

保鲜剂结合不同硅窗面积气调包装对西兰花贮藏品质的影响

魏丽娟¹, 冯毓琴¹, 李长亮², 于嘉文²

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

摘要: 为进一步检验前期西兰花硅窗气调关键参数筛选研究结果, 并期望得到相较于单一硅窗气调贮藏效果更好的保鲜剂结合硅窗气调包装的西兰花的贮藏方法。以甘肃特色高原蔬菜耐寒优秀西兰花为材料, 采用 60 mg/L 的二氧化氯保鲜剂溶液、蒸馏水浸泡清洗处理, 以无处理为对照, 再结合 2 °C 下硅窗面积分别为 6、8 cm² 的硅窗保鲜袋包装, 通过叶绿素、抗坏血酸(Vc)、总酚、总花色苷和硫代葡萄糖苷含量等营养指标的测定, 考察各处理方法对西兰花 25 d 贮藏期内品质的影响。结果表明, 相较于单一的硅窗气调袋包装保鲜, 保鲜剂或蒸馏水清洗处理结合硅窗气调保鲜有更好的保鲜效果, 其中 60 mg/L 的二氧化氯保鲜剂溶液清洗处理效果更优。2 °C 贮藏温度下, 同样处理方式的西兰花, 硅窗面积为 8 cm² 的硅窗袋气调袋包装的保鲜效果要优于硅窗面积为 6 cm² 的硅窗气调袋包装; 60 mg/L 的二氧化氯保鲜剂溶液浸泡清洗, 结合硅窗面积 8 cm² 的硅窗气调袋包装的西兰花的贮藏品质最好, 在 25 d 贮藏期内各营养指标总体高于其他处理。

关键词: 西兰花; 保鲜剂; 硅窗气调包装; 保鲜; 贮藏品质

中图分类号: TS255.3; S635.3 **文献标志码:** A **文章编号:** 2097-2172(2024)07-0650-05

doi: 10.3969/j.issn.2097-2172.2024.07.013

Effect of Preservatives Combined with Different Silicon Window Areas on the Storage Quality of Broccoli in Air Conditioned Packaging

WEI Lijuan¹, FENG Yuqin¹, LI Changliang², YU Jiawen²

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

Abstract: To further verify the results of the screening research on key parameters of silicon window modified atmosphere for broccoli in the early stage, and to expect to obtain a better storage method on which preservation agent combined with silicon window modified atmosphere for broccoli, this study used 60 mg/L chlorine dioxide solution and distilled water soaking and cleaning, compared to no treatment, then combined with silicon window modified atmosphere packaging bags with a silicon window area of 6 and 8 cm² at 2 °C to store broccoli. Through the determination of nutritional indicators such as chlorophyll, ascorbic acid (Vc), total phenols, total anthocyanins, and thioglucoside content, this study investigated the effects of various treatments on the quality of broccoli during 25 day storage period. The results showed that compared to a single silicon window modified atmosphere packaging, the combination of fresh-keeping agent or distilled water cleaning treatment with silicon window modified atmosphere had a better fresh-keeping effect. The combination of 60 mg/L chlorine dioxide solution treatment with silicon window modified atmosphere was the best. At a storage temperature of 2 °C, under the same treatment method, the preservation effect of broccoli packaged in a silicon window bag with a silicon window area of 8 cm² was better than that of a silicon window bag with a silicon window area of 6 cm². The storage quality of broccoli packaged with chlorine dioxide preservative combined with a silicon window bag with a silicon window area of 8 cm² was the best, and all nutritional indicators are generally higher than other treatment groups during the 25-day storage period.

Key words: Broccoli; Preservative; Modified atmosphere packaging with silicon gum film window; Retain freshness; Storage quality

收稿日期: 2023-12-22; 修订日期: 2024-01-05

基金项目: 甘肃省 2023 年度陇原青年创新创业人才(个人)项目(甘人社通[2023]142号); 甘肃省科技重大项目(21ZD4NA016); 甘肃省农业科学院科研条件建设及成果转化中青年基金项目(2022GAAS59)。

作者简介: 魏丽娟(1989—), 女, 甘肃兰州人, 助理研究员, 硕士, 主要从事果蔬贮藏保鲜与质量安全控制工作。Email: buyueqingweilijuan@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研究工作。Email: 1060859084@qq.com。

