

# 杀菌剂对鲜切西兰花的保鲜作用

陈学玲<sup>1</sup>, 张莉会<sup>1</sup>, 何建军<sup>1</sup>, 梅新<sup>1</sup>, 施建斌<sup>1</sup>, 蔡沙<sup>1</sup>, 隋勇<sup>1</sup>, 严守雷<sup>2</sup>, 杨继华<sup>3</sup>, 陈志文<sup>3</sup>

(1. 湖北省农业科学院农产品加工与核农技术研究所, 湖北武汉 430064) (2. 华中农业大学食品科学技术学院, 湖北武汉 430070) (3. 山东中绿食品股份有限公司, 山东莒县 276500)

**摘要:** 为探讨不同杀菌剂对鲜切西兰花的保鲜效果, 以次氯酸钠、二氧化氯和酸性电解水三种杀菌剂对鲜切西兰花进行处理, 在 4 °C 下贮藏, 研究了不同杀菌剂对鲜切西兰花品质的影响, 并对各项指标作了相关性分析。实验结果表明: 三种杀菌剂对于延缓西兰花可溶性固形物含量、叶绿素含量和 Vc 含量的下降具有显著的效果 ( $p < 0.05$ ), 可显著降低呼吸强度和水分的损失, 并在一定程度上提高了过氧化物酶 (POD) 活性, 降低了丙二醛 (MDA) 活性, 能有效抑制微生物生长繁殖。从贮藏效果来看, 以酸性电解水杀菌效果最好, 酸性电解水能最大程度的延缓营养物质的流失, 延迟鲜切西兰花呼吸高峰和 POD 活性高峰的到来, 最大程度的抑制微生物生长繁殖, 从而达到延长鲜切西兰花货架期的目的。

**关键词:** 鲜切; 西兰花; 杀菌剂; 保鲜

文章编号: 1673-9078(2018)06-197-203

DOI: 10.13982/j.mfst.1673-9078.2018.6.027

## Effects of Fungicides on the Preservation of Fresh-cut Broccoli

CHEN Xue-ling<sup>1</sup>, ZHANG Li-hui<sup>1</sup>, HE Jian-jun<sup>1</sup>, MEI Xin<sup>1</sup>, SHI Jian-bin<sup>1</sup>, CAI Sha<sup>1</sup>, SUI Yong<sup>1</sup>, YAN Shou-lei<sup>2</sup>, YANG Ji-hua<sup>3</sup>, CHEN Zhi-wen<sup>3</sup>

(1. Institute for Farm Products Processing and Nuclear-agricultural Technology, Hubei Academy of Agricultural Sciences, Wuhan 430064, China) (2. College of Food and Science & Huazhong Agricultural University, Wuhan 430070, China) (3. Shandong Zhonglv Food Limited Company, Juxian 276500, China)

**Abstract:** In order to study the preservation effects of different fungicides on fresh cut broccoli, fresh cut broccoli was treated with three fungicides including sodium hypochlorite, chlorine dioxide, and acidic electrolyzed water and was stored at 4 °C. The effects of different fungicides on the quality of fresh cut broccoli, and the indexes of correlation were investigated and analyzed. The experimental results showed that the three kinds of fungicides had significant effect on reducing the content of broccolis soluble solids, chlorophyll and Vc ( $p < 0.05$ ), could significantly reduce the respiration and water loss, and increase the peroxidase (POD) activity and reduce the activity of malondialdehyde (MDA) to a certain extent, which could effectively inhibit microbial growth and reproduction. From the view of storage effect, acid electrolyzed water had the best bactericidal effect. Acidic electrolyzed water could delay the loss of nutrients to the maximum extent, delay the arrival of spiking peak and POD activity peak of fresh cut broccoli, and inhibit microbial growth and reproduction furthest, so as to extend the shelf life of fresh-cut broccoli.

**Key words:** fresh cut; broccoli; fungicide; preservation

西兰花又称为称花椰菜、青花菜等, 西兰花不仅含有丰富的营养物质, 而且相对全面, 主要包括糖类、脂类、蛋白质、矿物质、胡萝卜素和维生素 C 等, 高于其他同类蔬菜, 被誉为“蔬菜皇冠”<sup>[1]</sup>, 与此同时, 西兰花还含有酚类等天然诱变抑制剂物质, 能很好地预防癌变的发生。然而, 西兰花采后呼吸代谢旺盛, 在贮藏过程中很容易发生黄化褪绿、褐变、衰老、腐

收稿日期: 2018-01-16

基金项目: 国家科技支撑计划项目 (2015BAD16B07)

