

鲜切山药两种物理保鲜处理方式的比较

Comparison of two physical preservation methods for fresh cut Yam

钱 井¹ 满 杰¹ 韦 强¹ 林 琼²

QIAN Jing¹ MAN Jie¹ WEI Qiang¹ LIN Qiong²

(1. 北京市农业技术推广站, 北京 100029; 2. 中国农业科学院农产品加工研究所, 北京 100193)

(1. Beijing Agricultural Technology Extension Station, Beijing 100029, China;

2. Institute of Food Science and Technology, Chinese Academy of Agricultural Sciences, Beijing 100193, China)

摘要:目的:探究短波紫外线(UV-C)和超声波处理对鲜切山药的保鲜效果。方法:以去皮山药段为材料,采用UV-C与超声波处理,并以次氯酸钠溶液处理和未杀菌组作为对照组。结果:UV-C与超声波两种杀菌处理均可以显著减缓山药感官品质下降速率、抑制菌落总数增加($P \leq 0.05$)。贮藏第13天,与未杀菌对照相比,UV-C处理组褐变指数下降了46.15%,硬度(200.34 N)显著高于其他处理组($P \leq 0.05$),PPO活性与未杀菌对照组相比下降了25.23%,菌落总数仅为5.48 lg(CFU/g)。结论:UV-C处理的杀菌效果显著优于超声处理的($P \leq 0.05$),并保持13 d的货架期。

关键词: UV-C; 超声波处理; 鲜切山药; 菌落总数; 保鲜效果

Abstract: Objective: Explore the effect of physical sterilization on the freshness of fresh cut yam, and provide reference for fresh-cut fruits and vegetables. **Methods:** The freshness of UV-C and ultrasonic treatments were studied on skinless Chinese yam segment. Sodium hypochlorite treated and non-sterilization groups were used as control. **Results:** UV-C and ultrasonic sterilization treatments could significantly slow down the decline rate of the sensory quality of Yam and inhibit the increase of total number of colonies ($P \leq 0.05$). On the 13th day of storage, compared with non-sterilization group, the browning index of UV-C treatment decreased by 46.15%, hardness (200.34 N) was significantly higher than other treatment groups ($P \leq 0.05$), compared with non-sterilization group the PPO activity of UV-C treatment was decreased by 25.23%, the total number of colonies of UV-C treatment was only 5.48 lg (CFU/g). **Conclusion:** The sterilization effect of UV-C treatment was significantly better

than ultrasonic treatment ($P \leq 0.05$), improve the freshness, maintain the shelf-life of 13 days.

Keywords: UV-C; ultrasonic treatment; fresh cut yam; total number of colonies; freshness preservation

山药为薯蓣科薯蓣属多年生草本植物,口感清脆,营养丰富^[1-2],具有补中益气,提高人体免疫力、改善消化功能、降血脂^[3]、抗氧化^[4]、抗衰老^[5]等药理作用,是中国传统保健食品之一。鲜切蔬菜因方便快捷,被越来越多的消费者所喜爱,是现代蔬菜消费的新趋势^[6-7]。鲜切山药既保留了山药的营养成分,同时又具备鲜切果蔬方便快捷、可完全食用的特点,是目前山药最合适的加工方式之一^[8],其生产以山药片、去皮山药段、山药块3种加工形式为主,由于在加工过程中经过了去皮和切分处理,产品易受微生物污染^[9],严重影响鲜切山药的食用和商品价值^[10],而杀菌可有效抑制微生物生长,保持鲜切蔬菜品质,因此,清洗杀菌工艺至关重要^[11]。

目前,国内外鲜切果蔬主要通过物理和化学两种方式进行杀菌,结合低温贮藏、气调保鲜、生物及化学保鲜等技术抑制微生物生长,延长货架期^[12-14]。京郊鲜切蔬菜往往采用次氯酸钠溶液清洗杀菌,结合低温、气调或者真空包装等方法,以保证较长的货架期^[15],然而,化学保鲜剂如亚硫酸盐存在一定的安全隐患^[16]。UV-C照射作为一种物理杀菌方法,具有简单、安全、经济的特点,被处理的产品无污染、无化学残留,满足现阶段生产者和消费者对绿色环保处理方式的需求^[17],在食品保鲜中具有良好的应用前景^[18]。研究表明,UV-C照射利于保持蓝莓^[19]、鲜切莲藕^[20]、鲜切甘蔗^[21]、鲜切黄瓜片^[22]产品品质,但有关UV-C照射对去皮山药段贮藏品质的研究报道较少。超声波对鲜切芹菜^[23]、鲜切胡萝卜^[24]具有较好的抑菌效果,然而,超声波在鲜切山药保鲜中的研究尚未见报道。研究拟以去皮山药段为研究对象,探究贮藏期间UV-C照射与超声波处理对其保鲜效果的影响,并以

