

切段对韭菜贮藏品质及抗氧化活性的影响

贾丽娥¹, 马越¹, 王丹¹, 史君彦¹, 季延海², 谢龙², 王艳萍³, 赵晓燕^{1,*}

(1.北京市农林科学院蔬菜研究中心,北京市果蔬农产品保鲜与加工重点实验室,农业农村部蔬菜采后处理重点实验室,北京 100097;

2.北京市农林科学院蔬菜研究中心,农业农村部都市农业华北重点实验室,北京 100097;

3.北京市农林科学院蔬菜研究中心,农业农村部华北地区园艺作物生物学与种质创制重点实验室,蔬菜种质改良北京重点实验室,北京 100097)

摘要:为了明确家庭存贮条件下鲜切韭菜段的营养性和食用期,本文研究了切段对韭菜贮藏品质和抗氧化活性的影响。将新鲜 791 韭菜切割成 3~4 cm 小段后置于温度 28 ± 1 °C,相对湿度 $50\% \pm 5\%$ 环境下(模拟家庭贮藏条件)贮藏 4 d。结果表明:切段导致了韭菜辛香味即刻增强,随后辛香味逐渐变淡,整个贮藏期韭菜段和完整韭菜风味雷达图的外型和轮廓相似,但是面积不同。韭菜段常温贮藏第 3 d 感官品质评分低于 5 分,主要营养成分维生素 C(V_C) 损失严重,叶绿素含量下降明显;3 d 内,抗氧化物质总酚和类黄酮含量增加,过氧化物酶(POD)、过氧化氢酶(CAT)和抗坏血酸过氧化物酶(APX)活性增强。综上,建议家庭贮藏环境下,鲜切韭菜段最佳食用期为 0~1 d,最佳货架期为 0~2 d。
关键词:韭菜,切段,品质,抗氧化活性

Effect of Cutting Segment on Quality and Antioxidant Activity of Chinese Chives(*Allium tuberosum* Rottler.ex Spreng.)

JIA Lie¹, MA Yue¹, WANG Dan¹, SHI Junyan¹, JI Yanhai², XIE Long², WANG Yanping³, ZHAO Xiaoyan^{1,*}

(1.Key Laboratory of Vegetable Postpartum Treatment, Ministry of Agriculture and Rural Affairs, Beijing Key Laboratory of Agricultural Products of Fruits and Vegetables Preservation and Processing, National Engineering Research Center for Vegetables, Beijing Academy of Agriculture and Forestry Sciences, Beijing 100097, China;

2.Key Laboratory of Urban Agriculture(North China), Ministry of Agriculture and Rural Affairs, National Engineering Research Center for Vegetables, Beijing Academy of Agriculture and Forestry Sciences, Beijing 100097, China;

3.Beijing Key laboratory of Vegetable Germplasm Improvement, Key Laboratory of Biology and Genetic Improvement of Horticultural Crops(North China), Ministry of Agriculture and Rural Affairs, National Engineering Research Center for Vegetables, Beijing Academy of Agriculture and Forestry Sciences, Beijing 100097, China)

Abstract: In order to clarify the nutritional and edible period of fresh-cut chives under home storage conditions, the effect of cutting segment on the storage quality and antioxidant activity of chives were studied in this paper. The fresh 791 chives were cut into 3~4 cm segments, and then stored at a temperature of 28 ± 1 °C with relative humidity of $50\% \pm 5\%$ (simulating household storage conditions) for 4 days. The results showed that the cutting section resulted in an immediate increase in the spicy scent of the chives, then the spicy scent gradually faded. The appearance and outline of the flavor radar chart of the segments and the complete chives were similar, but the areas were different during the whole storage period. The sensory quality scores of segments stored at room temperature was less than 5 points on the 3rd day, the main nutrients vitamin C (V_C) were seriously lost, the chlorophyll content dropped significantly. The contents of total phenols and flavonoids were increased within 3 days of storage. Meanwhile, the activities of antioxidant enzymes including peroxidase (POD), catalase (CAT) and ascorbate peroxidase (APX) were enhanced, it was recommended that the optimal period for eating would be 0~1 d, and the shelf life would be 0~2 d under the home storage environment.

