

4 种常用蔬菜清洗剂对韭黄清洗后常温 货架品质的影响

王祖莲^{1,2}, 陈 晴^{1,2}, 罗芳耀¹, 唐月明¹, 田玉肖¹, 郭云建³, 高 佳^{1*}

(1. 四川省农业科学院农产品加工研究所, 成都 610066; 2. 四川农业大学园艺学院, 成都 611130;
3. 四川省成都市郫都区农业农村和林业局, 成都 611730)

摘 要: **目的** 研究 4 种不同蔬菜清洗剂(过氧化氢、过氧乙酸、次氯酸钠和二氧化氯)对清洗后韭黄货架期品质的影响。**方法** 通过比较 4 种清洗剂清洗后对韭黄货架过程中失重率、相对电导率、菌落总数和霉菌酵母数量、腐烂指数、总体感官值的变化情况, 探讨不同清洗剂对韭黄货架品质的影响。**结果** 4 种清洗剂对韭黄清洗后常温货架过程中各项测试指标影响差异显著($P<0.05$), 其中 100 mg/L 的过氧乙酸溶液和有效氯为 100 mg/L 的次氯酸钠溶液均能显著降低货架期韭黄失重率、组织电导率、菌落总数、霉菌和酵母数量、腐烂指数的升高, 延缓韭黄总体感官质量的劣变, 延长清洗后韭黄常温货架期至 5 d 左右。**结论** 供试 4 种清洗剂均能不同程度的影响清洗后韭黄货架期品质变化, 其中 100 mg/L 的过氧乙酸溶液和有效氯为 100 mg/L 的次氯酸钠溶液使用效果最优。

关键词: 清洗剂; 韭黄; 过氧乙酸; 次氯酸钠

Effects of 4 common vegetable cleaning agents on shelf quality of chives at room temperature after cleaning

WANG Zu-Lian^{1,2}, CHEN Qing^{1,2}, LUO Fang-Yao¹, TANG Yue-Ming¹, TIAN Yu-Xiao¹,
GUO Yun-Jian³, GAO Jia^{1*}

(1. Institute of Agro-products Processing Science and Technology, Chengdu 610066, China; 2. College of Horticulture, Sichuan Agricultural University, Chengdu 611130, China; 3. Chengdu City, Sichuan Province Pi Rural Area Agriculture and Forestry Bureau, Chengdu 611730, China)

ABSTRACT: Objective To study the effects of 4 kinds of vegetable cleaning agents (hydrogen peroxide, peracetic acid, sodium hypochlorite and chlorine dioxide) on the shelf life quality of chives after washing. **Methods** By comparing effects of 4 kinds of cleaning agents on the weight loss rate, relative electrical conductivity, total number of bacterial colony, number of mold and yeast, decay index and total sensory value on the shelf of chives, the influence of different cleaning agents on the shelf quality of chives after washing was discussed. **Results** The influence of four kinds of cleaning agents on various test indexes of chives at room temperature after cleaning was significant ($P<0.05$). Among them, 100 mg/L peracetic acid solution and sodium hypochlorite solution with available

基金项目: 四川省科技计划项目(2018NZ0001)、四川省农业科学院科技成果中试熟化与示范转化工程项目(CGZH2019XCZC02)

Fund: Supported by Sichuan Science and Technology Program (2018NZ0001), Pilot Ripening and Demonstration Transformation Project of Scientific and Technological Achievements of Sichuan Academy of Agricultural Sciences (CGZH2019XCZC02)

*通讯作者: 高佳, 博士, 副研究员, 主要研究方向为果蔬贮藏保鲜与加工。E-mail: jiagao129@163.com

*Corresponding author: GAO Jia, Ph.D, Associate Professor, Institute of Agro-products Processing Science and Technology, Chengdu 610066, China. E-mail: jiagao129@163.com

chlorine of 100 mg/L could significantly reduce the weight loss rate, tissue conductivity, total number of colonies, the number of molds and yeasts, and the increasing of the rot index of shelf period chives, delay the deterioration of the overall sensory quality of chives, and extend the shelf life of chives after cleaning to about 5 d. **Conclusion** Four kinds of tested cleaning agents can affect the shelf life quality of chives in different degrees, among which 100 mg/L peracetic acid solution and 100 mg/L sodium hypochlorite solution have the best effect.

KEY WORDS: cleaning agent; chives; peracetic acid; sodium hypochlorite

1 引言

韭黄(*A. tuberosum* Rottl. ex Spreng.)为百合科葱属多年生草本植物,是韭菜的宿根在黑暗条件下生长出来的嫩芽,是一种在我国多地广泛种植的特色蔬菜^[1]。新鲜韭黄叶片呈黄白色,风味浓郁,脆嫩鲜美,具有较高的营养和保健价值,深受消费者喜爱^[2,3]。生产中,韭黄栽种需要覆土遮盖,造成其采后叶片和茎秆表面携带大量的泥沙和干枯、腐烂叶片。为提升韭黄采后商品性和延长货架期,去杂和清洗成为了韭黄采后初加工的重要环节,通过有效的清洗处理既去除了可见杂质,又减少了表面携带的腐败微生物种类和数量,降低了采后腐烂率^[4-6]。