基金项目:北京市农业科技项目(编号:20210101)

作者简介:钱井,女,北京市农业技术推广站农艺师,硕士。

通信作者:韦强(1968—),男,北京市农业技术推广站正高级农艺师,硕士。E-mail:Jzs2004108@163.com

收稿日期:2021-09-29

次氯酸钠和未杀菌处理作为对照,明确两种物理杀菌方式的保鲜效果,以期为鲜切果蔬的贮藏保鲜提供依据。

1 材料与方法

1.1 材料与仪器

1.1.1 材料与试剂

普通山药:北京市天安农业发展有限公司;

次氯酸钠溶液:食品级,广州市九品环保科技有限公司;

平板计数琼脂:北京奥博星生物技术有限责任公司;

碳酸钠、邻苯二酚、Folin-Ciocalteu:分析纯,天津市光复科技发展有限公司;

乙醇:分析纯,天津市永大化学试剂有限公司。

1.1.2 主要仪器设备

恒温水浴锅:HHS-21-4 型,上海博迅实业有限公司医疗设备厂;

生化培养箱:SPX-1508-7 型,上海博迅实业有限公司医疗设备厂;

立式压力蒸汽灭菌锅:BXM-30R 型,上海博迅实业有限公司医疗设备厂;

超净工作台:HDL APPARATUS 型,北京东联哈尔仪器制造;

双频数控超声波清洗机器:KQ-500VDE 型,昆山市超声仪器有限公司;

分光测色仪:NS-A-1608 型,深圳市三思时科技有限公司;

菌落计数器:YLA-30A 型,北京中兴伟业仪器有限公司;

超纯水系统:Easy2-15 型,上海康雷分析仪器有限公司;

电子天平:AR2202CN 型,奥豪斯仪器(上海)有限公司;

水果硬度计:GY-4 型,浙江托普仪器有限公司;

漩涡振荡器:QL-901 型,海门市其林贝尔仪器制造有限公司;

紫外分光光度计:UA8000A 型,上海市元析仪器科技有限公司。

1.2 方法

1.2.1 试验方法 选择粗细均匀、无机械损伤的山药,去除表面泥沙,去皮、切段(8~10 cm)。分别采用超声波(频率 45 kHz)处理 3 min、3 kJ/m² 的 UV-C 正反面各照射 240 s(去皮山药段距灯管 20 cm,紫外线强度 0.623 mW/cm²);并以 50 mg/L 次氯酸钠溶液浸泡 3 min 和未杀菌处理(自来水浸泡 3 min)作为对照。自然沥干,真空包装,每个处理重复 20 次,每袋真空包装 300 g,于温度 0~2 ℃、相对湿度 85%~95%下冷藏 14 d,测定其硬度、褐变度、感官品质、菌落总数、总酚和多酚氧化酶活性变化情况。

1.2.2 褐变指数测定 采用色差仪分别测定去皮山药段中间和两端的 L*、a*、b* 值,结果取平均值,并根据文献[25]计算褐变指数。

1.2.3 硬度测定 采用水果硬度计分别穿刺测定山药段边缘、中心位置硬度,结果取平均值。

1.2.4 感官品质评价 由 5 名专业人员根据产品的颜色、组织状态、气味情况进行感官评价,6 分为商业拒绝点,具体评价标准根据文献[26~27]修改,如表 1 所示。

1.2.5 菌落总数测定 根据文献[28]。

1.2.6 总酚测定 根据文献[29]并修改。

(1) 样品液制备:称取 1.0 g 样品,研磨至匀浆状,按料液比 1:20 (g/mL)加入 80%乙醇溶液,超声 30 min(频率 45 kHz,功率 30 W),12 000 r/min 离心 20 min,取上清液用于总酚测定。

(2) 总酚测定:取 1 mL 适当稀释的提取液,加入 1 mL Folin-Ciocalteu 试剂,加入 2.0 mL 质量分数为 7%的 Na₂CO₃溶液,摇匀,30 ℃水浴 2 h,测定 760 nm 处吸光值,以没食子酸为标准品,总酚含量以 mg/100 g(以鲜样计)为单位表示,重复 3 次。