Key words: chives; cutting segment; quality; antioxidant activity

中图分类号: TS255.3

文献标识码: A

文章编号: 1002-0306(2021)04-0282-07

收稿日期: 2020-04-26

作者简介: 贾丽娥(1984-),女,硕士,助理研究员,研究方向:果蔬采后保鲜与加工, E-mail: jlie@nervc.org。

* 通信作者: 赵晓燕(1969-),女,博士,研究员,研究方向:农产品贮藏加工, E-mail: zhaoxiaoyan@nervc.org。

基金项目:北京市农林科学院农产品加工与营养健康协同创新中心项目(KJCX201915)。

doi: 10.13386/j.issn1002-0306.2020040300

引文格式: 贾丽娥, 马越, 王丹, 等. 切段对韭菜贮藏品质及抗氧化活性的影响[J]. 食品工业科技, 2021, 42(4): 282-287, 324.

JIA Lie, MA Yue, WANG Dan, et al. Effect of Cutting Segment on Quality and Antioxidant Activity of Chinese Chives (*Allium tuberosum* Rottler, ex Spreng.) [J]. Science and Technology of Food Industry, 2021, 42(4): 282-287, 324. (in Chinese with English abstract) http://www.spjgkj.com

韭菜 (*Allium tuberosum* Rottler, ex Spreng.) 富含多种营养物质, 有一定的保健功效, 深受大众喜爱^[1-2]。随着人们生活水平的提高, 营养、方便的鲜切蔬菜走入千家万户, 成为蔬菜产业中的“新贵”^[3-4]。韭菜加工的韭菜段, 是炒食和各种配菜的方便食材, 极大的满足了都市人们的生活需求, 因此市场潜力优异。然而叶菜类蔬菜本身不耐贮存, 鲜切加工中的机械伤害加剧了呼吸作用和代谢反应, 引发一系列生理生化变化, 如变色、变味、衰老等, 使新鲜产品失去了色、香、味, 大大降低了鲜切产品的食用和商品价值^[5-6]。

目前, 国内学者对韭菜采后的研究集中在贮藏方式与品质变化^[7-10]、药剂处理对品质和抗氧化酶的影响^[11-12]以及紫外线照射对活性氧代谢相关酶的影响^[5]。国内外对葱属鲜切蔬菜做出了研究报道, 比如: 鲜切南欧蒜的风味^[13-14], 切割长度和贮藏温度对韭葱的品质影响^[15], 杀菌剂对鲜切小葱的微生物和品质研究^[16], 药剂处理对鲜切洋葱酚类化合物的含量、抗氧化能力和微生物数量的影响^[17]以及消毒剂与包装气体成分之间的相互作用对鲜切洋葱安全性和质量的影响^[18]等, 但对鲜切韭菜风味和品质的研究还未见报道。

因此, 本文在模拟家庭贮藏条件下 (温度 28 ± 1 °C, 相对湿度 $50\% \pm 5\%$ 环境下), 研究鲜切对韭菜贮藏期间的风味、营养品质以及抗氧化相关指标的影响, 明确韭菜段的最佳食用期限, 以期对鲜切韭菜贮藏保鲜及流通提供理论依据。

1 材料与方法

1.1 材料与仪器

韭菜 ‘791’ 头茬韭菜, 生长期 35 d, 清晨采收于北京市农林科学院蔬菜研究中心温室, 选取长短粗细均匀, 无机械损伤和病虫害的新鲜韭菜, 立即运回实验室; 氯化钠、碳酸氢钠、硫代硫酸钠分析纯 北京化工厂; 磷酸氢二钠、磷酸二氢钠分析纯 天津市永晟精细化工有限公司; 2, 6-二氯酚靛酚溶液、考马斯亮蓝 G-250、乙醇溶液、抗坏血酸、硫酸、草酸、磷酸、丙酮分析纯 西陇化工股份有限公司。

