

流态冰预冷近冰温贮藏对西兰花贮藏品质的影响

李翠红, 魏丽娟, 李长亮, 冯毓琴

(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: 西兰花是深受人们喜爱的蔬菜, 衰老黄化是其采后正常的生理代谢过程, 也是引起西兰花品质劣变的主要因素。为此寻求开发有效、绿色安全的西兰花保鲜方法迫在眉睫。以甘肃特色高原蔬菜西兰花品种耐寒优秀为试材, 研究流态冰预冷近冰温贮藏、0℃预冷4℃贮藏和对照不预冷4℃贮藏等3种处理方式对其贮藏品质的影响。结果表明, 在整个贮藏期, 流态冰预冷近冰温贮藏处理西兰花的叶绿素含量、萝卜硫素含量、Vc含量、氨基酸含量以及可溶性蛋白含量均显著高于0℃预冷4℃贮藏处理和对照不预冷4℃贮藏处理。与0℃预冷4℃贮藏和对照不预冷4℃贮藏相比, 流态冰预冷近冰温贮藏可以增加西兰花贮藏期萝卜硫素、总酚物质和多糖的含量。流态冰预冷近冰温贮藏可保持西兰花贮藏期营养品质, 同时能够维持西兰花的功能成分, 保持其商品价值。

关键词: 西兰花; 流态冰; 预冷; 近冰温; 贮藏; 品质

中图分类号: S635.3

文献标志码: A

文章编号: 1001-1463(2022)09-0052-06

doi:10.3969/j.issn.1001-1463.2022.09.012

Effect of Fluid-ice Precooling at Near-freezing Point on Storage Quality of Broccoli

LI Cuihong, WEI Lijuan, LI Changliang, FENG Yuqin

(Institute of Agricultural Product Storage and Processing Research, Gansu Academy of Agricultural Sciences, Lanzhou Gansu 730070, China)

Abstract: Broccoli is favored by consumers. Senescence and yellowing are the normal physiological metabolism process of post-harvest broccoli, and they are also the main factors causing the quality deterioration of broccoli. Therefore, it is urgent to develop an effective, green, and safe preservation method. In this paper, taking the excellent cold resistance broccoli, a characteristic plateau vegetable in Gansu Province as the material, the effects of three treatment methods on the storage quality of broccoli were studied. They were storage treatments with fluid-ice precooling at near-freezing point, pre-cooled at 0℃ and stored at 4℃, and stored at 4℃ without precooling (as control). Results showed that the contents of chlorophyll, sulforaphane, vitamin C, amino acids and soluble proteins of storage treatment with fluid-ice precooling at near-freezing point were significantly higher than those of being pre-cooled at 0℃ and stored at 4℃ and (as control) during the whole storage period. Compared with other two treatments, storage treatment with fluid-ice precooling at near-freezing point could increase the contents of sulforaphane, total phenolic substances and polysaccharides of broccoli during storage. Storage treatment with fluid-ice precooling at near-freezing point could maintain not only the nutritional quality of broccoli during storage, but also the functional components of broccoli, thus ensure its commercial value.

Key words: Broccoli; Flowing ice; Precooling; Near ice temperature; Storage; Quality

西兰花又名青花菜、绿菜花、意大利芥蓝等, 属十字花科芸薹属甘蓝的一种变种^[1-3], 营养价值极高, 有“蔬菜之冠”之称。其含有丰富的营养成分, 还含有功能性活性成分——萝卜硫素, 是深受人们喜爱的一种蔬菜^[4]。西兰花是一

类耐低温、畏高温的娇嫩蔬菜, 采收后花球代谢旺盛, 在不适宜的条件下, 花球会失水萎蔫, 花蕾褪绿转黄, 花蕾膨大开花, 并伴有营养成分的大量损失, 严重影响了品质和商品价值^[5]。国内外学者采用物理、化学和生物方法对西兰花进行