1.2.7 多酚氧化酶活性检测 根据文献[30]并修改。

(1) PPO 粗提液:称取 1 g 样品,加入 5 mL 预冷后的 pH 为 6.8 的磷酸缓冲液(0.1 mol/L, PBS),冰浴下充分研磨至匀浆状后转移至离心管,于 4 ℃、12 000 r/min 离心 15 min,收集上清液于 4 ℃冰箱暂存。

(2) PPO 活性测定:移取 1.0 mL PBS 溶液于试管

表 1 鲜切山药感官评价标准

Table 1 Sensory evaluation standard of fresh cut yam

分值	颜色	组织状态	气味
9	乳白色,无褐变	组织饱满,质地脆硬	无异味,食用品质好
7	颜色不均匀,几乎无褐变	质地较脆硬	无异味,可食用
5	颜色黄色,少量褐变(≤10%)	质地变软,轻微腐烂	稍有异味,可食用
3	褐变较明显(呈红褐色)	质地软化,腐烂较严重	有酸味,不可使用
1	严重褐变(呈黑褐色)	组织软化,腐烂严重	明显酸败异味

中,加入 1 mL 0.02 mol/L 邻苯二酚溶液,35 ℃ 水浴 10 min,加入 1 mL PPO 粗提取液,混合后倒入比色皿中,测定 410 nm 处吸光值,以 PBS 溶液为空白参照,每 30 s 测定 1 次,连续测定 5 min,以每克组织每分钟吸光值变化 0.01 定义为一个酶活力单位(U)。

1.2.8 数据统计方法 每组平行 3 次,采用 Excel 2016 软件进行数据统计,结果以平均值±标准差表示;采用 OriginPro 8.5 软件作图;采用 SPSS 20.0 软件进行差异显著性分析, $P \leq 0.05$ 表示差异显著。

2 结果与分析

2.1 对去皮山药段褐变指数的影响

由图 1 可知,去皮山药段褐变指数随贮藏时间的延长而增加。贮藏前期(0~9 d),各处理对去皮山药段褐变的影响差异不显著,可能与低温及真空包装抑制各处理组褐变反应有关。贮藏第 7 天,UV-C 处理的褐变指数显著低于超声处理的($P \leq 0.05$),可能与 UV-C 处理的抗褐变效果较好有关,也可能是因为检测时取样个体间存在一定差异。贮藏第 13 天,UV-C 处理的褐变指数显著低于其他处理的($P \leq 0.05$),与刘容等^[30]的结论一致,可能与贮藏后期 UV-C 处理组酚类积累、抗氧化活性升高有关。综上,13 d 贮藏期内,UV-C 处理可有效抑制去皮山药段褐变。

2.2 对去皮山药段硬度的影响

由图 2 可知,去皮山药段硬度随贮藏时间的增加而降低。贮藏前期(0~7 d),各处理组山药硬度无显著差异。贮藏末期(11~13 d),UV-C 处理的硬度显著高于其他处理的($P \leq 0.05$),说明 UV-C 处理在保持山药硬度方面优于其他处理。解新方等^[20]研究发现,UV-C 处理可以减缓鲜切莲藕硬度的下降,与试验结果基本一致,这可能是因为 UV-C 照射会增加果实组织中多胺(腐胺、精胺等),而多胺物质可以抑制细胞壁降解酶的体外活性,从而使果实组织保持较高的硬度,保持细胞完整性,延缓果实的软化^[31-32]。综上,UV-C 照射处理可以减缓去皮山

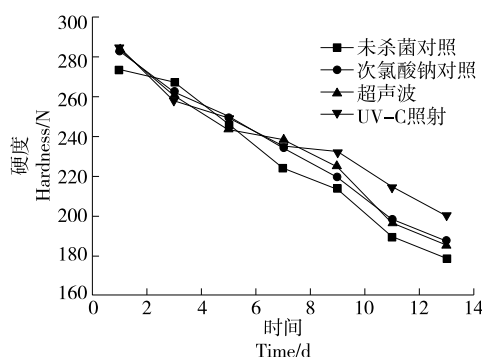


图 2 杀菌方式对去皮山药段硬度的影响

Figure 2 Effect of sterilization method on hardness of peeled yam segment

药段硬度的下降。

2.3 对去皮山药段感官品质的影响

由表 2 可知,感官评分随贮藏时间的延长而减少。贮藏第 5 天,各处理组感官品质差异显著($P \leq 0.05$),各杀菌处理组的感官评分显著高于未杀菌对照的($P \leq 0.05$),说明杀菌处理可以显著减缓山药感官品质下降。贮藏第 13 天,各杀菌处理组的感官评分均显著高于未杀菌对照的($P \leq 0.05$);超声波处理的感官评分为 5.57,低于商业拒绝点;UV-C 处理的感官评分较高,仅次于次氯酸钠处理组,且两者无显著差异。UV-C 处理的感官评分较高,可能与 UV-C 照射有效抑制褐变、减缓微生物增加有关,也可能与 UV-C 照射抑制鲜切果蔬呼吸强度,减缓果肉硬度下降等因素有关,与高建晓等^[33]的结果基本一致。综上,UV-C 照射可以减缓去皮山药段感官品质劣变速度,具有一定的保鲜作用。