BSA224S-CW 型电子分析天平 爱来宝 (济南) 生物技术有限公司; PEN3 型电子鼻 Airsense 德国公司; UV-1800 系列紫外可见分光光度计 日本岛津公司。

1.2 实验方法

1.2.1 样品预处理 实验室消毒、通风后, 测定环境温度 28 ± 1 °C、相对湿度 $50\% \pm 5\%$ 。将经挑选的韭菜先用清水洗掉表面污物, 再用无菌水漂洗干净, 然后置于沥水篮中自然沥干, 至韭菜表面无多余

水分。将其中一部分用锋利钢刀切成长度 3~4 cm 小段, 另一部分完整韭菜作为对照, 将切好的韭菜段和完整韭菜分别称取 250 ± 0.5 g/袋放于聚乙烯袋中包装 (长 29.3 cm、宽 20.3 cm、厚 55 μ m) 挽口橡皮筋扎紧后, 在温度 28 ± 1 °C、相对湿度 $50\% \pm 5\%$ 的鲜切贮藏室贮存 4 d, 处理组和对照组分别做 15 个平行 (即每个样品 15 袋), 分别在 0、1、2、3、4 d 取样测定相关品质指标。试验重复 3 次, 结果取平均值。

1.2.2 风味检测 利用 PEN3 电子鼻测定, 该电子鼻的传感器阵列由 10 个不同的金属氧化物传感器组成, 根据传感器接触到样品挥发物后的电导率 G 与传感器经过标准活性炭过滤气体的电导率 G_0 的比值进行数据处理和模式识别, 其敏感性为 1 mL/m^3 ^[19]。传感器对某一大类物质响应显著, 具体见表 1。将含有 250 ± 0.5 g 样品的包装袋固定好, 直接将进样针头插入样品袋, 采用顶空吸气法进行电子鼻检测分析, 每个样品平行测定 3 次, 每次测完用透明胶带将针孔封住。测定参数设置为: 样品准备时间 5 s; 进样流量 500 mL/min; 样品测试时间 200 s; 传感器清洗时间 80 s; 自动调零时间 5 s。根据获得每个时间点样本的信息数据, 取 3 个平行样本每个传感器比较稳定的最大响应平均值, 建立特征雷达图。

表 1 PEN3 型便携式电子鼻传感器性能

Table 1 Performance of 10 sensors for PEN3 portable electronic nose

阵列序号	传感器名称	性能描述
1	W1C	对芳香成分苯类敏感
2	W5S	灵敏度大, 对氮氧化合物很灵敏
3	W3C	氨类, 对芳香成分灵敏
4	W6S	主要对氢气有选择性
5	W5C	主要检测烷烃类芳香成分
6	W1S	对甲烷灵敏
7	W1W	主要对硫化物敏感
8	W2S	对醇类灵敏
9	W2W	对芳香成分和有机硫化物敏感
10	W3S	用于烷烃检测, 对甲烷非常灵敏

1.2.3 感官评定 由 6 名专业人士组成感官品质评定小组, 男女比例为 1:1, 在贮藏期间对鲜切韭菜段的每个样品从色泽、风味和口感等进行整体分级、评分, 评定方法参照文献 [5, 20] 的方法, 结合韭菜自身特点进行修改, 具体标准见如表 2。

1.2.4 营养指标变化

1.2.4.1 V_c 含量的测定 参考赵晓梅等^[21]的方法并稍作修改, 称取 5 g 样品, 加入 5 mL 偏磷酸, 冰浴研磨成浆, 取匀浆后样品 2 g, 用偏磷酸定容至 25 mL,

表2 感官品质评定标准

Table 2 Sensory quality standard of Chinese chives

级别	评分	色泽	特征香味	萎蔫	水渍、腐烂	口感
1	10~8	亮绿	香味浓郁	无	无	清爽、鲜美
2	8~6	绿	香味稍淡	萎蔫率小于 1/5	无	清爽感稍差
3	6~4	绿	香味淡	萎蔫率小于 1/4	轻微水渍	清爽感差
4	4~2	暗绿	酸腐味	萎蔫率达到 1/3~1/2	水渍、出现腐烂	无食欲
5	2~0	黄绿	酸腐味浓	萎蔫率大于 1/2	水渍严重、腐烂率达到 5%	无法食用