作者简介: 陈学玲 (1979-), 女, 副研究员, 研究方向: 果蔬贮藏与加工

通讯作者: 严守雷 (1975-), 男, 博士, 副教授, 研究方向: 农产品贮藏与加工

加工

烂及品质劣变等问题, 造成其营养成分损失、功能下降等<sup>[2-4]</sup>。

由于在贮藏过程中西兰花易受微生物的侵染, 因此杀菌这一环节显得尤为重要, 这不仅能够除去化学农药在果蔬中的残留, 还能抑制甚至杀死微生物, 从而延长其货架期。近年来, 国内外有许多学者将不同的杀菌剂应用于蔬菜保鲜, 肖卫华等<sup>[5]</sup>采用酸性电位水对草莓进行了研究, 研究表明, 酸性电位水能显著抑制草莓的呼吸以及多聚半乳糖醛酸酶及羧甲基纤维素酶的酶活。吴胜<sup>[6]</sup>研究了二氧化氯对鲜荚毛豆品质的影响, 发现二氧化氯清洗剂有助于延缓叶绿素的分解, 并降低丙二醛的含量, 保持和延长绿毛豆的商品

价值和保质期。唐偲雨等<sup>[7]</sup>研究发现次氯酸钠清洗鲜切马铃薯能有效抑制微生物生长,保持良好的感官品质。本研究通过对西兰花切分后选择次氯酸钠、二氧化氯、酸性电位水三种杀菌剂处理,以自来水处理为对照,通过测定 Vc、叶绿素、可溶性固形物、呼吸强度、失重率、丙二醛、过氧化物酶活性和菌落总数等生理生化指标,探究三种杀菌剂对鲜切西兰花的保鲜和抑菌效果,以期解决鲜切西兰花的软化、腐烂变质等问题,从而延长鲜切西兰花贮藏期。

## 1 材料与方法

### 1.1 材料

#### 1.1.1 原料

市售西兰花:购于湖北省农业科学院菜市场。

一次性果蔬保鲜 PET 托盘:型号为 ZY-T1912D,北京正耀包装制品有限公司。

巧心食品保鲜膜:食品包装级 PE 聚乙烯,30 cm×(30+10)m,二氧化碳透过率 36300 cm<sup>3</sup>/(m<sup>2</sup>·24 h·atm),氧气透过率 10030 cm<sup>3</sup>/(m<sup>2</sup>·24 h·atm),水蒸气透过率 25 g/(m<sup>2</sup>·24 h),宁波新力包装材料有限公司。

#### 1.1.2 仪器与设备

LCE-3000A 绿植养护机 I 型,海思普润\_湖北珞格商用设备有限责任公司;722G 可见分光光度计,上海精密科学仪器有限公司;RE-52 二氧化碳测定仪,上海亚荣生化仪器厂。

### 1.2 试验方法

#### 1.2.1 工艺流程

原材料→整理分级→修整→杀菌剂清洗→沥干→包装

#### 1.2.2 操作要点

(1) 原材料的选择:选择新鲜、饱满、成熟度适中、无异味、无病虫害的西兰花。

(2) 整理分级:按照西兰花大小进行分级。

(3) 修整:用锋利的刀具将其切分成直径 3~4 cm 的小花球<sup>[8]</sup>。

(4) 杀菌剂清洗:先用清水冲洗西兰花,再用配制好杀菌剂浸泡 10 min,各清洗剂的 pH、氧化还原电位(ORP)以及有效氯浓度(ACC)指标检测结果见表 1。

(5) 沥干:漂洗后必须沥干西兰花表面水分,避免西兰花腐败,采用沥水法去除西兰花表面的水分。

(6) 包装:将切分后的西兰花放入 PET 塑料盘中摆放整齐,每盘 6 个,再用保鲜膜密封,称重,贴上标签,在 4℃ 下冷藏。

表 1 杀菌剂参数

Table 1 bactericide parameters

杀菌剂	pH	ORP	ACC
次氯酸钠/(100 mg/L)	9.97	657	32.18
二氧化氯/(100 mg/L)	6.03	925	54.57
酸性电位水	2.65	1144	69.8
对照(自来水)	7.45	186	8.46

### 1.3 指标测定与方法

Vc 参考果蔬采后生理生化实验指导方法测定<sup>[9]</sup>。叶绿素采用王丹等人的方法测定<sup>[10]</sup>。可溶性固形物采用手持折光仪测定。呼吸强度的测定采用 Telaire7001 便携式 O<sub>2</sub>/CO<sub>2</sub> 测定仪测定。失重率采用质量法测定。丙二醛、过氧化物酶活性参考植物生理生化实验原理和技术测定<sup>[11]</sup>。菌落总数参考 GB 4789.2-2016。

### 1.4 统计分析

试验数据为 3 次重复试验的平均值,用 SPSS.22 软件进行相关性分析和多重差异显著性分析采用 Duncan's 法。 $p < 0.05$  表示差异显著, $p < 0.01$  表示差异极显著。