目前生产中应用最广泛的经济高效型蔬菜清洗剂主要为含氯清洗剂,其中以次氯酸钠(NaClO)最常见^[7,8],被广泛应用于大宗蔬菜的初加工清洗和鲜切加工清洗环节^[9-11]。二氧化氯(ClO₂)作为一种新型的含氯杀菌剂,比次氯酸钠的杀菌效率更高,且安全性更强,也被用于蒲菜^[12]、西兰花^[13]等多种蔬菜的清洗研究中。此外,过氧化氢(H₂O₂)作为一种绿色安全的高效广谱杀菌剂被证实鲜切生菜清洗过程中具有明显的抑菌、抗褐变等作用^[14,15];过氧乙酸(peracetic acid, PA)作为一种在工业生产和医疗卫生中广泛应用的安全高效强氧化剂^[16-18]也被应用到了生菜^[19]等蔬菜的清洗杀菌中。众多的清洗剂应用研究报道可见,蔬菜种类和加工类型对清洗效果具有影响,各种清洗剂在不同蔬菜清洗中最适使用浓度和清洗效果存在差异^[11,19,20]。因此,针对不同蔬菜种类选择适宜的经济、安全、高效型清洗剂,明确最适使用剂量和工艺,调查清洗后蔬菜货架过程中的品质变化情况,对于帮助生产中找寻和优化清洗工艺具有重要作用。目前,有关韭黄采后清洗的研究报道较少,几种常用的蔬菜清洗对韭黄的清洗效果不明。课题组在前期预实验的基础上已筛选出 H₂O₂、PA、NaClO 和 ClO₂ 这 4 种生产中常用清洗剂对韭黄清洗的最适使用浓度,本研究重点比较了 4 种不同清洗剂对韭黄清洗后常温货架品质的影响,以期生产中明确韭黄适宜的清洗方案提供科学依据。

2 材料与方法

2.1 材料与试剂

供试新鲜韭黄采自四川省成都市郫都区唐元镇青

杨韭黄专业合作社生产基地。原料采收后手动清理去杂,挑选生长健壮,无明显病虫害,色泽嫩黄,未经清洗的韭黄快速送至实验室,于(0±0.5)℃冷库预冷 24 h 后用。次氯酸钠、二氧化氯、过氧化氢、过氧乙酸(分析纯,国药集团有限公司)。

2.2 主要仪器设备

JA31002 电子天平(上海精天电子仪器有限公司); ESCD class II BSC AC 2-6S1 生物安全柜(新加坡艺思高科技有限公司); Interscience Easy Spiral Dilute 全自动螺旋接种仪、Scan 1200 自动菌落计数器(法国 Interscience 公司); ZY2017000036 培养基制备分装系统(瑞士 INTEGRA); MM400 高压灭菌锅(致微(厦门)仪器有限公司); DDSJ-308A 电导仪(上海仪电科学仪器股份有限公司); HI96738 二氧化氯浓度测定仪(哈纳沃德仪器(北京)有限公司)。

2.3 样品处理

将预冷处理后的韭黄分为 CK、A、B、C、D 5 个组,每组重量 3.5 kg,分别按照表 1 中试验设置对不同组别的韭黄进行浸泡清洗,清洗后将韭黄放置于阴凉通风处自然悬挂晾干,之后分组放入塑料蔬菜筐,在(20±0.5)℃贮藏库进行模拟货架贮藏。处理组与对照组均设 3 个重复,清洗当天记为第 1 d,从第 3 d 开始,每隔 1 天对贮藏的韭黄样品进行感官评价、微生物指标和生理指标的测定。

表 1 不同清洗处理组的实验设置
Table 1 Treatment concentration and time of different cleaning treatments

编号	清洗剂	清洗时间/min	清洗剂浓度
CK	清水	2	
A	H ₂ O ₂ (双氧水)	2	35 mg/L
B	PA (过氧乙酸)	2	100 mg/L
C	NaClO (次氯酸钠)	2	有效氯浓度 100 mg/L
D	ClO ₂ (二氧化氯)	2	50 mg/L

2.4 指标测定

2.4.1 失重率

采用重量法^[21]。

2.4.2 组织电导率

使用电导仪测定^[22]。从每组样品中取(60±0.5) g 韭黄样品, 加入 1000 mL 去离子水于室温下浸泡 30 min 后测定样品组织电导率记为 E_1 。再将测定的韭黄样品放置于 -20 °C 冰箱反复冻融多次, 待冻融组织的电导率稳定后记为 E_2 。

计算公式: 组织电导率 $E(\%) = E_1/E_2 \times 100\%$ 。

2.4.3 菌落总数、霉菌和酵母计数

菌落总数计数参考 GB 4789.2-2016《食品安全国家标准 食品微生物学检验菌落总数测定》^[23]方法测定; 霉菌和酵母计数参考 GB 4789.15-2016《食品安全国家标准 食品微生物学检验霉菌和酵母计数测定》^[24]方法测定, 计数值为霉菌和酵母数量的总和。

2.4.4 腐烂指数

腐烂级数^[25]: 按韭黄整体出现腐烂的长度, 将腐烂的程度分为 5 级: 0 级: 无腐烂出现; 1 级: 腐烂长度小于 1 cm; 2 级: 腐烂长度在 1 cm~1/4 整株长; 3 级: 腐烂长度在 1/4~1/2 整株长; 4 级: 腐烂长度超过 1/2 整株长。