4 ℃、13000 r/min 离心 20 min, 取上清液 10 mL, 用 2,6-二氯酚靛酚滴定。滴定过程中为避免叶绿素对其测定结果的干扰, 加 1 mL 氯仿, 以氯仿层呈现淡红色且 15 s 内不消失为止。

1.2.4.2 叶绿素含量测定 参照 Shi 等^[22]的方法并稍作修改, 用丙酮和乙醇的混合溶液 (V:V=2:1) 作为提取液, 采用紫外-可见分光光度计法, 在 645 和 663 nm 处测定吸光值, 并计算叶绿素的含量。

1.2.4.3 总酚和类黄酮含量 参考曹健康等^[23]方法适当修改, 取 0.5 g 样品, 加入 5 mL 经过预冷浓度为 1% 的 HCl-甲醇溶液, 充分研磨至均浆提取, 然后于 4 ℃下 13000 r/min 离心 20 min, 收取上清液待用。以 1% 的 HCl-甲醇溶液作空白参比调零, 取滤液分别于波长 280 nm (总酚) 和 325 nm (类黄酮) 处测定溶液吸光度值, 重复三次。用不同浓度的没食子酸制作标准曲线, 计算总酚含量, 用不同浓度的芦丁制作标准曲线, 计算类黄酮含量。

1.2.5 相关酶活性变化

1.2.5.1 过氧化物酶 (POD) 活性 参考曹健康等^[23]方法测定, 称取 1 g 样品于研钵中, 加入 5 mL 提取缓冲液, 冰浴研磨成浆, 然后转入离心管中于 4 ℃、13000 r/min 离心 30 min, 收集上清液, 低温保存备用。取一支试管, 加入 0.3% H_2O_2 1 mL, 0.2% 愈创木酚 0.9 mL, pH7.8 磷酸盐缓冲液 (PBS) 1 mL 和酶液 0.1 mL, 采用紫外分光光度计测定 470 nm 处吸光值。以每克果蔬鲜样每分钟吸光度变化值增加 1 为 1 个 POD 活性单位, 根据公式进行计算, 结果以 U/g 表示。

$$U = \frac{\Delta OD_{470} \times V}{V_s \times m}$$

式中: ΔOD_{470} 为反应混合液在 470 nm 处吸光度的变化值; V 表示供试品溶液体积, mL; V_s 为测定时所取样品提取液体积, mL; m 表示取样量, g。

1.2.5.2 过氧化氢酶 (CAT) 活性 参照 Azevedo 等^[24]的方法稍作修改。称取 1 g 样品于研钵中, 加入 5 mL 提取缓冲液, 冰浴研磨成浆, 然后转入离心管中于 4 ℃、13000 r/min 离心 30 min, 收集上清液, 取一支试管, 加入 0.3% H_2O_2 1 mL, pH7.8 PBS 1.9 mL 和酶液 0.1 mL, 用紫外分光光度计测定 240 nm 处吸光值。每克果蔬鲜样每分钟吸光度变化值增加 1 为 1 个 CAT 酶活性单位, 根据公式进行计算, 结果以 U/mg 表示。