## 2 结果与讨论

### 2.1 对鲜切西兰花贮藏期 Vc 含量的影响

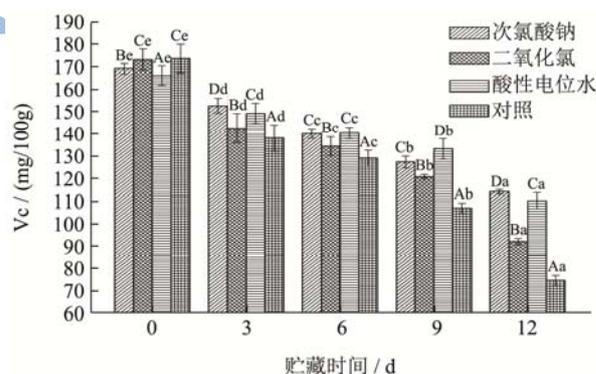


图 1 杀菌剂对鲜切西兰花 VC 含量的影响

Fig.1 Effects of different fungicides on the Vc content of fresh-cut broccoli during storage

注:小写字母 a~g 表示在 0.05 水平上组内的显著性差异,大写字母 A~D 表示在 0.05 水平上组间的显著性差异,下同

Vc 是果蔬重要的营养成分,具有维持人体生理机能的作用,其含量下降的越多,说明其保存的效果越差,食用品质越低<sup>[11]</sup>。由图 1 可知,在贮藏期间 4 组西兰花的 Vc 含量均呈下降的变化趋势,对照组 Vc 含量显著低于 3 个处理组 ( $p < 0.05$ ),且下降迅速;贮藏第 12 d,次氯酸钠组、二氧化氯组及酸性电解水组的

Vc 含量分别为 112.63 mg/100 g、101.48 mg/100 g 及 114.84 mg/100 g，且 3 组之间差异显著 ( $p < 0.05$ )。可见，3 种杀菌剂均能有效降低 Vc 的损失，且次氯酸钠与酸性电位水效果较好。这与王丹<sup>[10]</sup>、周会玲<sup>[12]</sup>的研究结果相似。然而，在黄豆芽的研究中，清水对照组的 Vc 含量最高，3 种杀菌剂促进了 Vc 氧化<sup>[13]</sup>。因此，杀菌剂对 Vc 的影响有待进一步研究。

## 2.2 对鲜切西兰花贮藏期叶绿素含量的影响

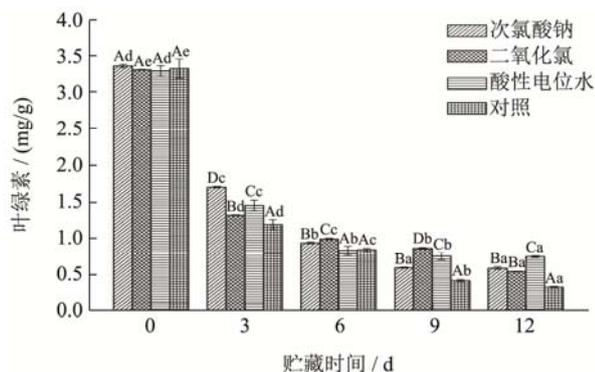


图 2 不同杀菌剂对鲜切西兰花贮藏期叶绿素含量的影响

Fig.2 Effects of different Fungicides on the chlorophyll content of fresh - cut broccoli during storage

绿色蔬菜在贮藏过程中，由于其叶绿素极其不稳定，很容易受到外界环境因素的影响，生成脱镁叶绿素使蔬菜黄化，最终丧失其商品价值。新鲜西兰花色泽鲜绿，叶绿素含量高，采后随着贮藏时间的延长，其叶绿素不断降解，西兰花绿色色泽逐渐消退变黄，严重影响西兰花的感官品质<sup>[14]</sup>。由图 2 可知，随着贮藏时间的延长，西兰花中叶绿素含量呈下降的趋势，尤其是贮藏第 3 d，叶绿素损失严重，且各处理组差异显著 ( $p < 0.05$ )。贮藏后期，杀菌剂处理的鲜切西兰花叶绿素含量显著高于对照组 ( $p < 0.05$ )，贮藏 12 d 后，对照组叶绿素含量仅 0.32 mg/g，经次氯酸钠、酸性电位水处理的西兰花叶绿素下降速率仅为对照组一半，其含量分别为 0.58 mg/g、0.54 mg/g、0.71 mg/g，经酸性电位水处理的西兰花叶绿素含量最高，这表明酸性电位水能够较好地抑制鲜切西兰花叶绿素的降解，林永艳等<sup>[15]</sup>的研究表明，酸性电位水较次氯酸钠清洗处理，能更好的抑制鲜切生菜中叶绿素含量的降解。

## 2.3 对鲜切西兰花贮藏期可溶性固形物含量的影响

可溶性固形物含量的高低，在一定程度上反映了贮藏过程中果蔬营养物质保留的多少。由图 3 可知，在贮藏期间，鲜切西兰花的可溶性固形物含量均呈下

降趋势。贮藏 0~6 d，4 组可溶性固形物含量无显著差异 ( $p > 0.05$ )。贮藏 12 d，4 组可溶性固形物含量大幅下降；与贮藏 0 d 相比，对照组的可溶性固形物含量下降 75.63%，次氯酸钠、二氧化氯、酸性电位水处理组分别下降了 54.84%、71.56%、71.92%，且对照组与 3 个处理组间差异显著。于晓霞<sup>[15]</sup>对鲜切哈密瓜研究中发现，杀菌剂对可溶性固形物含量的维持作用明显。究其原因，可能是杀菌剂可减少微生物对鲜切西兰花的作用，从而降低可溶性营养物质的消耗，较好地保持鲜切西兰花可溶性固形物的含量<sup>[16]</sup>。在此，次氯酸钠减缓鲜切西兰花可溶性固形物含量下降的效果最好。