西兰花营养丰富, 平均营养价值远超其他蔬菜, 美国《时代》杂志将其推为十大健康食品之一^[1], 但西兰花采后易失水、黄化, 从而失去商品价值, 是较难贮运的蔬菜品种^[2-3]。二氧化氯是一种被联合国世界卫生组织(WHO)确认的安全、高效的果蔬防腐保鲜剂, 前期在高原夏菜的贮藏保鲜中已研究得出在单一的保鲜剂使用方面二氧化氯性能优良^[4-6]; 硅窗气调是利用硅橡胶薄膜对空气中不同气体的选择透过性来调节包装内的气体浓度, 从而达到保鲜的目的, 其特点是技术成本低、易管理、保鲜效果好, 在前期研究中将绿色高效的硅窗气调技术应用于西兰花的贮藏保鲜中, 筛选出西兰花硅窗自发气调的最优参数组合, 研究结果表明硅窗气调技术可显著延缓西兰花的衰老黄化, 提升了其贮藏品质^[7], 但发现在贮藏后期个别花球有轻微发霉现象发生。鉴于此, 我们在前期研究基础上, 以保鲜剂二氧化氯处理西兰花, 结合不同硅窗面积的气调保鲜, 进一步检验前期西兰花硅窗气调保鲜研究结果, 并且期望得到相较于单一硅窗气调贮藏效果更好的保鲜剂结合硅窗气调包装的西兰花的贮藏方法。

1 材料与方 法

1.1 供试材料与试剂

供试西兰花采收于兰州市永登县高原夏菜生产基地, 挑选花球色泽墨绿成熟度一致、形状近圆大小均一的耐寒优秀西兰花作为实验材料, 采收后 1 h 内运回预冷库预冷。

实验用硅窗气调包装袋定制采购于山东营养源食品科技有限公司, 规格为 80 cm × 45 cm。

实验试剂有 80%乙醇、无水乙醇、无水甲醇(由成都市科隆化学品有限公司提供); 三氯乙酸、85%磷酸、三氯化铁、红菲咯啉(4, 7-二苯基-1, 10-菲咯啉, BP)、抗坏血酸、没食子酸、福林酚、盐酸、氯化钾、醋酸钠、冰醋酸、3, 5-二硝基水杨酸、氢氧化钠、亚铁氰化钾、乙酸锌、葡萄糖、丙三醇(均为分析纯, 由天津市光复科技发展有限公司提供), 二氧化氯保鲜剂(质量分数 10%, 由北京华茂天成科技发展有限公司提供)。

1.2 仪器与设备

实验用仪器与设备有 SQP 型电子天平[赛多利

斯科学仪器(北京)有限公司提供]、Cary-100 型紫外分光光度计[美国瓦里安技术(中国)有限公司提供]、TGL-16M 冷冻离心机(湘南星科科学仪器有限公司提供)、HH-S6 型电热恒温水浴锅(北京科伟永兴仪器有限公司提供)、DW-86L388J 医用低温保存箱(青岛海尔特种电冰柜有限公司提供)。

1.3 实验方法

1.3.1 采后西兰花处理 预冷后的西兰花每 5 kg 为 1 组, 分别用 60 mg/L 的二氧化氯溶液浸泡清洗 10 min、蒸馏水浸泡清洗 10 min, 捞出晾干表面水分, 装入硅窗面积为 6、8 cm² 的硅窗保鲜袋, 对照处理为预冷后的西兰花 5 kg 直接装入硅窗保鲜袋。硅窗面积 6 cm² 的硅窗袋包装设 3 个处理, 分别为: 处理 6T1, 预冷后用 60 mg/L 二氧化氯保鲜剂溶液处理然后用硅窗面积 6 cm² 的硅窗气调袋包装; 处理 6T2, 预冷后用蒸馏水处理然后用硅窗面积 6 cm² 的硅窗气调袋包装; 处理 6CK, 预冷后不处理直接用硅窗面积 6 cm² 的硅窗气调袋包装。每处理均设 3 个重复。硅窗面积 8 cm² 的硅窗袋包装处理同硅窗面积 6 cm² 的硅窗袋包装处理, 也设 3 个处理, 分别为: 处理 8T1, 预冷后用 60 mg/L 二氧化氯保鲜剂溶液处理然后用硅窗面积 8 cm² 的硅窗气调袋包装; 处理 8T2, 预冷后用蒸馏水处理然后用硅窗面积 8 cm² 的硅窗气调袋包装; 处理 8CK, 预冷后不处理直接用硅窗面积 8 cm² 的硅窗气调袋包装。每处理均设 3 个重复。所有包装好的西兰花放于 2 ± 1 °C 的冷库中贮藏, 每隔 5 d 取西兰花花球可食部位测定相关指标, 贮藏期为 25 d。