$$U = \frac{\Delta OD_{240} \times V}{0.01 \times V_s \times m}$$

式中: ΔOD_{240} 为反应混合液在 240 nm 处吸光度

的变化值; V 表示供试品溶液体积, mL; V_s 为测定时所取样品提取液体积, mL; m 表示取样量, g。

1.2.5.3 抗坏血酸过氧化物酶 (APX) 活性 采用 Wang 等^[25]的方法测定。样品组织用 5 mL 0.1 mol/L pH7.5 的 PBS 缓冲液提取, 冰浴研磨成浆, 然后转入离心管中于 4 ℃、13000 r/min 离心 30 min, 上清液为粗酶提取液, 取一支试管, 加入 2 mmol/L H_2O_2 0.3 mL、50 mmol/L pH7.5 PBS 2.6 mL 和酶液 0.1 mL, 用紫外分光光度计测定 290 nm 处吸光值。每克果蔬鲜样每分钟吸光度变化值增加 1 为 1 个 APX 酶活性单位, 根据公式进行计算, 结果以 U/mg 表示。

$$U = \frac{\Delta OD_{290} \times V}{0.01 \times V_s \times m}$$

式中: ΔOD_{290} 为反应混合液在 290 nm 处吸光度的变化值; V 表示供试品溶液体积, mL; V_s 为测定时所取样品提取液体积, mL; m 表示取样量, g。

1.3 数据处理

所有实验均重复 3 次, 采用 Excel 2019 进行基础数据整理, 应用 SPSS 2013 进行显著性分析, OriginPro 9.0 进行软件绘图, 结果为 3 次实验的均值。

2 结果与分析

2.1 切段对韭菜风味和外观品质的影响

图 1 是韭菜段和完整韭菜不同贮藏时间电子鼻传感器平均值制作的雷达图。电子鼻的 10 个传感器对韭菜段和完整韭菜风味变化均有响应, 不同传感器的响应值各不相同, 以 2 号 W5S、7 号 W1W 和 9 号 W2W 最为明显, 这表明利用 PEN3 电子鼻检测韭菜风味是可行的。比较韭菜段和完整韭菜在常温贮藏期间雷达图的变化规律发现, 相较于完整韭菜, 鲜切韭菜 2 号、7 号和 9 号传感器初始值即刻增加, 结合感官评定 (图 2), 切段的韭菜会即刻释放出韭菜特有的辛香味, 此时韭菜段的风味雷达图与完整韭菜差别最大。之后, 随着贮藏时间的延长, 韭菜段的辛香味逐渐变淡, 相对应的雷达图的外形和面积也在逐步发生变化, 说明韭菜的挥发性物质的构成发生了一定的变化, 但是在贮藏期 1~4 d 韭菜段与完整韭菜图形相似, 说明常温贮藏条件下, 韭菜段与完整韭菜释放出同样的挥发性物质, 但挥发性物质构成的变化速率有所改变, 主要表现为 1~3 d 内减缓, 第 4 d 增加。根据表 1 可知, 2 号 W5S 主要对氮氧化物灵敏, 7 号 W1W 主要对硫化物灵敏, 9 号 W2W 对芳香成分和有机硫化物灵敏, 而韭菜特征辛辣味成分主要包括反甲基丙烯基二硫醚、烯丙基异丙基二硫醚、