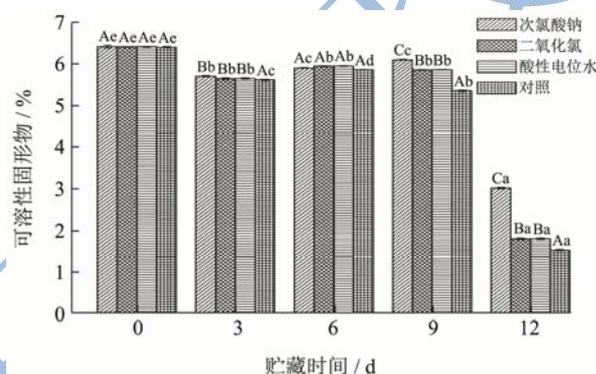


图 3 不同杀菌剂对鲜切西兰花贮藏期可溶性固形物含量的影响

Fig.3 Effects of different fungicides on the content of soluble solids of fresh - cut broccoli during storage

## 2.4 对鲜切西兰花贮藏期呼吸强度的影响

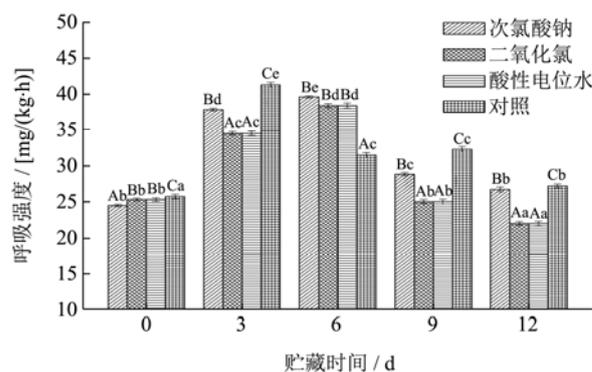


图 4 不同杀菌剂对鲜切西兰花贮藏期呼吸强度的影响

Fig.4 Effects of different fungicides on respiration intensity of fresh - cut broccoli during storage

呼吸作用是衡量果蔬新陈代谢强弱的一个重要指标。由图 4 可知，4 组鲜切西兰花在贮藏过程中，呼吸强度均呈先增大后降低的趋势。贮藏前期，由于西兰花切分后，细胞组织结构遭到破坏，CO<sub>2</sub> 被释放出来，大量的 O<sub>2</sub> 则通过维管组织进入组织内部，使得呼吸速率明显增大<sup>[17]</sup>；而贮藏后期，西兰花逐渐衰老，

因此呼吸减弱。贮藏 3 d, 对照组达到呼吸高峰, 峰值为 41.31 mg/(kg·h)。贮藏 6 d, 3 个处理组达到呼吸高峰, 可见杀菌剂处理有助于推迟呼吸高峰。贮藏 12 d, 二氧化氯和酸性电位水处理组的鲜切西兰花呼吸强度显著低于对照组和次氯酸钠组 ( $p>0.05$ )。在鲜切豇豆研究中, 杀菌剂同样具有抑制呼吸的作用<sup>[18]</sup>。

### 2.5 对鲜切西兰花贮藏期失重率的影响

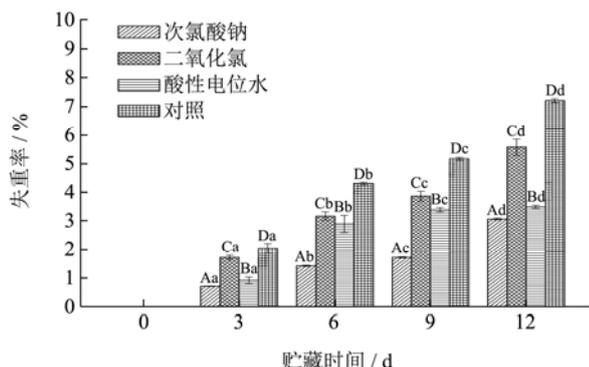


图 5 不同杀菌剂对鲜切西兰花贮藏期失重率的影响

Fig.5 Effects of different fungicides on the weight loss rate of fresh-cut broccoli during storage