1.3.2 指标测定 叶绿素含量参照赵紫迎等^[8]的方法采用乙醇浸提法测定; 采用分光光度法测定 Vc 含量^[9], 采用 Folin- 酚试剂法进行测定总酚含量^[10], 总花色苷含量参考 Wang 等^[11]的方法进行测定, 总硫代葡萄糖苷含量参照 Hwang 等^[12]、罗淑芬等^[13]的方法采用葡萄糖释放法测定, 测定结果均以干质量计。

1.4 数据处理与分析

数据采用 Excel 2010 软件处理并作图, 单因素方差分析采用 SPSS Statistics 20 软件, Duncan 多重比较进行显著性分析, $P < 0.05$ 表示差异显著。

2 结果与分析

2.1 不同处理对西兰花贮藏期叶绿素和 Vc 含量的影响

叶绿素含量的变化与降解是西兰花黄化的直接原因^[14]。由图 1A 可知,所有处理的叶绿素含量在整个贮藏期呈下降趋势,硅窗面积为 8 cm² 的硅窗袋包装处理的下降趋势较 6 cm² 的缓慢,说明了前期“2 ℃贮藏温度下西兰花质量与硅窗面积比例采用 5 kg/8 cm² 有最好的保鲜效果”的研究结果的正确性^[7]。从整体看,2 个不同硅窗面积的包装中,以 60 mg/L 的二氧化氯保鲜剂溶液清洗处理叶绿素含量下降最缓慢,蒸馏水浸泡清洗处理次之,无处理对照下降最快。贮藏结束时,8T1 处理的西兰花的叶绿素含量显著高于其他处理($P<0.05$)。

由图 1B 可知,各处理 Vc 含量总体呈现先降后升再降趋势,贮藏中期升高可能是西兰花后熟的原因,随着贮藏时间的延长 Vc 开始分解,含量开始降低。整个贮藏期,60 mg/L 的二氧化氯保鲜剂溶液处理后用硅窗面积 8 cm² 的硅窗袋包装的西

兰花的 Vc 含量高于其他处理,且在 10~20 d 显著高于其他处理 ($P<0.05$)。从整体看,硅窗面积为 8 cm² 的硅窗袋包装的各处理的 Vc 含量高于对应的硅窗面积为 6 cm² 的硅窗袋包装的各处理,且两个硅窗面积下以 60 mg/L 的二氧化氯保鲜剂溶液浸泡清洗处理的 Vc 含量最高,其次是蒸馏水浸泡清洗处理,最低的是无处理对照。

2.2 不同处理对西兰花贮藏期总酚和总花色苷含量的影响

酚类物质对西兰花的滋味、色泽等有重要影响,是西兰花抗衰老、抗氧化的主要成分之一^[15]。由图 2A 可知,各处理西兰花总酚含量大都呈先降后升趋势,60 mg/L 的二氧化氯保鲜剂溶液处理后硅窗面积 8 cm² 的硅窗袋包装的西兰花的总酚含量下降幅度小而上升幅度大,在整个贮藏期都高于其他处理。贮藏结束时,硅窗面积为 8 cm² 的硅窗袋包装的各处理的总酚含量显著高于硅窗面积为 6 cm² 的硅窗袋包装的各处理($P<0.05$)。60 mg/L 的二氧化氯保鲜剂溶液浸泡清洗处理依旧表现出优