2.4 对去皮山药段菌落总数的影响

由图 3 可知,随着贮藏时间的延长,菌落总数明显增加。贮藏第 5 天,各杀菌处理的菌落总数显著低于未杀菌对照的($P \leq 0.05$),说明杀菌处理可以有效抑制菌落增长。贮藏第 11 天,UV-C 处理的菌落总数最低,与次氯酸钠对照组无显著差异。UV-C 照射鲜切果蔬可能通过破坏微生物的 DNA 直接杀死微生物,控制果蔬表面微生物和病原菌生长繁殖^[17],同时提升鲜切果蔬自身抗病性。综上,UV-C 处理可以有效减缓菌落总数的增加速率,减轻微生物感染程度,具有一定的杀菌作用。

2.5 对去皮山药段总酚含量的影响

由图 4 可知,贮藏期间,总酚含量呈先上升后下降的趋势,主要是因为山药切分后由于机械损伤诱导合成大量酚类物质,而后酚类物质发生氧化被消耗,含量降低^[26]。贮藏第 13 天,UV-C 处理的总酚含量是未杀菌对照的 1.49 倍,显著高于超声和未杀菌对照的($P \leq 0.05$),与文献^[21,30]的结论一致,这可能与 UV-C 诱导鲜切果蔬功能成分的增加有关,具体原因需进一步试验明确。

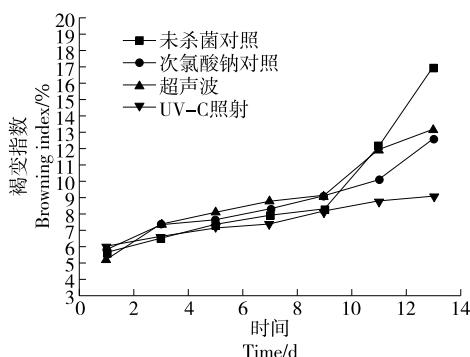


图 1 杀菌方式对去皮山药段褐变指数的影响

Figure 1 Effect of sterilization method on browning index of peeled yam segment

表 2 杀菌方式对去皮山药段感官品质的影响[†]

Table 2 Effect of sterilization method on sensory quality of peeled yam segment

处理	第 1 天	第 3 天	第 5 天	第 7 天	第 9 天	第 11 天	第 13 天
未杀菌对照	9.00±0.00	9.00±0.00	8.43±0.06 ^c	7.17±0.15 ^d	6.10±0.10 ^c	5.03±0.15 ^c	4.23±0.25 ^c
次氯酸钠对照	9.00±0.00	9.00±0.00	9.00±0.00 ^a	8.53±0.06 ^a	7.63±0.15 ^a	7.10±0.10 ^a	6.37±0.15 ^a
超声波	9.00±0.00	9.00±0.00	8.63±0.06 ^b	7.80±0.10 ^c	7.10±0.10 ^b	6.40±0.10 ^b	5.57±0.21 ^b
UV-C 照射	9.00±0.00	9.00±0.00	9.00±0.00 ^a	8.27±0.12 ^b	7.53±0.15 ^a	7.03±0.15 ^a	6.30±0.20 ^a

[†] 小写字母不同代表差异显著($P \leq 0.05$)。

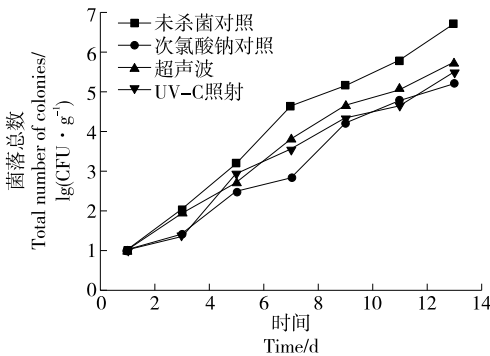


图 3 杀菌方式对去皮山药段菌落总数的影响

Figure 3 Effect of sterilization method on total number of colonies of peeled yam segment