收稿日期: 2022-07-04

基金项目: 甘肃省科技重大专项(21ZD4NA016); 甘肃省现代农业科技支撑体系区域创新中心重点科技项目(2021GAAS55); 甘肃省特色优势农产品评价项目(TYNPZ2021-01); 甘肃省农业科学院青年基金项目(2020GAAS41)。

作者简介: 李翠红(1981—), 女, 甘肃兰州人, 助理研究员, 硕士, 主要从事蔬菜采后贮藏保鲜与质量安全控制工作。Email: slc258@163.com。

通信作者: 冯毓琴(1968—), 女, 甘肃泰安人, 研究员, 博士, 主要从事蔬菜贮藏保鲜与冷链物流工作。Email: 1060859084@qq.com。

保鲜研究^[6], 尽管这些方法效果很好, 但存在成本较高、有毒有害物质残留等不足之处, 不能满足消费者对安全、绿色食品的需求。因此, 寻找绿色、安全、高效的保鲜技术成为国内外的研究热点。

预冷作为整个冷链环节中的第一环, 可使采后果蔬在进行冷藏运输之前快速去除果蔬内部的“田间热”, 对维持果蔬品质方面发挥着极其重要的作用。常见的预冷方法有真空预冷、水预冷、空气预冷。国内外学者对蔬菜预冷进行大量研究。张容鸽等^[7]通过冰水预冷、冷库预冷和阴凉处3种不同预冷方式对“储良”龙眼进行预冷, 发现冰水预冷的龙眼贮藏品质最好。崔建潮等^[8]对比冰水预冷和强制通风2种预冷方式对甜樱桃后期贮藏的影响后, 建议甜樱桃采后应及时采用冰水预冷, 可有效延长货架期5 d。

低温可有效控制西兰花呼吸强度和乙烯释放速率, 延缓其黄化程度, 继冷藏之后, 近冰温贮藏是果蔬贮藏保鲜领域中效果最好的方法。Volden等^[9]发现, 近冰温冷藏能很好地保持贮藏后期绿豆中的还原糖含量, 同时延缓绿豆中TA含量的下降。近冰温贮藏可以有效延缓耐寒优秀西兰花中SSC、可溶性糖和Vc等营养成分的下降。我们通过流态冰预冷近冰温贮藏、0℃预冷4℃贮藏及不预冷4℃贮藏等3种方法对新鲜西兰花进行处理, 研究不同处理方法对西兰花品质及功能营养成分的影响, 以明确适合西兰花的高效预冷及贮藏方法, 为减少化学保鲜剂的应用, 开发简便、安全的西兰花贮藏保鲜技术提供依据。

1 材料与方法

1.1 供试材料

试验以甘肃省高原夏菜产地主栽西兰花品种耐寒优秀为指示品种, 采自永登县大同镇北同村。

1.2 仪器与设备

SQP型电子天平[赛多利斯科学仪器(北京)有

限公司]、Cary-100型紫外-可见分光光度计(安捷伦科技有限公司)、TGL-16M台式离心机(湘南星科科学仪器有限公司)、HH-S6型电热恒温水浴锅(北京科伟永兴仪器有限公司)、DDSJ-318型电导仪(上海仪电科学仪器股份有限公司)、PBI Dansensor A/S、CA-10呼吸代谢测量系统(North Las Vegas NV 89032 USA)、DW-86L388J医用低温保存箱(青岛海尔特种电冰柜有限公司)。

1.3 试验方法

1.3.1 样品处理 在永登县大同镇北同村种植基地, 挑选花头大小相近、花蕾颗粒饱满、无病虫害的新鲜西兰花, 用泡沫箱封装好后及时运回实验室进行预冷试验。试验设3个处理: 处理1(CK), 不预冷, 直接放入4℃冰箱内贮藏; 处理2, 0℃冷库内预冷12 h后放入4℃冰箱内贮藏; 处理3, 将西兰花装入泡沫箱内, 每箱10.0 kg, 将温度记录仪插入西兰花花球, 充入流态冰2.5 kg, 记录西兰花中心品温度, 温度降至 (1 ± 1) ℃后取出, 放入-0.7~-0.4℃精准控温箱内贮藏。取0℃的西兰花作为初值, 之后每5 h取样1次, 每处理组取5个西兰花花球组织进行取样及品质指标测定, 样品用液氮冷冻, 然后置于-26℃的冰箱中保存, 用于生理指标的测定。