果蔬采后的呼吸作用和蒸腾作用会导致其水分的损失以及重量的损失, 影响其生理代谢和外观品质, 即失重率的变化反映果蔬品质的变化, 失重率越高表明果蔬品质下降越严重<sup>[19]</sup>。由图 5 可知, 随着贮藏时间的延长, 4 组鲜切西兰花的失重率均逐渐升高, 这是由于西兰花在切分后, 受到了严重的机械损伤, 而且大面积暴露于空气中, 蒸腾和呼吸作用迅速增强, 底物大量被消耗, 因此造成西兰花切分后质量下降。贮藏期间, 对照组的失重率显著高于 3 个处理组 ( $p>0.05$ )。贮藏 12d, 对照组失重率达 7.4%, 次氯酸钠、二氧化氯和酸性电解水处理组西兰花失重率分别为 3.1%、5.6%和 3.6%, 且 4 组间差异显著 ( $p>0.05$ )。由此可见, 杀菌剂处理可减少鲜切西兰花质量损失, 延缓失重, 这与杀菌剂对鲜切菠菜<sup>[20]</sup>失重率的影响相似。

### 2.6 对鲜切西兰花丙二醛 (MDA) 含量的影响

丙二醛 (MDA) 是自由基作用植物体后引起膜系统脂质过氧化的分解产物, MDA 对膜和细胞中的许多生物功能分子均有很强的破坏作用, 其含量的高低是衡量植物体衰老程度的一个重要指标<sup>[21]</sup>。由图 6 可知, 在贮藏期间, 各组鲜切西兰花 MDA 含量变化总体均呈上升趋势; 与对照相比, 3 个杀菌剂处理组的

MDA 含量在整个贮藏期内均处于较低水平, 且显著差异 ( $p<0.05$ )。

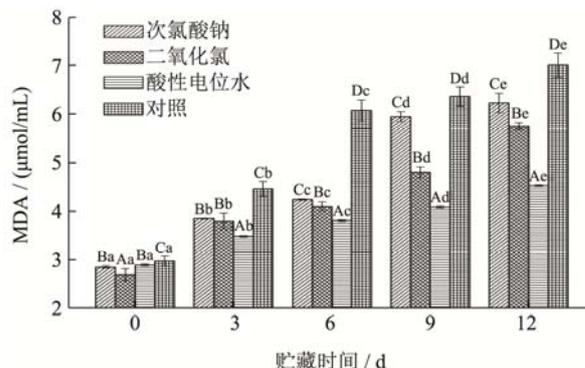


图 6 不同杀菌剂对鲜切西兰花贮藏期丙二醛的影响

Fig.6 Effects of different fungicides on malondialdehyde of Broccoli during storage

贮藏 12d, 二氧化氯、次氯酸钠和酸性电位水处理组的西兰花 MDA 含量分别是 5.74  $\mu\text{mol/mL}$ 、6.22  $\mu\text{mol/mL}$  和 4.53  $\mu\text{mol/mL}$ , 而对照组高达 6.87  $\mu\text{mol/mL}$ , 说明三种杀菌剂处理能有效减缓 MDA 的生成积累, 能够有效地减弱西兰花细胞损伤程度, 从而延缓西兰花的衰老, 这与酸性电解水处理哈密瓜<sup>[15]</sup>、切割黄瓜<sup>[22]</sup>的研究结论相似。三种杀菌剂相比较而言, 酸性电解水能最大程度抑制 MDA 的升高, 延缓鲜切西兰花的衰老。

### 2.7 对鲜切西兰花过氧化物酶 (POD) 含量的影响

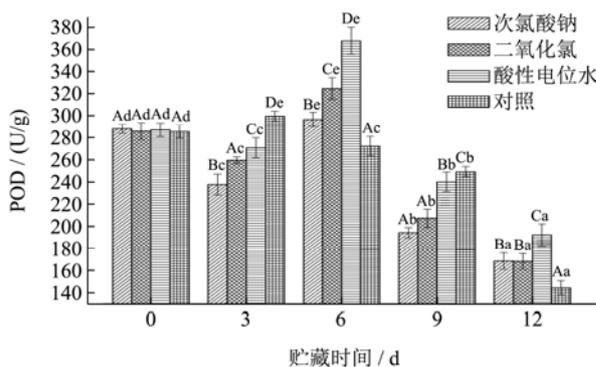


图 7 不同杀菌剂对鲜切西兰花贮藏期过氧化物酶的影响

Fig.7 Effects of different fungicides on peroxidase of broccoli during storage

过氧化物酶 (POD) 与呼吸作用、光合作用及生长素的氧化等有着密切的关系, 可以反映某一时体内代谢的变化。由图 7 可以看出, 整个贮藏过程中, 鲜切西兰花的 POD 活性均呈现先上升后降低的变化趋势, 与对照组不同的是, 杀菌剂可推迟鲜切西兰花 POD 活性高峰的到来, 于贮藏的第 6 d 达到活性高峰,

贮藏至第 12 d 时, 次氯酸钠、二氧化氯和酸性电位水处理组 POD 酶活性分别为 170.89 U/(min·g)、174.59 U/(min·g) 和 222.85 U/(min·g), 而对照组 POD 活性仅为 144.61 U/(min·g), 显著低于杀菌剂处理组 ( $p < 0.05$ ), 表明三种杀菌剂处理可显著延缓鲜切西兰花的 POD 活性下降速率, 其抑制机理有待进一步研究, 其中,