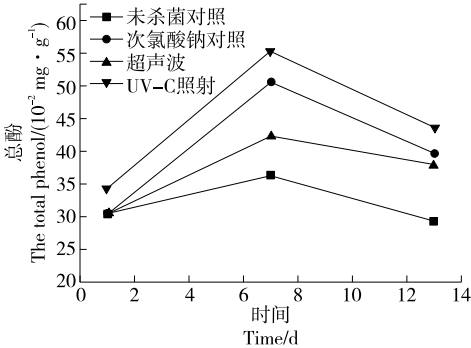


图 4 杀菌方式对去皮山药段总酚含量的影响

Figure 4 Effect of sterilization method on the total phenol content of peeled yam segment

总之,贮藏期间,UV-C 处理的总酚含量显著高于其他处理的($P \leq 0.05$)。

2.6 对去皮山药段 PPO 活性的影响

由图 5 可知,贮藏期间,PPO 活力呈先上升后下降趋势,贮藏第 7 天,次氯酸钠对照、超声波与 UV-C 处理的 PPO 活力较未杀菌对照分别降低了 35.08%, 27.82%, 16.53%,各处理间差异显著($P \leq 0.05$)。贮藏第 13 天,未杀菌对照的 PPO 活力显著高于其他处理组的($P \leq 0.05$)。PPO 活力上升可能是因为山药去皮切段加工后生物膜系统受到损伤,PPO 被活化,催化酚类物质与氧气结合;贮藏后期(7~13 d),PPO 活力下降,可能是因为鲜

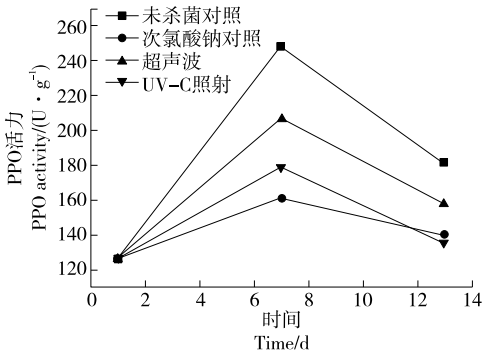


图 5 杀菌方式对去皮山药段 PPO 活性的影响

Figure 5 Effect of sterilization method on the PPO activity of peeled yam segment

切蔬菜自身抗性增加,PPO 活力受到抑制,UV-C 等杀菌处理对 PPO 活力抑制程度较高,贮藏期间 PPO 活力变化相对较小。也有研究^[34]发现贮藏期间鲜切山药 PPO 活力呈单一上升趋势,可能与山药种类或贮藏条件有关,具体原因需进一步探究。综上,次氯酸钠、UV-C、超声波 3 种杀菌处理可以在一定程度上抑制 PPO 活力,UV-C 抑制 PPO 活力效果优于超声波处理,可能与 UV-C 调节酶生产相关遗传物质有关^[35]。

3 结论

试验表明,在温度 0~2℃、相对湿度 85%~95% 的贮藏条件下,UV-C、超声波两种杀菌方式对鲜切山药均具有一定的保鲜效果。UV-C 处理的保鲜效果较好,贮藏期间可以有效减缓山药感官品质下降速度、明显抑制细菌繁殖、减轻氧化损伤,提升保鲜效果,贮藏第 13 天的感官评分为 6.3,菌落总数为 5.48 lg(CFU/g)且显著低于其他处理的($P \leq 0.05$),说明其保鲜期可达 13 d;超声波处理的保鲜效果稍差,虽然贮藏期间褐变指数较高,但是可以明显抑制细菌繁殖,减缓山药感官品质下降速度,贮藏第 11 天的感官评分为 6.4,说明其保鲜期可达 11 d。后续可研究多种物理、化学和生物保藏技术的联合应用,可能会更好地抑制微生物生长,延长鲜切果蔬的货架期。