1.3.2 感官评价 采用8人课题小组对不同处理后20~25 d的西兰花进行感官评价, 感官评定标准参考闫凯亚等^[10]、张娜等^[11]的方式, 主要从总体评价、花球颜色、气味、花蕾开放程度等4个方面进行评测, 各项满分均为9分(表1)。

1.3.3 测定项目及方法 叶绿素含量测定参照Singh等^[12]的方法并稍做修改, 抗坏血酸含量测定采用分光光度法^[13], 可溶性蛋白含量测定参照刘婷等^[14]的方法并略有改动, 氨基酸含量的测定参照原远等^[15]的方法并略有改动, 萝卜硫素含量采用高效液相色谱法测定^[16], 总酚含量测定参照路玲^[17]的方法, 多糖含量测定参照李妍等^[18]的方法。

表1 西兰花的感官评分标准

总体评价	花球颜色	气味	花蕾开放程度	分值/分
极差, 不可用	完全变黄色	明显腐臭味	花蕾完全开放	1
差, 影响销售	浅黄色	有异味	3/4花蕾开放	3
一般, 有明显缺陷	黄绿色	无清香味、有轻度异味	1/2花蕾开放	5
好, 有小缺陷, 但不明显	浅绿色	无清香味	1/4花蕾开放	7
极好, 无任何缺陷	深绿色	清香、固有香味	花蕾无开放	9

1.4 数据分析

利用 Excel 2007 软件进行数据统计, 通过 SPSS 19 软件的 Duncan's 多重比较法分析差异显著性, $P < 0.05$ 表示差异显著。

2 结果与分析

2.1 不同处理的感官评价指标

由表 2 可知, 对照总体感官评价得分为 1.0 分, 已黄化腐烂, 其色泽、气味、质地均显著劣于其他 2 个处理; 处理 1 的总体感官评价得分为 7.3 分, 花球明显开始黄化, 质地松散, 失水萎焉; 处理 3 的总体感官评价得分为 8.8 分, 外观保持鲜绿, 花球紧实, 无明显气味及腐烂现象。说明流态冰预冷后冰温贮藏能很好地保持西兰花贮藏期外观品质。

表 2 不同处理的感官评价指标

处理	花球颜色	气味	花蕾开放程度	分值/分
1(CK)	完全变黄色	明显腐臭味	花蕾完全开放	1.0
2	浅绿色	无清香味	1/4花蕾开放	7.3
3	深绿色	清香、固有香味	花蕾无开放	8.8

2.2 不同处理对西兰花贮藏期叶绿素含量的影响

如图 1 所示, 处理 2、处理 3 总叶绿素、叶绿素 a 和叶绿素 b 含量在贮藏前 10 d 呈上升趋势, 随后开始下降, 且处理 3 的叶绿素含量在整个贮藏期间均高于处理 2 和对照。贮藏后期, 处理 3 的总叶绿素、叶绿素 a 和叶绿素 b 含量显著高于其余处理。由此可见, 流态冰预冷近冰温处理能够很好地抑制西兰花叶绿素的降解, 保持西兰花感官品质。