酸性电解水能最大程度延缓 POD 活性下降。

## 2.8 相关性分析

通过对三种杀菌剂处理的鲜切西兰花贮藏期间品质指标的测定, 综合各项指标, 酸性电位水处理效果最好, 因此选用酸性电位水各指标进行相关系数分析。

表 2 各变量的相关系数矩阵

Table 2 Correlation coefficient matrix of each variable

项目	呼吸强度	失重率	Vc	叶绿素	可溶性固形物	MDA	POD
呼吸强度	1	0.126	0.023	0.343	0.701**	0.013	0.544*
失重率	0.126	1	0.888**	0.936**	0.521*	0.907**	0.418
Vc	0.023	0.888**	1	0.869**	0.271	0.962**	0.500
叶绿素	0.343	0.936**	0.869**	1	0.698**	0.883**	0.324
可溶性固形物	0.701**	0.271	0.271	0.698**	1	0.309	0.047
MDA	0.013	0.962**	0.962**	0.883**	0.309	1	0.420
POD	0.544*	0.500	0.500	0.324	0.047	0.420	1

注: \*表示达显著水平 ( $\alpha=0.05$ ), \*\*表示达极显著水平 ( $\alpha=0.01$ )。

通过计算相关性矩阵 (见表 2) 发现, 呼吸强度与可溶性固形物、POD 活性彼此强相关, 相关系数分别为 0.701、0.544。失重率与 Vc、叶绿素含量、可溶性固形物、MDA 的相关系数均大于呼吸强度对应的系数, 说明与呼吸强度相比, 失重率的变化趋势与 Vc、叶绿素含量、可溶性固形物、MDA 的变化趋势更接近。Vc 含量与叶绿素 MDA 之间存在显著的正相关, 相关系数均达到了极显著水平 ( $p < 0.01$ ), 叶绿素与可溶性固形物、MDA 相关系数分别为 0.698 和 0.883, 由此可见, 各指标之间存在相关性, 彼此之间相互影响, 相互关联。

见, 三种处理均有较好的杀菌效果, 能有效延长鲜切西兰花货架期, 其中酸性电位水和二氧化氯效果较好。

表 3 各处理组鲜切西兰花菌落总数

Table 3 The total number of colonies in the treatment group of fresh-cut broccoli

贮藏时间/d	酸性电解水	次氯酸钠	二氧化氯	对照组
0	47	98	73	148
3	$1.5 \times 10^2$	$2.7 \times 10^2$	$3.65 \times 10^2$	$6.2 \times 10^2$
6	$4.3 \times 10^2$	$5.62 \times 10^2$	$6.38 \times 10^2$	$9.4 \times 10^2$
9	$7.4 \times 10^2$	$9.6 \times 10^2$	$8.31 \times 10^2$	$2.16 \times 10^3$
12	$8.9 \times 10^2$	$1.04 \times 10^3$	$9.7 \times 10^2$	$4.12 \times 10^3$

## 2.9 对鲜切西兰花贮藏期菌落总数的影响

由表 3 可知, 经酸性电解水、次氯酸钠、二氧化氯处理的鲜切西兰花贮藏初期的菌落总数分别为 47 CFU/g、98 CFU/g、73 CFU/g, 显著低于对照组, 由此可见, 三种处理均使菌落总数下降, 处理效果很明显。在整个储藏过程中, 三种处理组的西兰花表面的微生物均少于对照组, 随着贮藏时间的延长, 贮藏前 9 d, 鲜切西兰花表面的微生物迅速生长繁殖, 这是因为蔬菜的细胞壁由于机械切割被严重破坏, 使细胞汁液大量流出, 增加了微生物生长的可能性, 且西兰花组织由于机械损伤抵抗微生物的能力也下降<sup>[24]</sup>。菌落总数含量控制在  $10^3$  CFU/g 范围内, 符合生产要求, 对照组在贮藏第 6 d 时, 菌落总数为  $1.04 \times 10^3$  CFU/g, 对照组鲜切西兰花贮藏期可达到 6 d, 经酸性电位水和二氧化氯处理的鲜切西兰花贮藏期可达到 12 d 左右, 次氯酸钠处理的鲜切西兰花贮藏期可达到 9 d, 由此可

## 3 结论

3.1 随着科技的进步和西兰花产业的发展, 急需进行适合西兰花物流运输保鲜技术的研究, 以适应市场的需求, 如何将现有的贮藏保鲜技术与物流需求结合起来, 是目前迫切需要解决的问题。二氧化氯、次氯酸钠等, 碱性条件下, ClO<sub>2</sub> 易与有机物反应生成有害氯化物, 对人体有一定的危害。酸性电解水对粘膜无刺激、无致敏、无致癌, 长期使用无毒副作用, 使用经过几个小时后, 遇光、空气及有机物还原成普通水。本实验选用次氯酸钠、二氧化氯以及酸性电位水三种杀菌剂对鲜切西兰花进行处理, 三种杀菌剂均可以减轻鲜切西兰花贮藏过程中的质量损失, 抑制叶绿素、及 Vc 的降解, 能维持西兰花的过氧化物酶 (POD) 活性处于较高的水平, 抑制呼吸强度和丙二醛的升高, 并具有较好的杀菌效果, 从而保持了产品的品质, 延长了鲜切西兰花的货架期; 从贮藏效果看, 酸性电解