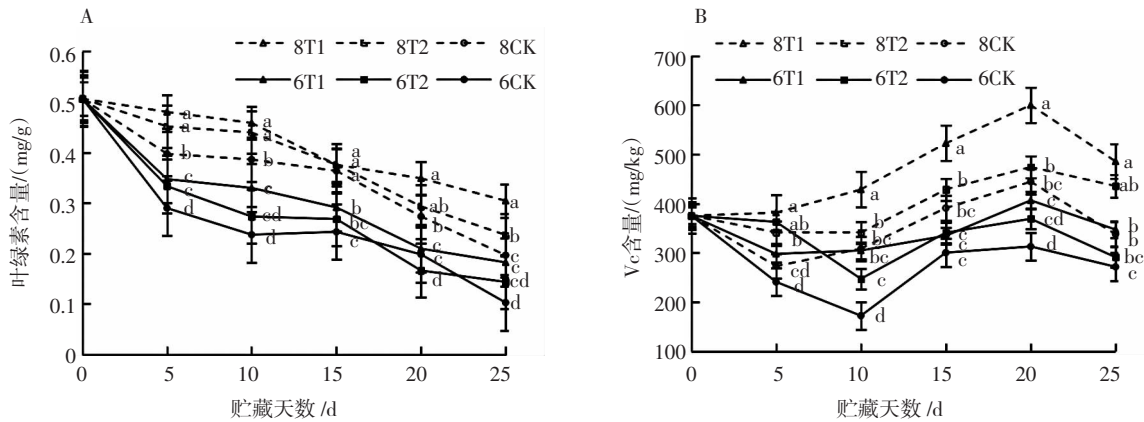


图 1 不同处理西兰花在贮藏期间的叶绿素含量和 Vc 含量变化

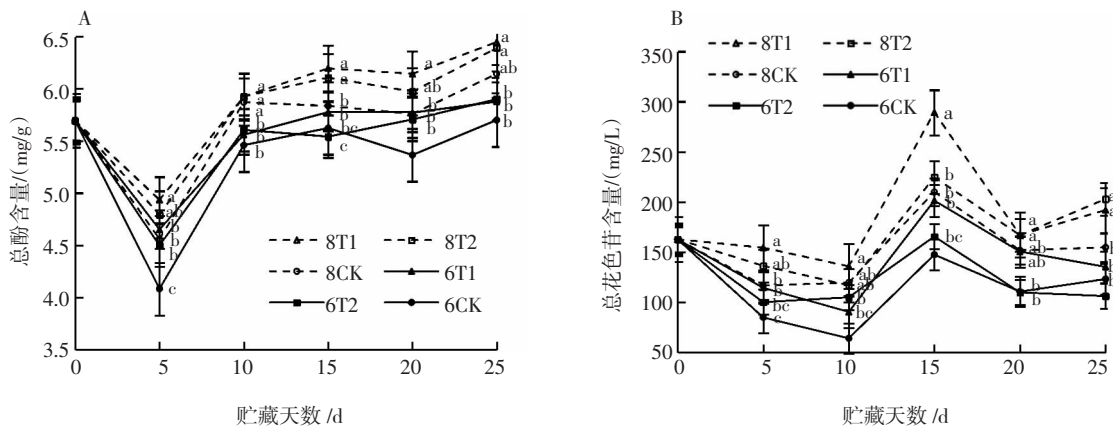


图 2 不同处理西兰花在贮藏期间的总酚含量和总花色苷含量变化

于其他处理的保鲜效果。

花色苷具有预防心血管、癌症等疾病,降脂、抗氧化等功效^[16]。如图2B所示,各处理的花色苷含量总体表现出降-升-降的趋势,贮藏第15天时各处理的花色苷含量达到了一个峰值,此时8T1处理的西兰花的总花色苷含量显著高于其他处理($P<0.05$),且总花色苷含量在整个贮藏期还是处于最高水平,硅窗面积为 8 cm^2 的硅窗袋包装的各处理的总花色苷含量高于硅窗面积为 6 cm^2 的硅窗袋包装的各处理。