计算公式: 腐烂指数 = $\sum(\text{腐烂级别} \times \text{对应级别的韭黄根数}) / (\text{韭黄总数} \times \text{最高腐烂级别数}) \times 100\%$ 。

2.4.5 感官评价

由 5 名专业人员组成评价小组, 采用观察法^[26]对贮藏期间韭黄的整体感官进行评分, 结果取平均值。评分标准: 9 分, 非常好, 根茎脆嫩气味清香; 7 分, 较好, 有清香; 5 分, 一般, 根茎发粘叶出现水烂, 略有不良风味; 3 分, 不好, 无商品性, 有明显不良气味; 1 分, 非常不好, 根茎软粘且叶水烂严重, 异味刺鼻。

2.5 数据处理

采用 Excel 2016 进行数据统计与计算, 数据以 3 次重复的平均值±SD 表示, 使用 SPSS18 软件进行数据的显著性分析, 采用 SigmaPlot12.5 进行作图。

3 结果与分析

3.1 货架期韭黄失重率的变化

新鲜韭黄含水量高, 采后呼吸代谢旺盛, 极易失水萎蔫^[27]。测试韭黄清洗后货架过程中失重率变化情况(图 1)表明, 各处理均表现为失重率随贮藏期的延长而升高, 其中对照清洗组贮藏后期升高幅度最明显。至第 5 d 时, 清水处理失重率显著高于其他 4 个处理组($P < 0.05$), 而其他处理组间失重率差异不显著($P > 0.05$); 至第 7 d 时, 清水处理组失重率最高(29.64%), 而 NaClO 处理组最低(17.92%), 表现出一定的延缓贮藏过程中失重率升高的效果, 与 NaClO 在鲜切青椒^[11]和鲜切香菇^[28]的试验结果相似。

3.2 货架期韭黄组织电导率的变化

样品的组织电导率是衡量细胞膜透性的重要指标,

组织电导率值越大, 表明细胞膜的破坏程度越大, 蔬菜样品的新鲜度相对越低^[11,29]。图 2 结果显示, 所有处理的韭黄样品组织电导率均随着货架期的延长呈现不同程度的升高趋势。其中, 货架前期(1~3 d)各组之间差异不显著($P > 0.05$); 到第 5 d 时, 清水处理(9.03%)和 ClO₂ 处理(8.36%)显著高于其他 3 组处理($P < 0.05$); 第 7 d 时, 清水处理组织电导率最高(22.85%), ClO₂ 处理次之(14.53%), 而其余 3 组处理间差异不显著($P > 0.05$), 均低于 10%。可见, 采用 PA、NaClO 和 H₂O₂ 清洗可以延缓货架期韭黄组织电导率的升高。有研究表明, ClO₂ 水溶液清洗鲜切西兰花会造成组织相对电导率的升高^[13], 可能造成了细胞膜的损伤, 与本试验结果中贮藏后期韭黄组织相对电导率的升高类似; 而采用 NaClO 清洗剂则不会造成清洗过程中对鲜切菠菜组织相对电导率的显著影响^[30]。

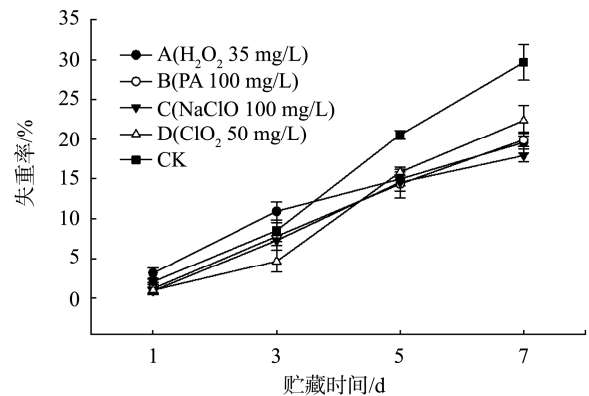


图 1 不同清洗处理对韭黄货架期失重率的影响($n=3$)

Fig.1 Effects of different cleaning treatments on weightlessness rate of chives($n=3$)

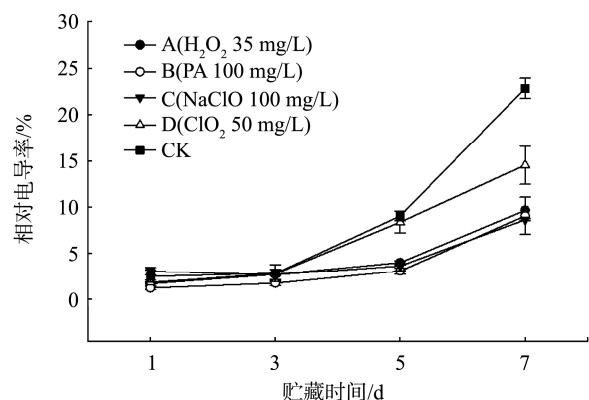


图 2 不同的清洗处理对韭黄相对电导率影响($n=3$)

Fig.2 Effects of different cleaning treatments on tissue conductivity of chives($n=3$)