水处理的鲜切西兰花保鲜效果最好,且各生理生化指标之间具有相关性。

3.2 次氯酸钠、二氧化氯以及酸性电位水不仅具有保鲜效果,还具有较好的杀菌效果,能抑制果蔬的褐变。有研究表明,酸性电解水对鲜切马铃薯酶促褐变有抑制作用<sup>[24]</sup>,葡萄经酸性电解水浸泡处理后,果实表面微生物数量均显著降低<sup>[25]</sup>。对于这三种杀菌剂还可以进一步探讨研究,比如以不同类型的果蔬为基础,研究三种杀菌剂对果蔬杀菌效果的影响,对果蔬抗氧化活性成分、挥发性成分的影响以及抑制果蔬褐变的机理,为我国现阶段发展迅速的鲜切果蔬行业提供有利的理论基础。

### 参考文献

- [1] 王蓉,何磊.西兰花中的抗癌成分及其活性的初步研究[J].食品科学,2009,30(7):243-245  
WANG Rong, HE Lei. Primary study on anti-tumor components in broccoli and their Bioactivity [J]. Food Science, 2009, 30(7): 243-245
- [2] 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. *Italied*) heads [J]. Postharvest Biology and Technology, 2006, 41(1): 1-8
- [3] MA Gang, WANG Ran, WANG Chengrong, et al. Effect of 1-methylcyclopropene on expression of genes for ethylene biosynthesis enzymes and ethylene receptors in post-harvest broccoli [J]. Plant Growth Regul, 2009, 57(3): 223-232
- [4] 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  
XU Fei-yan, JIANG Gao-qiang, CHEN Jian-chu. Research on the application of ozone in fresh cut broccoli [J]. Food Science, 2006, 27(5): 254-257
- [5] 肖卫华,李里特,李再贵,等.电生功能水对草莓的保鲜试验研究[J].食品科学,2003,24(5):152-155  
XIAO Wei-hua, LI Li-te, LI Zai-gui, et al. Electrolyzed water on preservation of strawberry [J]. Food Science, 2003, 24(5): 152-155
- [6] 杜传来,吴胜.不同清洗剂对鲜荚毛豆低温贮藏过程中品质的影响[J].食品工业科技,2009,8:296-299  
DU Chuan-lai, WU Sheng. Effects of different washing sanitizers on the quality of fresh soybean pods during low-temperature storage [J]. Science and technology of food industry, 2009, 8: 296-299
- [7] 唐偲雨,周金源,张玲,等.不同清洗方式对鲜切马铃薯品质的影响[J].西南农业学报,2015,28(3):1268-1272  
TANG Si-yu, ZHOU Jin-yuan, ZHANG Ling, et al. Influence of different cleaning methods on the quality of fresh cut potato [J]. Southwest Agricultural Journal, 2015, 28(3): 1268-1272
- [8] 郭香凤,向进乐,李秀珍,等.贮藏温度对西兰花净菜品质的影响[J].农业机械学报,2008,39(2):201-204  
GUO Xiang-feng, XIANG Jin-yue, LI Xiu-zhen, et al. The effects of storage temperature on fresh broccoli quality [J]. Journal of Agricultural Machinery, 2008, 39(2): 201-204
- [9] 曹建康,姜微波,赵玉梅.果蔬采后生理生化实验指导[M].北京:中国轻工业出版社,2007  
CAO Jian-kang, JIANG Wei-bo, ZHAO Yu-mei. Guidance of physiological and biochemical experiment of fruit and vegetable after harvest [M]. Beijing: China Light Industry Press, 2007
- [10] 王丹,李雪,马越,等.不同清洗剂对鲜切西兰花贮藏期间品质的影响[J].食品与机械,2013,29(5):190-193  
WANG Dan, LI Xue, MA Yue, et al. Effects of different cleaning agents on the quality of fresh cut broccoli during storage [J]. Food and Machinery, 2013, 29(5): 190-193
- [11] 庞凌云,祝美云,李瑜,等.不同涂膜处理对鲜切铁棍山药品质的影响[J].食品与发酵工业,2011,37(6):225-228  
PANG Ling-yun, ZHU Mei-yun, LI Yu, et al. Effect of different film treatments on the quality of fresh-cut *Dioscorea opposita* Thunb. cv Tiegun [J]. Food and Fermentation Industries, 2011, 37(6): 225-228
- [12] 周会玲,唐爱均,王祥明.不同清洗剂对切割生菜品质的影响[J].西北农业学报,2010,19(11):115-118  
ZHOU Huiling, TANG Aijun, WANG Xiangming. Effects of different washing agents on the quality of fresh-cut lettuce [J]. Acta Agriculturae Boreali-occidentalis Sinica, 2010, 19(11): 115-118
- [13] 崔瀚元,胡云峰,杨秋月,等.不同清洗剂对冷藏条件下黄豆芽货架期品质影响研究[C].第六届中国冷冻冷藏新技术、新设备研讨会论文集,北京,2013:159-160  
CUI Han-yuan, HU Yun-feng, YANG Qiu-yue, et al. Effects of different kinds of disinfectant on shelf-life quality of soybean sprout in cold storage [C]. The 6<sup>th</sup> Symposium on new technologies and equipment for refrigeration in China, Beijing, 2013: 159-160
- [14] 林永艳,谢晶,朱军伟,等.清洗方式对鲜切生菜保鲜效果的影响[J].食品与机械,2012,28(1):211-213  
LIN Yong-yan, XIE Jing, ZHU Jun-wei, et al. Effect of cleaning method on fresh cut lettuce fresh effect [J]. Food and