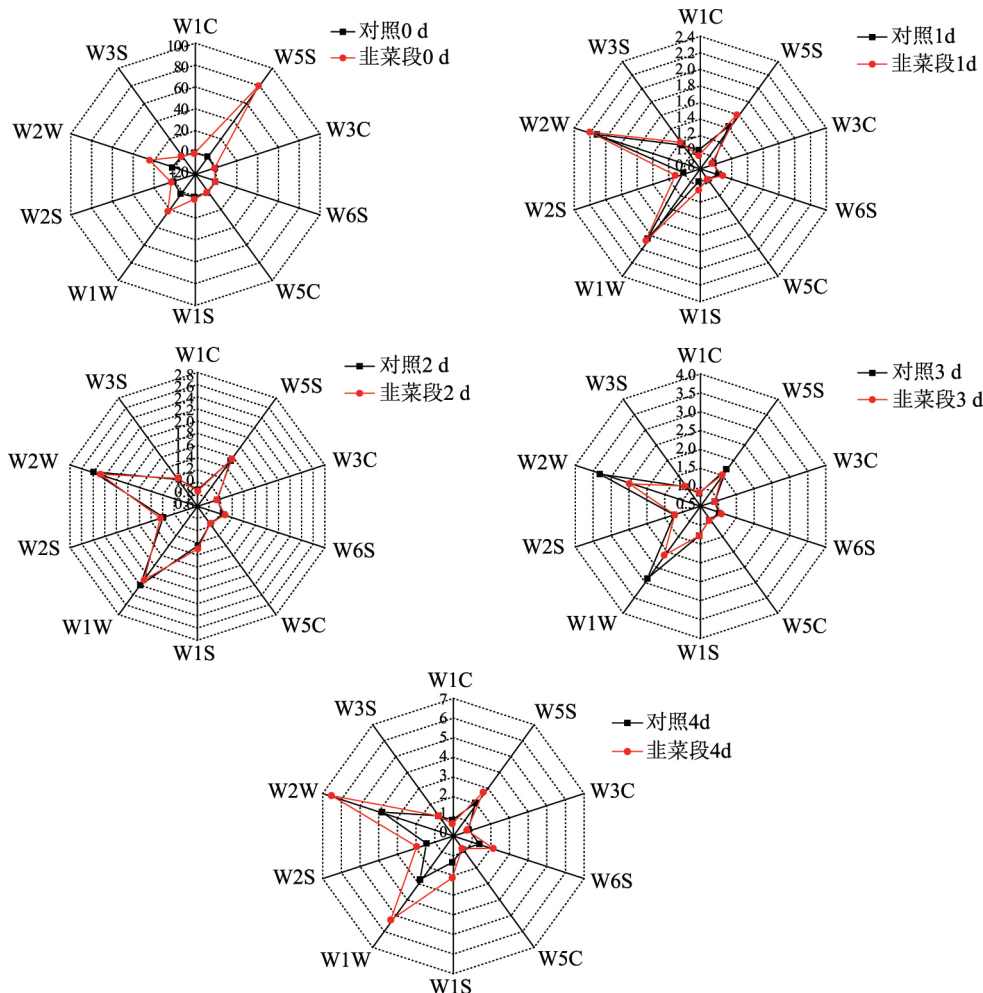


图1 切段对韭菜贮藏期间风味物质的影响

Fig.1 Effect of cutting segments on flavor components of chives during storage

2-乙烯基-4H-1,3-二噻烯、反丙烯基烯丙基硫醚、顺丙烯基烯丙基硫醚等17种硫醚类物质^[26-27],这17种物质因此正好是电子鼻2号、7号、9号传感器所对应的敏感物质。这些关键性风味成分随着时间发生改变,比如辛辣味的关键成分之一顺丙烯基烯丙基硫醚随着贮藏时间延长,会变成反丙烯基烯丙基硫醚,使韭菜产生酸臭味。结合感官评定,第4d的韭菜已经酸腐无法接受,韭菜段相比完整韭菜腐烂、酸臭严重,因此韭菜段第4d雷达图的变化速率突然增加。另外,反-1-甲基-3-丙烯基三硫醚和甲基硫代磺酸甲酯是韭菜酸臭味的关键成分^[26],这些成分同样是硫醚类物质,电子鼻检测同样是7号、9号和2号传感器比较敏感。

感官品质是评价果蔬品质好坏的一个重要指标,也是最直观的指标^[4]。如图2所示,随着贮藏时间的延长,韭菜段和完整韭菜的感官品质都表现为下降趋势,整个贮藏期间,韭菜段的感官品质综合评分始终显著低于完整韭菜($P < 0.001$),且韭菜段的感官评分下降速率始终高于完整韭菜。结合图1韭菜风味雷达图,第1d的韭菜段和完整韭菜雷达图最为相似,此时韭菜段的风味、色泽以及口感依然在1级水平,对应评分8~10分之间,处于食用较佳期,第2d韭菜段辛香风味变淡,并且伴随着不愉快气味的