参考文献

[1] 唐文芳, 茆雯虹, 梁熙. 山药不同处理方式的保存效果[J]. 蔬菜,

- 2019(4): 61-66.
- TANG Wen-fang, LONG Wen-hong, LIANG Xi. Preservation effect of Chinese yam by different treatment methods[J]. Vegetables, 2019(4): 61-66.
- [2] 蔡佳昂, 匡世瑶, 张敏. 微波对鲜切山药护色及品质的保持[J]. 食品与发酵工业, 2019, 45(19): 138-143.
- CAI Jia-ang, KUANG Shi-yao, ZHANG Min. Effect of microwave on the color protection and quality maintenance of fresh-cut yam[J]. Food and Fermentation Industries, 2019, 45(19): 138-143.
- [3] 金蕊, 程银祥, 韩凤梅, 等. 山药多糖对Ⅰ型糖尿病大鼠血糖血脂及肝肾氧化应激的影响[J]. 湖北大学学报(自然科学版), 2016, 38(4): 298-302.
- JIN Rui, CHENG Yin-xiang, HAN Feng-mei, et al. The effects of Rhizoma Dioscoreae polysaccharide on hyperglycemia, hyperlipemia and oxidative stress in type I diabetic rats[J]. Journal of Hubei University (Natural Science Edition), 2016, 38(4): 298-302.
- [4] 王彦平, 袁贵英, 曹娅, 等. 紫山药提取物抗氧化与延长寿命作用的研究[J]. 食品工业科技, 2017, 38(1): 360-363, 374.
- WANG Yan-ping, YUAN Gui-ying, CAO Ya, et al. Effect of purple yam extract on antioxidant function and lifespan in *Drosophila melanogaster*[J]. Science and Technology of Food Industry, 2017, 38(1): 360-363, 374.
- [5] 魏娜, 霍秀文, 张佳佳, 等. 山药粗多糖对果蝇寿命及繁殖力的影响[J]. 营养学报, 2016, 38(4): 405-407.
- WEI Na, HUO Xiu-wen, ZHANG Jia-jia, et al. Effects of the polysaccharides of Chinese yam (*Dioscorea opposita*) on lifespan and reproductivity of *Drosophila melanogaster* [J]. Acta Nutrimenta Sinica, 2016, 38(4): 405-407.
- [6] 王丹, 马越, 张超, 等. 鲜切蔬菜加工技术对产品品质的影响[J]. 食品科学技术学报, 2017, 35(6): 17-20, 35.
- WANG Dan, MA Yue, ZHANG Chao, et al. Effects of processing technologies on quality of fresh-cut vegetables[J]. Journal of Food Science and Technology, 2017, 35(6): 17-20, 35.
- [7] 王丹, 张向阳, 马越, 等. 不同清洗水结合使用对鲜切胡萝卜及菠菜的清洗效果研究[J]. 食品工业, 2015, 36(7): 1-4.
- WANG Dan, ZHANG Xiang-yang, MA Yue, et al. Study on the inhibiting bacterium effect of different washing methods used in combination on fresh-cut carrot and spinach[J]. The Food Industry, 2015, 36(7): 1-4.
- [8] 郑丽萍, 王皓, 李玉玲. 鲜切山药保鲜剂开发及应用效果研究[J]. 中州大学学报, 2020, 37(4): 120-124.
- ZHENG Li-ping, WANG Hao, LI Yu-ling. Study on the development and application effects of fresh-cut yam preservatives[J]. Journal of Zhongzhou University, 2020, 37(4): 120-124.
- [9] XIE Dong-di, HUANG Rong-ling. Optimization of preservation on fresh-cut yam under simulated cold-chain process[J]. Agricultural Biotechnology, 2020, 9(5): 103-106.
- [10] 王梅, 徐俐, 王美芬, 等. 复合保鲜剂对鲜切山药保鲜效果的影响[J]. 食品与机械, 2017, 33(5): 134-140.