- Machinery, 2012, 28(1): 211-213
- [15] 于晓霞.酸性电解水对鲜切果蔬杀菌和保鲜效果的研究[D].上海:上海海洋大学,2015  
YU Xiao-xia. Study on sterilization and preservation of fruits and vegetables using acid electrolyzed oxidizing water [D]. Shanghai: Shanghai Ocean University, 2015
- [16] 王梅,徐俐,汤静,等.大蒜素提取液对鲜切山药保鲜效果的影响[J].中国酿造,2016,35(8):142-147  
WANG Mei, XU Li, TANG Jing, et al. Effect of allicin extract on fresh cut yam [J]. Chinese Brewing, 2016, 35(8): 142-147
- [17] Vandekinderen I, Devlieghere F, Meulenaer B D, et al. Impact of decontamination agents and a packaging delay on the respiration rate of fresh-cut produce [J]. Postharvest Biol. Tec., 2008, 49(2): 277-282
- [18] 冯晓琴,高丽芳,单树花,等.不同试剂处理对鲜切豇豆生理生化指标的影响[J].食品工程,2009,4:49-52  
FENG Xiao-qin, GAO Li-fang, SHAN Shu-hua, et al. Effects of different reagent on physiology and biochemistry index of fresh-cut cowpea during storage [J]. Food Engineering, 2009, 4: 49-52
- [19] 罗云波,蔡同一.园艺产品贮藏加工学[M].北京:中国农业大学出版社,2001  
LUO Yun-bo, CAI Tong-yi. Storage and processing of horticultural products [M]. Beijing: China Agricultural University Press, 2001
- [20] 王丹,张向阳,马越,等.不同清洗剂对鲜切菠菜处理效果的影响[J].食品工业,2015,36(6):113-116  
WANG Dan, ZHANG Xiang-yang, MA Yue, et al. The effect of different washing agents on the quality of fresh-cut spinach [J]. The Food Industry, 2015, 36(6): 113-116
- [21] 罗自生.热激减轻柿果冷害及其与脂氧合酶的关系[J].果树学报,2006,23(3):454-457  
LUO Zi-sheng. Heat shock alleviating cold damage to persimmon fruit and its relationship with lipoxygenase [J]. Journal of Fruit Tree, 2006, 23(3): 454-457
- [22] 朱军伟,谢晶,林永艳,等.清洗条件对切割黄瓜贮藏品质和安全性的影响[J].食品工业科技,2012,33(20)320-323  
ZHU Jun-wei, XIE Jing, LIN Yong-yan, et al. Effect of washing methods on quality and safety keeping of fresh-cut cucumbers [J]. Food Industry Technology, 2012, 33(20): 320-323.
- [23] 纪淑娟,齐谨宇,魏宝东,等.电位水对黄瓜表面杀菌及常温货架期保鲜效果的影响[J].食品与发酵工业,2014,40(12):190-195  
JI Shu-juan, QI Jin-yu, WEI Bao-dong, et al. Effect of electrolyzed functional water on the surface sterilization and preservation of cucumber during shelf life at room temperature [J]. Food and Fermentation Industries, 2014, 40(12): 190-195
- [24] 邓清云,刘海杰,张芊.酸性电解水对鲜切马铃薯酶促褐变抑制效果[J].食品科技,2012,37(10):35-38  
DENG Qing-yun, LIU Hai-jie, ZHANG Qian. Inhibition effects of enzymatic browning in fresh-cut potatoes by using acidic electrolyzed oxidizing water [J]. Food Science and Technology, 2012, 37(10): 35-38
- [25] 武龙,肖卫华,李里特.酸性电解水用于葡萄杀菌保鲜的试验研究[J].食品科技,2004,9:81-83  
WU Long, XIAO Wei-hua, LI Li-te. Acidic electrolyzed water for experimental research on the sterilization and preservation of grape [J]. Food Science and Technology, 2004, 9: 81-83