3.3 货架期韭黄微生物指标的变化

试验结果表明(图 3-a), 随着贮藏时间的延长各处理

菌落总数均呈现显著升高趋势($P<0.05$)。其中第 1 d 时, NaClO 处理组的菌落总数显著最低(4.89 lg CFU/g); H_2O_2 、PA 和 ClO_2 这 3 个处理组次之, 但彼此间差异不显著($P>0.05$); 清水处理组显著最高为 6.72 lg CFU/g($P<0.05$)。随着货架期的延长, PA 和 NaClO 处理组之间的差距缩小, 在整个供试期内均显著低于其他处理组, 表现出较好的延缓菌落总数增长的效果; 第 3 d 时, 分别比清水处理菌落总数值低 1.73 lg CFU/g 和 1.36 lg CFU/g; 第 7 d 时, 分别比清水处理低 1.85 lg CFU/g 和 1.81 lg CFU/g。而 H_2O_2 和 ClO_2 两个处理组则随着时间的延长表现为菌落总数值与清水对照处理间的差距缩小; 第 5 d 时, H_2O_2 、 ClO_2 和清水处理间菌落总数值差异不显著($P>0.05$)。

图 3-b 为不同清洗处理后韭黄货架期霉菌和酵母数量的变化情况。整个货架期内 PA 和 NaClO 处理组之间霉菌和酵母数量随时间的变化趋势差异不显著($P>0.05$), 在 1~5 d 内均显著低于其他处理组($P<0.05$), 且增长幅度较低(2.65 lg CFU/g~3.63 lg CFU/g 之间), 而在第 7 d 时出现显著增高($P<0.05$)。第 1 d 时, PA(2.71 lg CFU/g)和 NaClO(2.65 lg CFU/g)两组处理的霉菌和酵母数量显著最低, ClO_2 (3.15 lg CFU/g)处理组次之, 清水(3.88 lg CFU/g)和 H_2O_2 (4.07 lg CFU/g)处理组显著最高($P<0.05$)。 H_2O_2 和 ClO_2 2 个处理组在货架后期霉菌和酵母数量变化趋势也保持一致, 第 3~5 d 时未出现显著增长($P>0.05$), 保持在 4.30 lg CFU/g~4.72 lg CFU/g 之间, 但第 7 d 时小幅升高。而清水处理第 3 d 时霉菌和酵母数量显著升高到 5.24 lg CFU/g($P<0.05$), 但货架后期(第 5~7 d)表现出略微降低趋势, 可能与货架后期韭黄样品失重率增高(图 1), 表面严重失水影响了微生物的生长繁殖有关^[31]。

新鲜韭黄富含丰富的水分及营养物质, 能为微生物的生长提供理想的生存条件, 微生物的生长繁殖是导致韭黄腐烂的主要原因。上述结果表明, 不同清洗剂对韭黄清洗后常温货架过程中微生物的生长抑制作用不同, 其中 PA 和 NaClO 处理相较于其他 3 种处理均表现出了较好的抑制作用, 且在 5 d 内霉菌和酵母的数量增长幅度较低; 而 H_2O_2 和 ClO_2 处理与清水对照相比, 虽然在货架前期也显示出一定的抑制微生物生长作用, 但与对照间差异不大, 且后期增长迅速。Baldry^[32]研究比较了 H_2O_2 和 PA 的灭菌性能, 表明在常温下使用 1.3 mmol/L 的 PA 水溶液可使微生物数量在 1 min 内减少 6 倍, 灭菌性能优于 H_2O_2 水溶液。众多研究表明, PA 溶液在草莓^[33]、青种枇杷^[34]和黄秋葵^[35]上使用, NaClO 溶液在生菜^[8,36]、鲜切莲藕^[37]和鲜切西兰花^[9]上使用均表现出较好的抑菌效果。Alvaro^[38]等模拟工业流程对鲜切番茄、鲜切西兰花、甜椒和黄瓜使用 PA 和 NaClO 清洗灭菌, 其实验结果表明 15 d 内试验样品之间差异较小, 与本试验的研究结果相似。

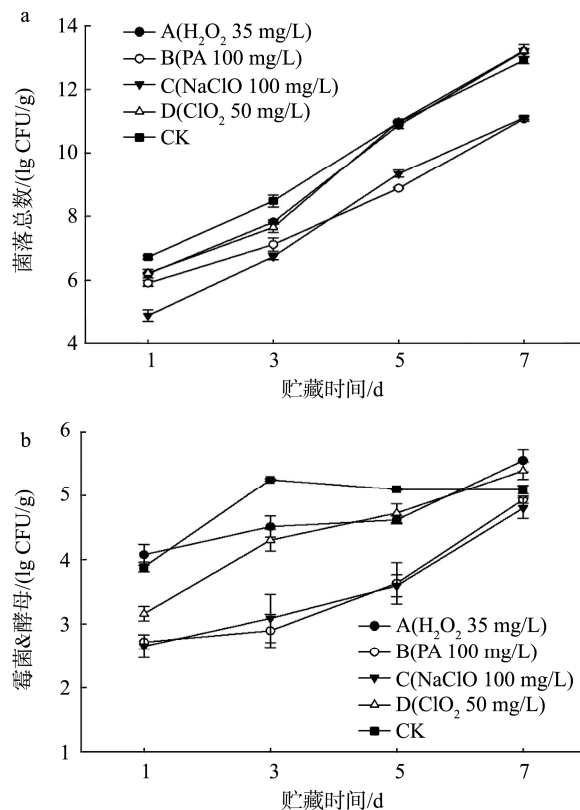


图 3 不同的清洗处理对韭黄表面菌落总数、霉菌和酵母的影响 ($n=3$)

