素含量的影响, 结果显示压差预冷处理能够抑制西兰花叶绿素降解, 在贮藏第 5 天时西兰花叶绿素含量仍高达 0.21 mg/g, 表明压差预冷协同低温贮藏能更好缓解西兰花叶绿素降解, 防止花球衰老黄化。刘瑶等^[20]研究了流态冰预冷处理对西兰花叶绿素含量的影响, 预冷处理的西兰花叶绿素的降解明显得到了有效缓解, 第 3 天时的叶绿素含量为 0.47 mg/g, 是不预冷处理的 2.9 倍, 西兰花花球表面翠绿, 仍有较高的商品价值。总体上叶绿素在贮藏过程中呈下降趋势, 但未预冷的西兰花在前 3 d 叶绿素则快速降解, 至第 3 天时已失去商品价值。说明采后及时有效的预冷处理可以明显缓解西兰花叶绿素的降解, 一方面有效缓解了西兰花的衰老黄化, 大大提升了感官品质, 延长货架期 2 d 左右; 另一方面则较好的保持了西兰花的营养品质, 为人类获取必需营养物质提供了保障。

5 小结

综上所述, 及时有效地预冷不仅可以快速除去采后西兰花的田间热, 而且可抑制西兰花的呼吸强度, 减少呼吸热的产生, 从而减少西兰花在贮藏过程中营养物质的损耗, 延长货架期。对于西兰花这种极易黄化萎蔫且货架期极短的蔬菜, 预冷的重要性不言而喻, 现已成为西兰花与适当的贮存或运输技术相结合的冷链物流环节的一个重要组成部分, 为西兰花产业持续高质量发展提供了有效保障。

从学者的大量研究成果发现, 各种预冷技术的优缺点已十分明确, 水预冷、空气预冷和真空

预冷等预冷方式都在一定程度上延长了西兰花的货架期。相比较而言,水预冷和真空预冷效果都优于空气预冷,但水预冷容易造成水资源浪费,而真空预冷对设备要求比较高,且在预冷过程中要及时补充水分。但现有的研究大部分集中在各种预冷技术对西兰花贮藏保鲜生理指标和贮藏品质的影响方面,而针对各种预冷技术缺点的改进措施研究比较少。同时在我国还存在生产者对预冷的重要性认识不到位、产地预冷设施不完备等问题。未来需深入探讨改进各种预冷技术的措施,还应完善产地预冷设备,加强对生产者预冷意识及预冷技术的培训。

参考文献:

- [1] 赵成飞,詹周荣,蒋国滨,等.我国西兰花产业现状与发展策略[J].新农业,2019(5):18-19.
- [2] 勾雪娇,袁云香,吴翠平,等.西兰花的实用价值分析[J].农产品加工,2012(4):72-73.
- [3] 李长亮,冯毓琴,魏丽娟,等.1-甲基环丙烯在西兰花贮藏保鲜中的应用研究进展[J].食品与发酵工业,2021,47(4):299-304.
- [4] 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.
- [5] TADHG BROSNAN, DA-WEN SUN. Precooling techniques and applications for horticultural Products—a review[J]. International Journal of Refrigeration, 2001, 24: 154-170.
- [6] BAIRD CD, GANEY JJ. A numerical procedure for calculating heat transfer in bulk loads of fruits or vegetables [J]. ASHRAE Transactions, 1976, 82: 525-540.
- [7] BARTLETT D. VEGETABLE REVIEW: Cooling and storage[J]. Commercial Grower, 1971, 3950: 383-384.
- [8] 潘仟仟,张宁,陈学永.预冷技术在我国果蔬保鲜冷链中的应用研究综述[J].冷藏技术,2016,12(4):6-11.
- [9] 常丽娜,韩星.我国果蔬冷链物流建设现状及发展建议[J].中国果菜,2015,35(2):5-10.
- [10] 王莉.浅谈果蔬贮藏保鲜技术的研究现状和发展趋势[J].现代园艺,2012(24):5.
- [11] 肖鹏.果蔬冷链物流保鲜市场的现状及发展趋势[J].中国商论,2019(1):8-9.
- [12] 赵松松,杨昭,张雷,等.果蔬冷链发展现状及冷藏保鲜技术[J].冷藏技术,2017,40(4):52-55.
- [13] 贾连文,吕平,王达.果蔬预冷技术现状及发展趋势[J].中国果菜,2018,38(3):2-5.
- [14] 贺红霞,申江,朱宗升.果蔬预冷技术研究现状与发展趋势[J].食品科技,2019,44(2):46-52.
- [15] 何伟.果蔬气调保鲜技术及其在冷链物流中的应用研究进展[J].食品与机械,2020,36(9):46-52.
- [16] 李健,姜微波.预冷技术在果蔬采后保鲜中的应用研究[J].北京工商大学学报(自然科学版),2012,30(3):65-67.
- [17] 赵维琦,孟赞,董斌,等.采用真空预冷处理提升西兰花贮藏品质[J].贮运与保鲜,2019,45(19):213-218.
- [18] 刘芬.青花菜真空预冷工艺及保鲜效果的研究[D].杭州:浙江大学,2010.
- [19] 谢晓宇,张飞,石洁,等.预冷处理结合低温贮藏对西兰花贮藏品质的影响[J].食品工业科技,2021,42(7):302-310.
- [20] 刘瑶,左进华,高丽朴,等.流态冰预冷处理对西兰花品质及生理的影响[J].现代食品科技,2019,35(4):77-86.
- [21] 王顺玉,黄小凤,刘瑶,等.不同预冷方式对西兰花货架期品质的影响[J].现代食品科技,2020(20):266-272.
- [22] 李翠红,魏丽娟,李长亮,等.流态冰预冷近冰温贮藏对西兰花贮藏品质的影响[J].甘肃农业科技,2022,53(9):52-56.
- [23] 钱骅,黄晓德,夏瑾,等.真空预冷对西兰花贮藏品质的影响[J].中国野生植物资源,2019,38(1):8-12.
- [24] 刘琪,周兵,欧雅文,等.气体结合高静压对预制西兰花品质及货架期的影响[J].中国食物与营养,2017,23(1):30-34.
- [25] 颜丽萍,刘升,饶先军.预冷、冷藏运输和销售方法对青花菜品质的影响[J].贮藏保鲜,2012,28(2):174-176.
- [26] 王佳捷,孙颖,刘雅慈,等.压差预冷对西兰花贮藏品质的影响[J/OL].食品与发酵工业:1-11(2022-12-02)[2023-06-20].<https://doi.org/10.13995/j.cnki.11-1802/ts.033630>.