- WANG Mei, XU Li, WANG Mei-fen, et al. Effect of compound preservative on Fresh-keeping of fresh-cut yam[J]. Food & Machinery, 2017, 33(5): 134-140.
- [11] 何凤平, 潘永贵. 鲜切果蔬变色及其控制技术研究进展[J]. 食品安全质量检测学报, 2015(7): 2 420-2 426.
- HE Feng-ping, PAN Yong-gui. Research advances on discoloration of fresh-cut fruits and vegetables and its control[J]. Journal of Food Safety & Quality, 2015(7): 2 420-2 426.
- [12] 唐偲雨, 曾顺德, 刁源, 等. 不同清洗方式对净菜微生物污染的控制研究进展[J]. 南方农业, 2015(1): 36-39.
- TANG Si-yu, ZENG Shun-de, DIAO yuan, et al. The Research progress of different cleaning methods on the control of clean vegetables microbial contamination[J]. South China Agriculture, 2015(1): 36-39.
- [13] 徐春蕾, 王佳, 李长洪, 等. 气调包装对混合鲜切果蔬保鲜效果的影响[J]. 食品与机械, 2020, 36(7): 131-135.
- XU Chun-lei, WANG Jia, LI Chang-hong, et al. Effect of modified atmosphere packaging on fresh-keeping of mixed fresh-cut fruits and vegetables[J]. Food & Machinery, 2020, 36(7): 131-135.
- [14] 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): 228-232.
- HE Wei. Research on application of modified atmosphere in fresh-keeping technology of fruits and vegetables in cold chain logistics[J]. Food & Machinery, 2020, 36(9): 228-232.
- [15] 郑丽静, 叶孟亮, 李红零, 等. 绿芥末对即食鲜切生菜的保鲜效果[J]. 食品与发酵工业, 2021, 47(5): 156-161.
- ZHENG Li-jing, YE Meng-liang, LI Hong-ling, et al. Preservation effect of green mustard on ready-to-eat fresh-cut lettuce[J]. Food and Fermentation Industries, 2021, 47(5): 156-161.
- [16] 张钟, 冯丽娇. 鲜切淮山片护色工艺与无硫护色剂的研究[J]. 包装与食品机械, 2015(6): 12-16, 21.
- ZHANG Zhong, FENG Li-jiao. Study on anti-browning technology and reagents without sulfite of fresh-cut chinese yam[J]. Packaging and Food Machinery, 2015(6): 12-16, 21.
- [17] 张雨宸, 谢晶. LED光照灭菌技术在果蔬保鲜加工中的应用及其研究[J]. 食品与机械, 2019, 35(8): 155-160.
- ZHANG Yu-chen, XIE Jing. Application and research progress of LED light sterilization technology in fresh-keeping processing of fruit and vegetables[J]. Food & Machinery, 2019, 35(8): 155-160.
- [18] ZHOU Dan-dan, LI Rui, ZHANG Hui, et al. Hot air and UV-C treatments promote anthocyanin accumulation in peach fruit through their regulations of sugars and organic acids[J]. Food Chemistry, 2020, 309: 125726.1-125726.10.
- [19] 张菊华, 李高阳, 王伟, 等. UV-C处理对蓝莓果实低温贮藏品质的影响[J]. 食品与机械, 2017, 33(7): 122-128.
- ZHANG Ju-hua, LI Gao-yang, WANG Wei, et al. Effect of UV-C treatment on quality of blueberries fruit in low-temperature storage[J]. Food & Machinery, 2017, 33(7): 122-128.
- [20] 解新方, 王晓萍, 王志东, 等. 短波紫外线处理对鲜切莲藕酶促褐变的影响[J]. 食品工业科技, 2020, 41(17): 274-278.
- XIE Xin-fang, WANG Xiao-ping, WANG Zhi-dong, et al. Effects