2.3 不同处理对西兰花贮藏期总硫代葡萄糖苷含量的影响

硫代葡萄糖苷是西兰花中标志性的活性营养成分,它反映了西兰花的特殊营养价值,贮藏中控制硫代葡萄糖苷含量的减少,对于提升西兰花的贮藏品质有重要意义^[17-20]。如图3所示,各处理西兰花的硫代葡萄糖苷含量在贮藏0~5 d呈上升趋势,之后上升减缓后又呈下降趋势,这种变化趋势的可能原因是吲哚族硫代葡萄糖苷的合成和脂肪族硫代葡萄糖苷的降解^[21]。除了在第20天时8T1处理的西兰花硫代葡萄糖苷含量略低于8T2处理,其他各取样时间西兰花的硫代葡萄糖苷含量均以8T1处理最高。同样的,硅窗面积为 8 cm^2 的硅窗袋包装的各处理的硫代葡萄糖苷含量高于对应的硅窗面积为 6 cm^2 的硅窗袋包装的各处理。2个不同硅窗面积的硅窗袋包装处理下,以 60 mg/L 的二氧化氯保鲜剂溶液清洗处理效果最优,其次是蒸馏水浸泡清洗处理,无处理最低。

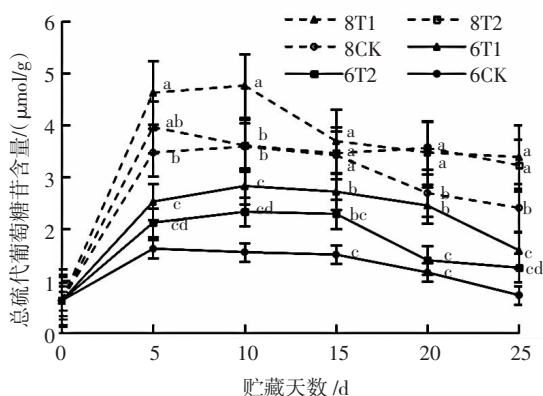


图3 不同处理西兰花在贮藏期间的总硫代葡萄糖苷含量变化

3 结论

以甘肃特色高原蔬菜耐寒优秀西兰花为材料,

采用 60 mg/L 的二氧化氯保鲜剂溶液浸泡清洗、蒸馏水浸泡清洗处理,以无处理为对照,再结合 $2\text{ }^{\circ}\text{C}$ 下硅窗面积分别为 6 、 8 cm^2 的硅窗气调袋包装,通过对西兰花如叶绿素、抗坏血酸(Vc)、总酚、总花色苷和硫代葡萄糖苷含量等的测定,观察各处理方法对西兰花25 d贮藏期内品质的影响。结果表明,相较于单一的硅窗气调包装保鲜, 60 mg/L 的二氧化氯保鲜剂溶液浸泡清洗处理或蒸馏水浸泡清洗处理结合硅窗气调保鲜有更好的保鲜效果,其中以 60 mg/L 的二氧化氯保鲜剂溶液浸泡清洗处理组效果更优; $2\text{ }^{\circ}\text{C}$ 贮藏温度下,同样处理方式的西兰花,硅窗面积为 8 cm^2 的硅窗气调袋包装的保鲜效果要优于硅窗面积为 6 cm^2 的硅窗气调袋包装,这进一步验证了前期西兰花硅窗气调保鲜关键参数筛选的研究结果^[7]。利用 60 mg/L 的二氧化氯保鲜剂溶液浸泡清洗处理后再结合硅窗面积 8 cm^2 的硅窗气调袋进行包装的西兰花的在25 d整个贮藏期内各营养指标总体高于其他处理组,其营养品质保持的最好,贮藏品质表现最佳。蒸馏水浸泡清洗处理再结合硅窗气调袋包装的保鲜效果也好于单一的硅窗气调袋包装,其原因是浸泡清洗处理可减少西兰花表面及损伤处的微生物数量,而 60 mg/L 的二氧化氯保鲜剂溶液浸泡清洗处理优于蒸馏水浸泡清洗处理则是由于二氧化氯保鲜剂溶液较蒸馏水有强氧化性和高效的微生物杀灭能力所致^[22]。

参考文献:

- [1] 伍焜玉. 免疫的威力[M]. 北京: 科学技术文献出版社, 2020.
- [2] 鞠琪, 李长亮, 冯毓琴, 等. 预冷技术在西兰花保鲜中的应用研究进展[J]. 寒旱农业科学, 2023, 2(8): 709-712.
- [3] 冯毓琴, 魏丽娟, 李翠红, 等. 甘肃不同生态区域高原夏菜的矿质元素与抗氧化性分析[J]. 寒旱农业科学, 2023, 2(9): 834-838.
- [4] 慕钰文, 李翠红, 冯毓琴, 等. 机械损伤及二氧化氯对菠菜硝酸盐和贮藏品质的影响[J]. 包装与食品机械, 2019, 37(1): 17-21.
- [5] 魏丽娟, 李翠红, 慕钰文, 等. 不同保鲜剂处理对 $4\text{ }^{\circ}\text{C}$ 低温贮藏下兰州百合鳞茎片的品质及抗氧化活性的影响[J]. 食品工业科技, 2019, 40(2): 262-265; 270.
- [6] 魏丽娟, 冯毓琴, 李翠红. 溶菌酶和二氧化氯对兰州