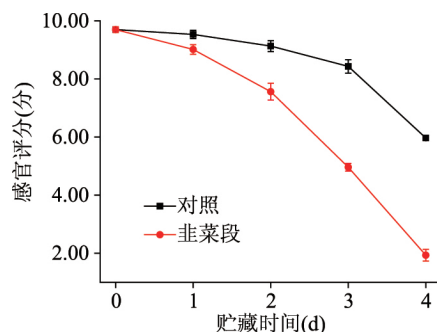


图2 切段对韭菜存贮期间的综合感官评分的影响

Fig.2 Effect of cutting segments on comprehensive sensory evaluation of chives during storage

出现,雷达图相对完整韭菜轮廓缩小,第3d韭菜段出现了腐烂现象,叶菜类蔬菜一旦出现腐烂,色香味变差,评分低于5分,严重影响销售和食用,因此鲜切韭菜段应该在不愉快气味出现之前1d内食用最佳,货架期应该在腐烂出现之前,即不能超过3d。

2.2 切段对韭菜营养品质的影响

叶绿素是衡量叶菜类新鲜程度的一个重要指标^[28],由图3可知,叶绿素含量在贮藏期间呈下降趋势,新鲜韭菜的叶绿素含量约为0.33 mg/g,完整韭菜的叶绿素含量始终高于韭菜段,但是贮藏2d内无明显

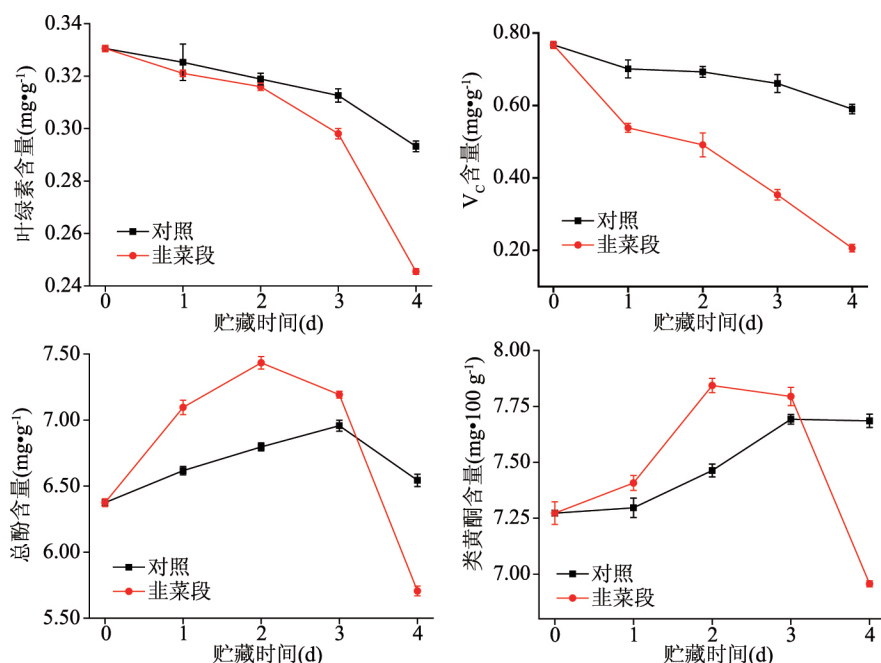


图3 切段对韭菜在贮藏期间叶绿素、维生素 C(V_c)、总酚和类黄酮含量的影响

Fig.3 Effects of cutting segments on chlorophyll, V_c , total phenol and flavonoid contents of chives during storage