Fig. 3 Effects of different cleaning treatments on the total number of colonies, mold and yeast on the surface of chives ($n=3$)

3.4 货架期韭黄腐烂指数的变化

腐烂指数直接反应韭黄货架过程中不同处理组的腐烂情况。由图 4 可见, 第 3 d 时各处理组的韭黄均未出现明显腐烂症状; 但第 5 d 时各处理组之间的腐烂指数表现出差异, 其中清水(12.94%)与 H_2O_2 (11.51%)处理组腐烂指数上升幅度最快, 显著高于 PA(5.77%)、 ClO_2 (3.76%)和 NaClO(1.62%)处理组($P<0.05$); 第 7 d 时, 清水处理(19.46%)组的腐烂指数最高, H_2O_2 (15.28%)与 ClO_2 (13.31%)处理组次之, PA(8.18%)和 NaClO(6.03%)处理组相对较低。该结果反映的变化规律与微生物测试结果相似, 供试货架期内 NaClO 和 PA 处理表现出了相对较低的腐烂情况。与组织电导率结果相似(图 2), H_2O_2 处理的腐烂指数略低于清水处理, 在第 5 d 时升高较快, 推测可能与 H_2O_2 的强氧化性造成了韭黄表皮细胞的破坏, 导致货架过程中腐烂加快有关^[39-41]。王金玉等^[42]使用了与本试验相同浓度的 NaClO 和 ClO_2 这两种清洗剂清洗番茄, 表明都能降低番茄货架期的腐烂率, 其中 100 mg/L 的 NaClO 溶液清洗番茄抑制腐烂效果最好, 与本试验结果相似。

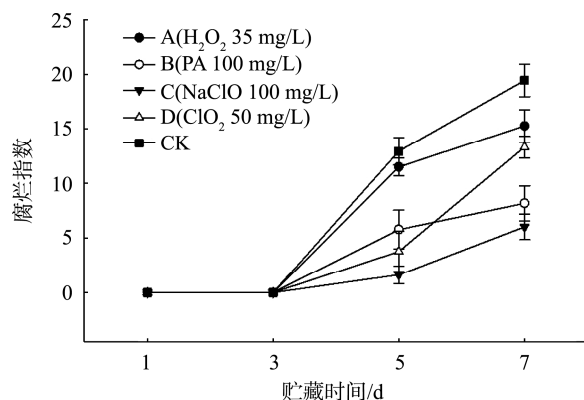


图 4 不同清洗处理下韭黄货架过程腐烂指数的变化(n=3)

Fig.4 Changes of shelf decay index under different cleaning treatments(n=3)

3.5 货架期韭黄总体感官的变化

由 5 名感官评定人员对货架期内经不同清洗剂清洗处理的韭黄样品进行感官评价, 从图 5 可见, 随着货架时间的延长韭黄总体感官品质呈下降趋势。其中, 清水处理组在第 3 d 后总体感官质量显著低于其他处理组($P<0.05$), 至第 5 d 时已低于 5 分, 无商品性。NaClO 和 PA 处理组在第 5 d 时仍具有一定的商品性, 到第 7 d 时接近商品临界值, 出现了部分叶片的水烂现象, 根茎开始发软变粘且伴有刺激性气味产生; 而 H₂O₂ 和 ClO₂ 处理组在第 5 d 时就产生了上述品质劣变现象, 第 7 d 时已完全不具有商品性。总体感官值是评价韭黄货架期商品外观质量的重要参数, 上述结果表明, NaClO 和 PA 处理后韭黄常温货架过程中感官品质降低速度相对减缓, 20 °C 常温下放置 5 d 内仍具有一定的商品性, 而采用清水清洗的对照处理在第 3 d 时就表现出了失水萎蔫现象, 该结果也与 NaClO 和 PA 处理后对韭黄具有较好的减少失重(图 1), 延缓组织电导率升高(图 2), 降低由微生物快速繁殖引起的腐烂(图 3 和图 4)等有关。其他有关 NaClO 和 PA 对延缓鲜切马铃薯^[5]和枇杷^[43]等果蔬品质劣变的研究结果也有类似报道。

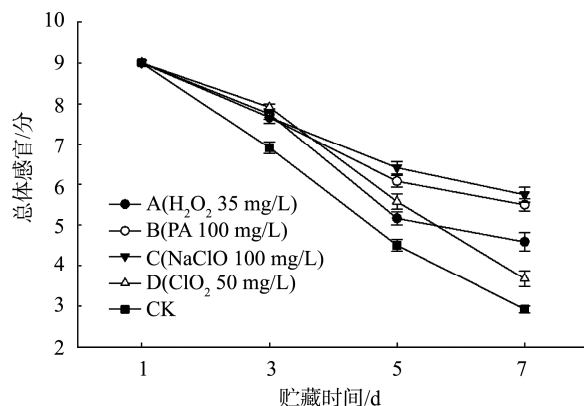


图 5 不同清洗处理下韭黄总体感官评定值(n=3)