2.3 不同处理对西兰花贮藏期品质指标的影响

2.3.1 Vc 含量和萝卜硫素含量的变化 Vc 对人体的正常代谢起着重要作用, 是人体内一种不可或缺

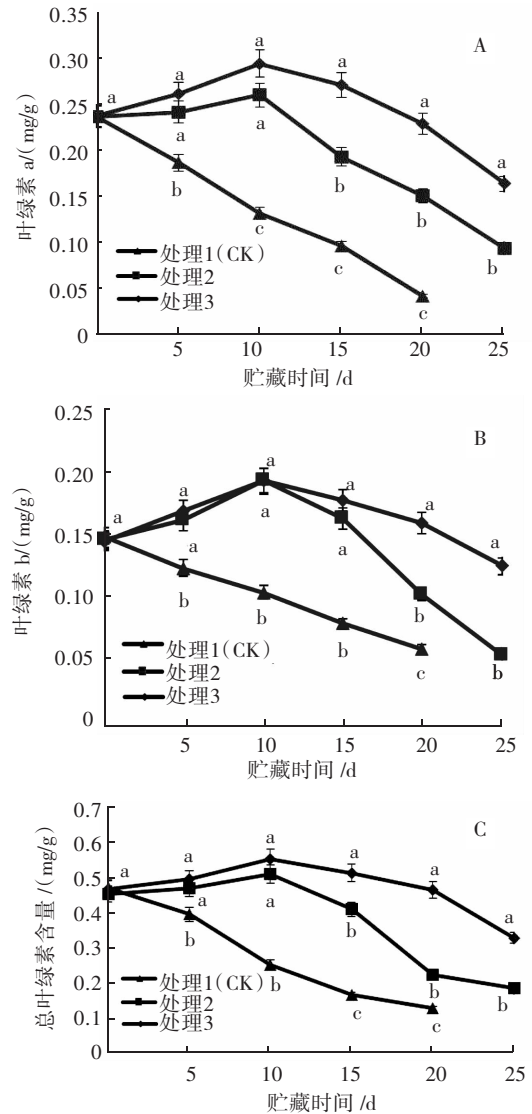


图 1 不同处理对西兰花总叶绿素(A)、叶绿素 a(B)和叶绿素 b(C)含量的影响

的抗氧化剂, 膳食中的 Vc 主要来源于蔬菜和水果, 是人体需求较多但极易缺乏的可溶性维生素^[19]。各

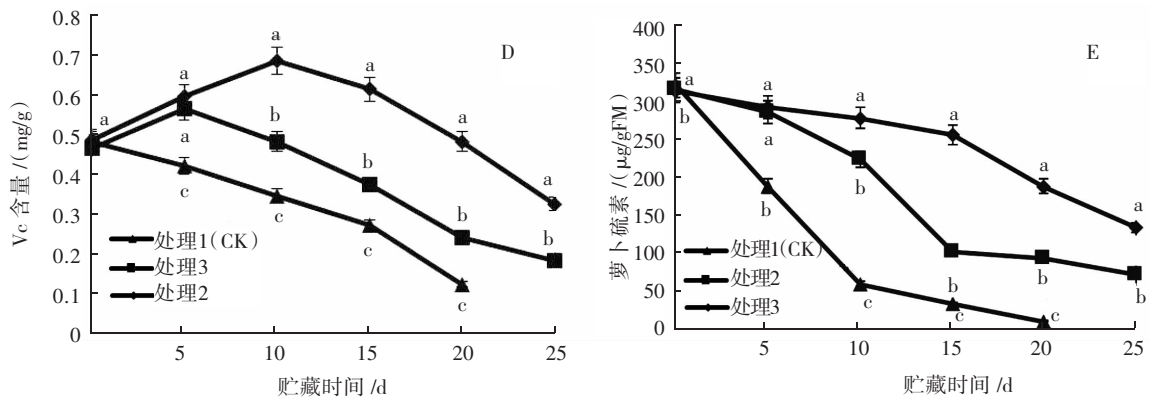


图 2 不同处理对西兰花Vc(D)和萝卜硫素(E)含量的影响

处理的Vc含量如图2(D)所示,在贮藏前10d,处理3的Vc含量均呈上升趋势。处理2在贮藏前5d呈上升趋势,CK一直呈下降趋势,且贮藏5d后处理3的Vc含量显著高于处理2和CK。表明流态冰预冷近冰温贮藏有助于提高西兰花贮藏期的Vc含量,很好地保持其营养品质。各处理的萝卜硫素含量如图2(E)所示,在贮藏期萝卜硫素含量一直呈下降趋势。在贮藏前5d,处理2和处理3的萝卜硫素含量均显著高于对照,贮藏10d以后处理3的萝卜硫素含量显著高于处理2和对照。可见流态冰预冷近冰温贮藏能最大程度的保留萝卜硫素含量,功能营养成分流失少。