- of ultraviolet-C (UV-C) radiation on enzymatic browning of fresh-cut lotus root[J]. Science and Technology of Food Industry, 2020, 41(17): 274-278.
- [21] 尹琳琳, 张雪, 卢世凤, 等. 短波紫外照射协同 1.5% 壳聚糖涂膜处理对鲜切甘蔗的保鲜效果[J/OL]. 食品与发酵工业. (2021-06-15)[2021-08-26]. <https://doi.org/10.13995/j.cnki.11-1802/ts.026775>.
- YIN Lin-lin, ZHANG Xue, LU Shi-feng, et al. The preservative effect of UV-C combined with 1.5% chitosan coating on fresh-cut sugarcane[J/OL]. Food and Fermentation Industries. (2021-06-15)[2021-08-26]. <https://doi.org/10.13995/j.cnki.11-1802/ts.026775>.
- [22] 赵磊, 王丹, 马越, 等. 短波紫外线照射对鲜切黄瓜片品质的影响[J]. 食品工业, 2019, 40(5): 205-209.
- ZHAO Lei, WANG Dan, MA Yue, et al. Effect of ultraviolet c irradiation on the quality of fresh cut cucumber slices[J]. The Food Industry, 2019, 40(5): 205-209.
- [23] 赵跃萍, 王晓斌, 杨天宇, 等. 超声波清洗对鲜切芹菜品质的影响[J]. 现代食品科技, 2011, 27(1): 32-35, 79.
- ZHAO Yue-ping, WANG Xiao-bin, YANG Tian-yu, et al. Influence of ultrasonic cleaning on the quality of fresh cut celery[J]. Modern Food Science and Technology, 2011, 27(1): 32-35, 79.
- [24] 李丽, 唐杰, 李昌宝, 等. 清洗杀菌方式对鲜切胡萝卜保鲜效果的影响[J]. 食品工业, 2020, 41(9): 13-17.
- LI Li, TANG Jie, LI Chang-bao, et al. Effects of cleaning and sterilization methods on preservation of fresh-cut carrot[J]. The Food Industry, 2020, 41(9): 13-17.
- [25] 张永清, 姜亚平, 张佳雯. 蒲公英提取液对鲜切莲藕的保鲜作用[J]. 北方园艺, 2019(19): 75-80.
- ZHANG Yong-qing, JIANG Ya-ping, ZHANG Jia-wen. Fresh-keeping effect of dandelion extract on fresh-cut lotus root[J]. Northern Horticulture, 2019(19): 75-80.
- [26] 王梅. 鲜切山药天然保鲜技术研究[D]. 贵阳: 贵州大学, 2017: 28.
- WANG Mei. Study on natural preservation technology of fresh-cut yam[D]. Guiyang: Guizhou University, 2017: 28.
- [27] 夏天龙, 易阳, 王宏勋, 等. 低温下鲜切莲藕菌相分析及货架期评价[J]. 中国酿造, 2014, 33(1): 86-90.
- XIA Tian-long, YI Yang, WANG Hong-xun, et al. Microflora and shelf life assessment of fresh-cut lotus root at low temperature[J]. China Brewing, 2014, 33(1): 86-90.
- [28] 中华人民共和国国家卫生和计划生育委员会, 国家食品药品监督管理总局. 食品微生物学检验 菌落总数测定: GB 4789.2—2016[S]. 北京: 中国标准出版社, 2016: 1-5.
- National Health and Family Planning Commission of the People's Republic of China, China Food and Drug Administration. Food microbiology inspection determination of the total number of colonies: GB 4789.2—2016[S]. Beijing: China Standard Press, 2016: 1-5.
- [29] 黄树苹, 谈太明, 徐长城, 等. Folin-Ciocalteu 比色法测定丝瓜中多酚含量的研究[J]. 中国蔬菜, 2010(4): 47-52.
- HUANG Shu-ping, TAN Tai-ming, XU Chang-cheng, et al. Studies on polyphenol content determination of luffa by Folin-Ciocalteu colorimetry[J]. China Vegetables, 2010(4): 47-52.
- [30] 刘容, 崔媛媛. UV-C 照射与壳聚糖涂膜对鲜切淮山的保鲜效果[J]. 食品科学, 2021, 42(3): 289-295.
- LIU Rong, CUI Yuan-yuan. Effect of UV-C irradiation and chitosan coating on preserving the quality of fresh-cut Chinese yam[J]. Food Science, 2021, 42(3): 289-295.
- [31] KRAMER G F, WANG C Y, CONWAY W S. Correlation of reduced softening and increased polyamine levels during low-oxygen storage of "McIntosh" apples[J]. Journal of the American Society for Horticultural Science, 1989, 114(6): 942-946.
- [32] 韩晓旭. 短波紫外线调节柑橘采后品质的效应与机理研究[D]. 杭州: 浙江大学, 2012: 30.
- HANG Xiao-xu. Study on the effects and mechanism of UV-C treatment on quality regulation of the post-harvest citrus fruit[D]. Hangzhou: Zhejiang University, 2012: 30.
- [33] 高建晓, 李鹏霞, 邵明灿, 等. 短波紫外照射对鲜切网纹瓜货架期品质影响的多变量分析[J]. 江苏农业科学, 2016, 44(11): 320-325, 326.
- GAO Jian-xiao, LI Peng-xia, SHAO Ming-can, et al. Multivariate analysis of effect of shortwave ultraviolet irradiation on quality of fresh-cut netted melon during shelf-life[J]. Jiangsu Agricultural Sciences, 2016, 44(11): 320-325, 326.
- [34] 高佳, 唐月明, 罗芳耀, 等. 几种常见货架温度下鲜切山药品质变化规律[J/OL]. 食品与发酵工业. (2021-06-11)[2021-09-16]. <https://doi.org/10.13995/j.cnki.11-1802/ts.027576>.
- GAO Jia, TANG Yue-ming, LUO Fang-yao, et al. Quality changes of fresh-cut yams under several common shelf-life temperatures[J/OL]. Food and Fermentation Industries. (2021-06-11)[2021-09-16]. <https://doi.org/10.13995/j.cnki.11-1802/ts.027576>.
- [35] 陈奕兆, 刚成诚, 王亦佳, 等. UV-C 处理对水蜜桃果实冷害及贮藏品质的影响[J]. 中国南方果树, 2013, 42(1): 16-21.
- CHEN Yi-zhao, GANG Cheng-cheng, WANG Yi-jia, et al. Effects of UV-C treatment on chilling injury and quality of cold-stored juicy peach fruit[J]. South China Fruits, 2013, 42(1): 16-21.