Fig.5 Sensory evaluation of chives under different cleaning treatments (n=3)

4 结 论

过氧化氢、过氧乙酸、次氯酸钠和二氧化氯 4 种常用蔬菜清洗剂对韭黄清洗后常温下失重率、组织电导率、菌落总数、霉菌和酵母、腐烂指数、总体感官质量等指标的影响存在差异。浓度为 100 mg/L 的 PA 和有效氯浓度为 100 mg/L 的 NaClO 溶液清洗能显著降低货架期韭黄失重率、组织电导率、菌落总数、霉菌和酵母数量、腐烂指数, 延缓韭黄总体感官质量的降低, 使韭黄在 20 °C 下存放 5 d 仍具有一定的商品性。35 mg/L 的 H₂O₂ 和 50 mg/L 的 ClO₂ 处理相较于对照清水处理也具有一定的保鲜效果, 但韭黄存放 3 d 后感官品质劣变加剧, 腐烂率快速升高。因此, 100 mg/L 的 PA 和有效氯浓度为 100 mg/L 的 NaClO 溶液可作为韭黄采后较适宜的清洗杀菌剂。

参考文献

- [1] 张丙云, 郑艳霞, 王永刚. 鲜切韭黄保鲜技术的研究[J]. 食品工业科技, 2010, (4): 336-338.
Zhang BY, Zheng YX, Wang YG. Study on the preservation technologies of fresh-cut leek shoot [J]. Sci Technol Food Ind, 2010, (4): 336-338.
- [2] 刘华, 张晓娟, 杨燕燕, 等. 韭菜和韭黄总黄酮的提取及抗氧化活性研究[J]. 粮食与油脂, 2017, 30(5): 33-37.
Liu H, Zhang XJ, Yang YY, et al. Study on extraction of total flavonoids and antioxidant activity in leek and chive [J]. Cere Oils, 2017, 30(5): 33-37.
- [3] 四川省郫县锦宁韭黄生产合作社. 发展韭黄产业打造绿色品牌[J]. 四川农业科技, 2009, (1): 38-39.
Jinning chives production cooperative in Pi county, Sichuan province. Developing chives industry and creating green brands [J]. Sichuan Agric Sci Technol, 2009, (1): 38-39.
- [4] 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 YY, Xie J, Zhu JW, et al. Effects of different washing agent on the preservation of fresh-cut lettuce [J]. Food Mach, 2012, 28(1): 211-213.
- [5] 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 SY, Zhou JY, Zhang L, et al. Study of fresh-cut potato quality by different cleaning methods [J]. Southwest China J Agric Sci, 2015, 28(1): 1268-1272.
- [6] 王玉丽, 张丙云, 王永刚. 二氧化氯熏蒸对韭黄表面微生物的影响[J]. 食品工业科技, 2008, (11): 211-212.
Wang YL, Zhang BY, Wang YG. Effects of chlorine dioxide fumigation on the surface microorganisms of Chinese chives [J]. Sci Technol Food Ind, 2008, (11): 211-212.
- [7] 侯田莹, 赵园园, 郑淑芳. 次氯酸钠在蔬菜加工中循环利用的杀菌效果评价[J]. 食品科学, 2010, 31(13): 27-30.
Hou TY, Zhao YY, Zheng SF. Bactericidal efficacy evaluation of recycling used sodium hypochlorite during fresh-cut vegetable processing [J]. Food Sci, 2010, 31(13): 27-30.
- [8] Nozomi K, Masatsune M, Kenji I. Efficiency of sodium hypochlorite, fumaric acid, and mild heat in killing native microflora and *Escherichia*