- 百合鳞茎片保鲜效果的比较[J]. 食品研究与开发, 2023, 44(17): 37-41.
- [7] 魏丽娟, 冯毓琴, 李翠红, 等. 基于温度条件的西兰花硅窗自发气调硅窗面积的筛选及验证[J]. 食品科学, 2022, 43(15): 236-244.
- [8] 赵紫迎, 贾雯茹, 左小霞, 等. 高湿贮藏对青花菜黄化和糖代谢的影响[J]. 食品科学, 2020, 41(5): 193-199.
- [9] 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.
- [10] 赵欢欢, 罗淑芬, 周宏胜, 等. 光照和湿度对西兰花硫苷代谢及生物活性物质的影响[J]. 食品与发酵工业, 2022, 48(7): 201-210.
- [11] WANG Y C, LIU W J, JIANG H Y, et al. The R2R3-MYB transcription factor MdMYB24-like is involved in methyl jasmonate-induced anthocyanin biosynthesis in apple[J]. *Plant Physiology and Biochemistry*, 2019, 139: 273-282.
- [12] HWANG I M, PARK B, DANG Y M, et al. Simultaneous direct determination of 15 glucosinolates in eight *Brassica* species by UHPLC-Q-Orbitrap-MS[J]. *Food Chemistry*, 2019, 282: 127-133.
- [13] 罗淑芬, 郭峰, 孙莹, 等. 6-苜氨基嘌呤处理对鲜切西兰花硫代葡萄糖苷代谢的影响[J]. 农业工程学报, 2022, 38(13): 295-304.
- [14] LUO F, CHENG S C, CAI J H, et al. Chlorophyll degradation and carotenoid biosynthetic pathways: gene expression and pigment content in broccoli during yellowing[J]. *Food Chemistry*, 2019, 297, 124964.
- [15] 杨静兰, 蔡燕雪, 王弘, 等. 超声波-微波处理条件对西兰花总酚含量及其品质的影响[J]. 食品安全质量检测学报, 2023, 14(20): 287-294.
- [16] 张岩, 赵遵乐, 邹琴艳, 等. 超声辅助提取酿酒葡萄皮渣花色苷工艺的优化及4个品种花色苷组分分析[J]. 中国食品添加剂, 2022, 33(3): 181-189.
- [17] 朱玲玲, 胡花丽, 罗淑芬, 等. 褪黑素调控呼吸代谢及抗氧化活性延缓采后青花菜衰老[J]. 农业工程学报, 2018, 34(3): 300-308.
- [18] 刘文营, 李享, 成晓瑜. 添加西兰花种子水提取物改善腊肉色泽和风味提高抗氧化性[J]. 农业工程学报, 2018, 34(21): 288-294.
- [19] THEUNIS M, NAESSENS T, PEETERS L, et al. Optimization and validation of analytical RP-HPLC methods for the quantification of glucosinolates and isothiocyanates in *Nasturtium officinale* R. Br and *Brassica oleracea* [J]. *LWT-Food Science and Technology*, 2022, 165: 113668.
- [20] LUO S F, AN R H, ZHOU H S, et al. The glucosinolate profiles of Brassicaceae vegetables responded differently to quick-freezing and drying methods[J]. *Food Chemistry*, 2022, 383: 132624.
- [21] 王梦雨, 袁文馨, 苗慧莹, 等. 不同采后处理对芸薹属蔬菜芥子油苷代谢和品质影响综述[J]. 浙江大学学报(农业与生命科学版), 2018, 44(3): 269-274.
- [22] 王峰, 陈名蔚, 刘宗陈, 等. 鲜切西兰花保鲜技术分析[J]. 中国果菜, 2018, 38(5): 1-4.