2.3.2 氨基酸和可溶性蛋白含量 随着贮藏时间的延长,各处理氨基酸和可溶性蛋白含量都呈下降趋势(图3)。由图3(F)可知,在整个贮藏过程中氨基酸含量的变化均呈下降趋势。在贮藏前5d,3个处理氨基酸含量差异不明显;贮藏到10d以后,处理3的氨基酸含量显著高于处理2和

CK,贮藏后期CK氨基酸含量急剧下降,并在20d后完全腐烂。果蔬在贮藏过程中可溶性蛋白含量主要因可溶性蛋白发生变性导致下降^[20]。由图3(G)可以看出,可溶性蛋白含量和氨基酸含量的变化基本一致,都呈现下降趋势,并且在整个贮藏过程中处理3的可溶性蛋白含量下降趋势缓慢,含量也显著高于处理2和CK。可见流态冰预冷近冰温贮藏可延缓西兰花贮藏期可溶性蛋白的变性和水解,极大地抑制了西兰花贮藏期可溶性蛋白的流失,提高了西兰花贮藏品质。

2.3.3 总酚和多糖含量的变化 由图4(H)可知,西兰花在贮藏过程中其总酚含量随贮藏时间的延长呈先增后减的趋势。处理3和处理2在贮藏前10d总酚含量呈增加趋势,贮藏10d以后各处理总酚含量均呈下降趋势;各处理在贮藏前5d均无差异,从第5d开始处理3总酚含量显著高于处理2和CK。由此可知,流态冰预冷近冰温贮藏能使西兰花维持较高的抗氧化性。