- coli* O157:H7, *Salmonella typhimurium* DT104, and *Staphylococcus aureus* attached to fresh-cut lettuce [J]. *J Food Prot*, 2006, 69(2): 323-329.
- [9] 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, (5): 190-193.
- Wang D, Li X, Ma Y, *et al.* Effect on storage quality of fresh-cut broccoli with different washing methods [J]. *Food Mach*, 2013, (5): 190-193.
- [10] 乔永祥, 谢晶, 雷昊, 等. 复合清洗方式对鲜切散叶生菜品质的影响[J]. *包装工程*, 2017, 38(11): 11-16.
- Qiao YX, Xie J, Lei H, *et al.* Effect of compound cleaning methods on the quality of fresh-cut leafy lettuce [J]. *Packag Eng*, 2017, 38(11): 11-16.
- [11] 闫怡, 张秀玲, 刘旭, 等. 不同清洗剂对鲜切青椒贮藏期间品质的影响[J]. *食品工业*, 2015, (3): 91-93.
- Yan Y, Zhang XL, Liu X, *et al.* Effect on storage quality of fresh-cut green pepper with different washing agents [J]. *Food Ind*, 2015, (3): 91-93.
- [12] 黄和升, 王海平, 张珊, 等. 稳定态二氧化氯对鲜切蒲菜的抑菌保鲜作用[J]. *江苏农业科技*, 2015, 43(6): 245-247.
- Huang HS, Wang HP, Zhang S, *et al.* The bacteriostatic and fresh-keeping effect of stable chlorine dioxide on fresh-cut bushels [J]. *Jiangsu Agric Sci Technol*, 2015, 43(6): 245-247.
- [13] 高佳, 斯跃洲, 朱永清, 等. 二氧化氯水溶液清洗对鲜切西兰花冷藏品质的影响[J]. *保鲜与加工*, 2018, (4): 36-42.
- Gao J, Si YZ, Zhu YQ, *et al.* Effect of chlorine dioxide solution wash on the storage quality of fresh-cut broccoli cold storage [J]. *Stor Process*, 2018, (4): 36-42.
- [14] 苏伟东. 过氧化氢消毒剂应用研究进展[J]. *中国消毒学杂志*, 2019, 36(2): 150-153.
- Su WD. Research progress on application of hydrogen peroxide disinfectant [J]. *Chin J Disinf*, 2019, 36(2): 150-153.
- [15] 陈双颖, 赵习姮, 刘洪竹, 等. 水杨酸和 H_2O_2 处理对鲜切青花菜抗氧化特性的影响[J]. *食品科学*, 2015, 36(2): 260-264.
- Chen SY, Zhao XH, Liu HZ, *et al.* Effect of salicylic acid and H_2O_2 treatments on antioxidative properties of fresh-cut broccoli florets [J]. *Food Sci*, 2015, 36(2): 260-264.
- [16] 钟昱文, 王冰姝, 黄美卿, 等. 稳定性过氧乙酸杀菌效果试验观察[J]. *中华医院感染学杂志*, 2008, 18(12): 1720-1722.
- Zhong YW, Wang BS, Huang MQ, *et al.* Observation of sterilization effect of stable peracetic acid [J]. *Chin J Nosocomiol*, 2008, 18(12): 1720-1722.
- [17] Carrasco G, Urrestarazu M. Green chemistry in protected horticulture: The use of peroxyacetic acid as a sustainable strategy [J]. *Int J Mol Sci*, 2010, 11(5): 1999-2009.
- [18] Stampi S, Luca GD, Zanetti F. Evaluation of the efficiency of peracetic acid in the disinfection of sewage effluents [J]. *J Appl Microbiol*, 2010, 91(5): 833-838.
- [19] 李云飞. 不同清洗方式和包装方式对鲜切鼠尾草和百里香品质的影响[D]. 邯郸: 河北工程大学, 2016.
- Li YF. Effect of different cleaning agents and packaging on quality of fresh-cut sage and thyme [D]. Handan: Hebei University of Engineering, 2016.
- [20] 王丹, 张向阳, 马越, 等. 清洗处理对鲜切菠菜表面致病菌抑制效果研究[J]. *食品工业*, 2015, (5): 6-9.
- Wang D, Zhang XY, Ma Y, *et al.* Study on the effect of different washing methods on inhibiting pathogenic bacterium of fresh-cut spinach [J]. *Food Ind*, 2015, (5): 6-9.
- [21] Kim H, Ryu JH, Beuchat LR. Survival of *Enterobacter sakazakii* on fresh produce as affected by temperature, and effectiveness of sanitizers for its elimination [J]. *Int J Food Microbiol*, 2006, 111(2): 134-143.
- [22] Luo Y, Meevov JL, Wachtel MR, *et al.* Package atmosphere affects postharvest biology and quality of fresh-cut cilantro leaves [M]. *HortScience: A publication of the American Society for Horticultural Science*, 2004.
- [23] GB 4789.2-2016 食品安全国家标准 食品微生物学检验菌落总数测定[S].
- GB 4789.2-2016 National food safety standard-Food microbiology test for total colony count [S].
- [24] GB 4789.15-2016 食品安全国家标准 食品微生物学检验霉菌和酵母计数测定[S].
- GB 4789.2-2016 National food safety standard-Food microbiology test for mold and yeast counts [S].
- [25] 吴传万, 杜小凤, 王连臻, 等. 天然保鲜剂对韭薹保鲜效果的研究[J]. *中国农学通报*, 2010, 26(1): 51-55.
- Wu CW, Du XF, Wang LZ, *et al.* Study on fresh-keeping effect of natural preservative agent on Chinese chive scapes [J]. *Chin Agric Sci Bull*, 2010, 26(1): 51-55.
- [26] 王乐. 丙二酸对韭薹及韭薹保鲜效果的研究[D]. 兰州: 兰州理工大学, 2011.
- Wang L. Effect of malonic acid on fresh-keeping of chives and chive stem [D]. Lanzhou: Lanzhou University of Technology, 2011.
- [27] 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 JW, Xie J, Lin YY, *et al.* Effect of washing methods on quality and safety keeping of fresh-cut cucumbers [J]. *Sci Technol Food Ind*, 2012, 33(20): 320-323.
- [28] 陈学玲, 朱霞, 关键, 等. 四种杀菌剂对鲜切香菇贮藏特性的影响[J]. *湖北农业科学*, 2015, (24): 6346-6350.
- Chen XL, Zhu X, Guan J, *et al.* Effects of 4 disinfectants on storage properties of fresh-cut mushrooms [J]. *Hubei Agric Sci*, 2015, (24): 6346-6350.
- [29] Miedes E, Lorences EP. Apple (*malus domestica*) and tomato (*Lycopersicon esculentum*) fruits cell-wall hemicelluloses and xyloglucan degradation during penicillium expansum infection [J]. *J Agric Food Chem*, 2005, 52(26): 7957-7963.
- [30] 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, (6): 113-116.
- Wang D, Zhang XY, Ma Y, *et al.* The effect of different washing agents on the quality of fresh-cut spinach [J]. *Food Ind*, 2015, (6): 113-116.
- [31] 王树庆, 张咏梅, 战伟伟, 等. 蔬菜贮运中微生物腐败及其防治[J]. *食品研究与开发*, 2014, 35(15): 101-103.
- Wang SQ, Zhang YM, Zhan WW, *et al.* Microbiological spoilage and prevention of vegetables on storage and transportation [J]. *Food Res Dev*, 2014, 35(15): 101-103.
- [32] Baldry MG. The bactericidal fungicidal and sporocidal properties of hydrogen peroxide and peracetic acid [J]. *J Appl Bacteriol*, 1983, 54(3): 417-423.
- [33] 李和生, 王鸿飞. 过氧乙酸对草莓贮藏保鲜效果的初步研究[J]. *江苏农业科学*, 2002, (1): 60-61, 70.
- Li HS, Wang HF. Preliminary study on the effect of peracetic acid on