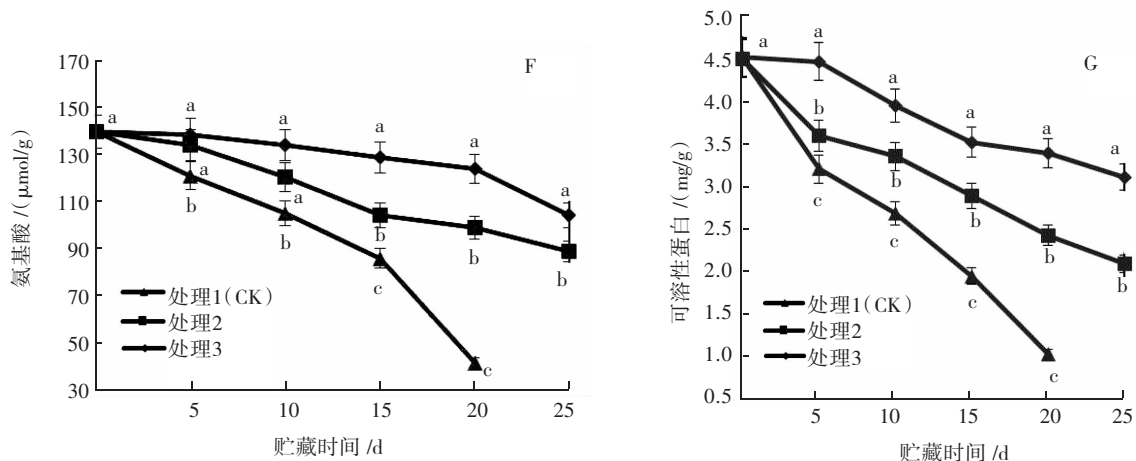


图3 不同处理对西兰花氨基酸(F)和可溶性蛋白(G)含量的影响

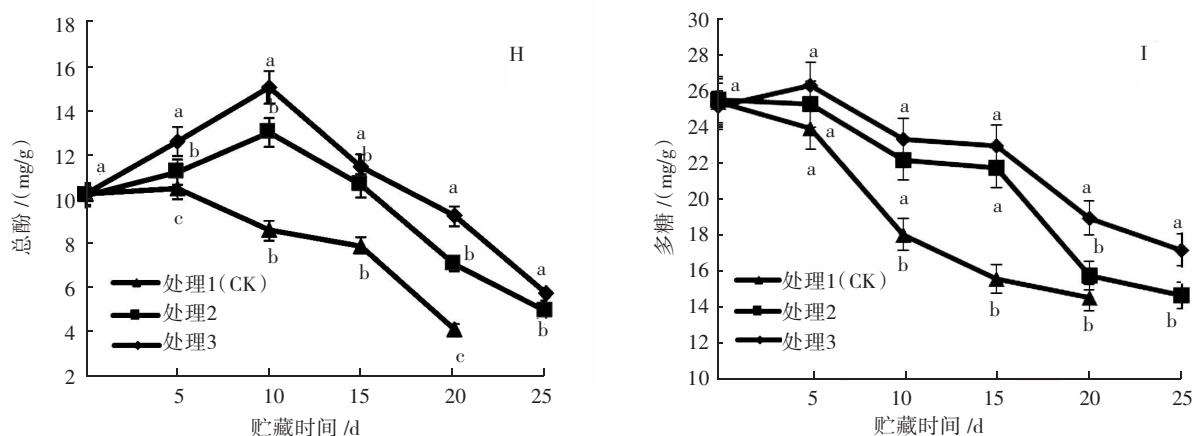


图4 不同处理对西兰花总酚(H)和多糖(I)含量的影响

由图4(I)可知,在西兰花贮藏过程中,随着贮藏时间的延长,处理3的多糖含量呈先增后减趋势,处理2和CK一直呈下降趋势。在贮藏前5d各处理多糖含量无差异,贮藏5~20d处理3和处理2无差异,但这2个处理的多糖含量均显著高于CK;贮藏20d以后,处理3的多糖含量显著高于处理2和CK。由此可见,流态冰预冷近冰温贮藏可显著保留西兰花贮藏期的硫代葡萄糖苷含量。

3 讨论与结论

西兰花是兰州高原夏菜生产中高附加值的特色蔬菜,衰老黄化是限制当前采后西兰花贮运与销售的主要因素,寻找绿色、安全、高效的保鲜技术成为研究热点。水流动性和冰冷却性是流态冰的特点,在蔬菜预冷方面具有很大优势,可用于西兰花预冷,延长贮藏期,减缓西兰花衰老黄化^[21]。采用流态冰预冷,可大大缩短预冷时间,西兰花预冷从12~14h减少到4~5h。萝卜硫素是西兰花重要的功能性成分,是自然界存在的诱导II型解毒酶能力最强的诱导物,可显著降低肝癌等癌症的发生^[22]。总酚是西兰花中重要的抗氧化物质,其中酚类物质是植物次级代谢的产物,具有抗氧化、抗菌等功能^[17]。多糖是西兰花主要的活性成分,多糖的主要成分是硫代葡萄糖苷,具有显著的抗癌抑菌作用^[23]。本研究结果表明,流态冰预冷后近冰温贮藏西兰花的叶绿素含量下降缓慢,且萝卜硫素含量、Vc含量、氨基酸含量和可溶性蛋白含量均明显高于0℃预冷4℃贮藏和对照不预冷4℃贮藏,说明流态冰预冷近冰温贮藏可延长西兰花货架期,提高西兰花贮藏品质,保持功能营养成分。

参考文献:

- [1] 李长亮,李翠红,魏丽娟,等. 1-MCP和溶菌酶对西兰花的采后保鲜效果[J]. 甘肃农业科技, 2021, 52(5): 45-49.
- [2] 李文德,张文斌,王勤礼,等. 露地栽培西兰花品种比较试验[J]. 甘肃农业科技, 2017(3): 21-24.
- [3] 朱万龙,王智琛,黄少学. 古浪县西兰花新品种引种试验初报[J]. 甘肃农业科技, 2011(5): 28-30.
- [4] ILAHY RIADHL. Pre-and Post-harvest Factors Affecting Glucosinolate Content in Broccoli[J]. Frontiers in nutrition, 2020, 7: 147.
- [5] 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.
- [6] 刘泽松,史君彦,左进华,等. UV-C和LED红光复合处理对西兰花贮藏品质的影响[J]. 食品科学, 2020, 41(17): 238-245.
- [7] 张容鹤,林维炎,邓浩,等. 不同预冷方式对“储良”龙眼贮藏品质的影响[J]. 食品工业, 2017, 38(11): 161-165.
- [8] 崔建潮,王文辉,贾晓辉,等. 不同预冷方式对货架期甜樱桃果实品质的影响[J]. 中国果树, 2017(1): 17-20; 29.
- [9] VOLDEN J, BENGTTSSON G B, WICKLUND T. Glucosinolates, L-ascorbic acid, totalphenols, anthocyanins, antioxidant capacities and colour in cauliflower (*Brassica oleracea* L. ssp. Botrytis) effects of longterm freezer storage[J]. Food Chemistry, 2009, 112(4): 967-976.
- [10] 闫凯亚,何叶子,张敏. 包装方式对西兰花物流保鲜品质的影响[J]. 食品与机械, 2016, 32(4): 155-159.
- [11] 张娜,农绍庄,李春媛,等. UV-C复合热处理或1-MCP处理对西兰花保鲜效果的研究[J]. 保鲜与加工, 2013, 13(2): 9-12.
- [12] SINGH R, GIRI S K, KOTWALI WALE N. Shelf-life enhancement of green bell pepper (*Capsicum annum* L.) under active modified atmosphere storage[J]. Food Packaging and Shelf Life, 2014, 1(2): 101-112.
- [13] 黄鸿晖,顾里娟,李美琳,等. 褪黑素处理对草莓品质与活性氧代谢的影响[J]. 食品科学, 2021, 42(15): 187-193.
- [14] 刘婷,马增岭,李慧,等. 光强和硝态氮水平对铜藻(*Sargassum horneri*)生长和光合生理特性的影响[J]. 生态学杂志, 2019, 38(3): 762-769.
- [15] 原远,周贤玉,李光光,等. 综合评价比较菜心及其近缘亚种蔬菜氨基酸营养价值[J]. 食品与发酵工业, 2019, 45(14): 102-107.
- [16] 包金玉,张聪聪,马绍英,等. 茉莉酸甲酯和水杨酸对西兰花毛状根增殖和萝卜硫素及信号分子含量的影响[J]. 植物生理学报, 2020, 56(6): 1305-1312.
- [17] 路玲. W/O/W双重乳液对采后西兰花贮藏品质及生理特性的影响[D]. 杭州:浙江大学, 2020.
- [18] 李妍,常耀耀,曹珂珂,等. 响应面法优化超声提取西兰花多糖工艺[J]. 宿州学院学报, 2017, 32(3): 113-116.
- [19] 刘冬梅,周若雅,梁咏雪,等. 不同烹饪方式对西兰花中维生素C和硝酸盐含量及体外模拟胃肠消化

戈壁日光温室适栽口感型番茄品种筛选

王亮, 崔海成, 葛亮

(酒泉市肃州区蔬菜技术服务中心, 甘肃 酒泉 735000)