- strawberry storage [J]. *Jiangsu Agric Sci*, 2002, (1): 60–61, 70.
- [34] 宋虎卫, 张瑞越, 李文卉, 等. 过氧乙酸结合钙处理对青种枇杷的保鲜效应[J]. *江苏农业科学*, 2013, 41(6): 208–211.
- Song HW, Zhang RY, Li WH, *et al*. Preservation effect of peracetic acid combined with calcium treatment on green seed loquat [J]. *Jiangsu Agric Sci*, 2013, 41(6): 208–211.
- [35] 何国菊, 申秋萍, 汪珍, 等. 海藻糖结合过氧乙酸对黄秋葵保鲜效果的研究[J]. *贵阳学院学报(自然科学版)*, 2016, 11(2): 17–20.
- He GJ, Shen QP, Wang Z, *et al*. Study on preservation effect for okra by trehalose combined with peracetic acid [J]. *J Guiyang (Nat Sci Ed)*, 2016, 11(2): 17–20.
- [36] Keskinen LA, Annous BA. Efficacy of adding detergents to sanitizer solutions for inactivation of *Escherichia coli* O157:H7 on Romaine lettuce [J]. *Int J Food Microbiol*, 2011, 147(3): 157–161.
- [37] 陈学玲, 王晓芳, 关键, 等. 次氯酸钠和二氧化氯对莲藕杀菌效果的研究[J]. *长江蔬菜*, 2015, (22): 189–191.
- Chen XL, Wang XF, Guan J, *et al*. Study on bactericidal effect of sodium hypochlorite and chlorine dioxide on lotus root [J]. *J Changjiang Veget*, 2015, (22): 189–191.
- [38] Alvaro JE, Moreno S, Dianez F, *et al*. Effects of peracetic acid disinfectant on the postharvest of some fresh vegetables [J]. *J Food Eng*, 2009, 95(1): 11–15.
- [39] 燕平梅, 樊文菊, 王青, 等. 不同清洗剂对鲜切豇豆品质的影响[J]. *食品工程*, 2010, (1): 40–44.
- Yan PM, Fan WJ, Wang Q, *et al*. Effects of different washing agents on quality of fresh-cut *Vigna sinensis* [J]. *Food Eng*, 2010, (1): 40–44.
- [40] 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 XQ, Gao LF, Shan SH, *et al*. Effects of different reagent on physiology and biochemistry index of fresh-cut cowpea during storage [J]. *Food Eng*, 2009, (4): 49–52.
- [41] 李丽, 辛明, 李昌宝, 等. 不同清洗方式对青椒保鲜效果的影响[J]. *食品工业*, 2019, 40(6): 13–16.
- Li L, Xin M, Li CB, *et al*. Effects of different cleaning methods on preservation of green pepper [J]. *Food Ind*, 2019, 40(6): 13–16.
- [42] 王金玉, 张学杰, 郭科, 等. 不同消毒剂及清洗温度对番茄货架期腐烂率的影响[J]. *中国蔬菜*, 2009, (12): 7–10.
- Wang JY, Zhang XJ, Guo K, *et al*. Effect of post-harvest washing with different disinfection and temperature on controlling rotten rates of tomatoes during shelf life [J]. *China Veget*, 2009, (12): 7–10.
- [43] Chen L, Jia X, Shuang S, *et al*. Effect of ultrasonic treatment combined with peracetic acid treatment reduces decay and maintains quality in loquat fruit [J]. *J Food Qual*, 2018, (4): 1–8.

(责任编辑: 韩晓红)

作者简介



王祖莲, 硕士研究生, 主要研究方向为蔬菜贮藏保鲜与加工。
E-mail: wangzulian.sc@foxmail.com

高佳, 博士, 副研究员, 主要研究方向为果蔬贮藏保鲜与加工。
E-mail: jiagao129@163.com