摘要: 口感型番茄具有皮薄、肉厚、多汁、酸甜适中等优点, 越来越受到市场的青睐。为筛选出适宜河西地区戈壁日光温室有机生态型无土栽培的口感型番茄优良新品种, 在酒泉市肃州区东洞戈壁农业生态产业园的戈壁日光温室对引进的9个口感型番茄新品种采用有机生态型无土栽培方式进行了品种筛选试验。结果表明, 在酒泉市肃州区戈壁日光温室中, 以戴安娜、原味1号为综合表现最优品种, 其经济效益分别为1 075 200、1 068 000元/hm², 可作为当地越冬茬日光温室采摘和高品质种植方向发展的主要品种。

关键词: 口感型番茄; 品种; 戈壁日光温室; 有机生态型无土栽培; 筛选试验

中图分类号: S641.2; S626.5 **文献标志码:** A **文章编号:** 1001-1463(2022)09-0057-04

doi: 10.3969/j.issn.1001-1463.2022.09.013

Study on Selection Experiment of Taste Type Tomato Varieties Suitable for the Solar Greenhouse Production in Gobi Area

WANG Liang, CUI Haicheng, GE Liang

(Vegetable Technology Service Centre of Suzhou District, Jiuquan City, Jiuquan Gansu 735000, China)

Abstract: Taste type tomatoes possessed advantages as thin peel, thick flesh, juiciness, moderate acidity and sweetness, etc, and are becoming more favored by market. To select taste type tomato varieties suitable for eco-organic soilless culture inside the solar greenhouses of Gobi area in west Gansu, 9 introduced taste type tomato varieties were used to conduct selection experiment for eco-organic soilless culture inside the Gobi solar greenhouses at Dongdong Gobi Agro-ecological Industrial Park, Suzhou District, Jiuquan City. Results showed that comprehensive performance of Diana and Original flavor 1 was the best, the economic returns of the two varieties were 1 075 200 and 1 068 000 RMB/ha, respectively, which could be used as the main varieties for the winter-crossing production as well as the high-quality production inside solar greenhouses locally.

Key words: Taste type tomato; Variety; Gobi solar greenhouse; Eco-organic soilless culture; Selection experiment

近年来, 随着乡村振兴战略的深入实施, 以休闲采摘为主的观光农业不断发展, 一些经营主体也利用风味独特、营养丰富的特色农产品来吸引消费者, 且这种形式越来越受到大众的欢迎。发展戈壁设施农业是甘肃省委、省政府作出的重大决策^[1], 经过10余年的发展, 酒泉市已成为全

国最大的戈壁生态农业示范基地^[2], 戈壁设施农业总面积达到10 500 hm², 主要种植番茄、辣椒、西瓜、甜瓜、西葫芦等蔬菜和葡萄、桃等果树^[3], 其中番茄种植面积最大, 达到4 500 hm²。河西走廊地区冬季严寒, 但光照充足, 为戈壁日光温室优质蔬菜生产提供了可能。口感型番茄皮薄、肉

收稿日期: 2022-07-24

基金项目: 甘肃省科技重大专项(17ZD2NA015); 酒泉市肃州区戈壁生态农业优势特色产业集群项目。

作者简介: 王亮(1987—), 男, 甘肃酒泉人, 农艺师, 研究方向为设施蔬菜及新型产业技术推广。联系电话: (0)18298763369。Email: 908294048@qq.com。

- 的影响[J]. 食品工业科技, 2022, 43(2): 50-57.
- [20] 陈皖豫. 气调包装技术及1-MCP处理对娃娃菜采后贮藏品质的影响[D]. 扬州: 扬州大学, 2020.
- [21] 孙玉芄, 陈颖, 郭衍银, 等. 西兰花茎提取液对西兰花贮藏品质的影响[J]. 食品工业: 1-11[2022-04-20].
- [22] 孔凡华, 杨春雪, 方从容, 等. 高效液相色谱法测定十字花科蔬菜中萝卜硫素的含量[J]. 食品与发酵工业, 2021, 47(8): 218-223.
- [23] 林本芳, 鲁晓翔, 李江阔, 等. 冰温结合1-MCP贮藏对西兰花品质及生理的影响[J]. 食品工业科技, 2013, 34(12): 304-307; 311.