显差异,室温贮藏第3 d,完整韭菜和韭菜段叶绿素含量与初始值相比分别下降了6.89%和15.34%,可见韭菜段的损失率更大。蔬菜采后的贮藏过程中进行着不可逆的衰老进程,在衰老进程中伴随的就是叶绿素的迅速降解,因此一部分叶绿素最终降解为无荧光产物NCC_s的线性无色四吡咯物质,从而失去绿色^[29]。从宏观上讲,叶绿素的降解与植物呼吸速率、乙烯的释放量、脂质过氧化程度等生理指标有关^[30],比如叶绿素作为蔬菜采后维持呼吸作用的有机物来源之一,参与丙酮酸有氧分解的呼吸环节^[31]被消耗掉,切段后,机械损伤造成一种胁迫环境,加快了叶绿素的分解^[32]。

维生素C(V_c)是叶绿体内重要的抗氧化剂,同时也是评价采后衰老的标志性指标^[5]。图3显示, V_c 含量呈下降趋势,且完整韭菜的 V_c 含量始终高于鲜切韭菜,与叶绿素的变化趋势一致,说明鲜切造成了营养物质 V_c 的流失。经切分处理的果蔬抗坏血酸酶与其底物接触,相对于完整果蔬,切割损伤强度大,与氧气和底物的接触面积大,因此促进抗坏血酸(V_c)的氧化损失^[33]。

多酚类化合物(总酚、类黄酮等)是果蔬中的营养成分,同时也是最重要的抗氧化物质^[34],通过对这些物质的检测发现,类黄酮的变化趋势与总酚的变化趋势相类似,与完整韭菜相比,贮藏3 d内,鲜切韭菜的类黄酮含量上升速度更快,且含量始终高于完整韭菜(图3)。鲜切果蔬的加工工艺和贮藏条件不同,会导致果蔬贮藏期间抗氧化物质含量变化的差异,前人研究表明,切段造成的损伤会诱导苯丙烷代谢酶系统的活性提高,并通过合成香豆素、木质素、类黄酮等产物减缓机械伤害,保护组织^[35]。本研究发现,切段处理会诱导韭菜酚类、黄酮类物质的合成和积累。

2.3 切段对韭菜抗氧化酶活性的影响

完整韭菜和韭菜段在贮藏过程中抗氧化酶活性随时间的变化如图4所示。随着贮藏时间的延长,韭菜段的POD、CAT和APX活性呈现先上升后降低的趋势,而完整韭菜呈上升趋势,且韭菜段POD和3 d内的APX活性始终高于完整韭菜,这可能是因为切割损伤促进了活性氧的产生,同时也激发果蔬组织防御反应,诱导防御系统中抗氧化酶活性上升^[36-37];图4b和4c显示CAT活性2~3 d内活性高于完整韭菜,3~4 d鲜切韭菜段的CAT和APX活性迅速下降,说明韭菜段在2 d后自由基积累更多,衰老更快,这与感官评定的结果相符。CAT、APX和POD是植物组织中清除活性氧的主要酶类,POD、CAT以及APX均参与H₂O₂的分解^[34]。有研究表明,机械损伤诱导产生的信号分子的数量和种类会明显影响抗氧化酶活性,并且切割损伤诱导信号分子的生成量与损伤强度成正比^[37],韭菜段相对于完整韭菜受损伤程度高,因此抗氧化酶类活性高;而高浓度的H₂O₂能够促进超氧化物歧化酶(Superoxide dismutase SOD)活性增加,而SOD参与的歧化反应产生的H₂O₂又会影响POD、CAT和APX的活性。这些参与清除活性氧的抗氧化酶类,在自身性质和反应条件(如底物、反应物和生成物等的浓度)影响下,彼此之间通过协同作用来维持活性氧代谢的平衡。

3 结论

从风味和感官评定结果来看,韭菜段感官品质始终低于完整韭菜,韭菜段以较快的速度衰老,2 d后失去商品价值。从营养品质指标的变化来看,韭菜段的叶绿素和维生素C含量消耗明显高于完整韭菜,切段能明显提高韭菜中的抗氧化物质总酚和类黄酮含量,并在2 d内达到高峰;且能增加SOD、POD和CAT的抗氧化酶的活力,进而提高鲜切韭菜的抗

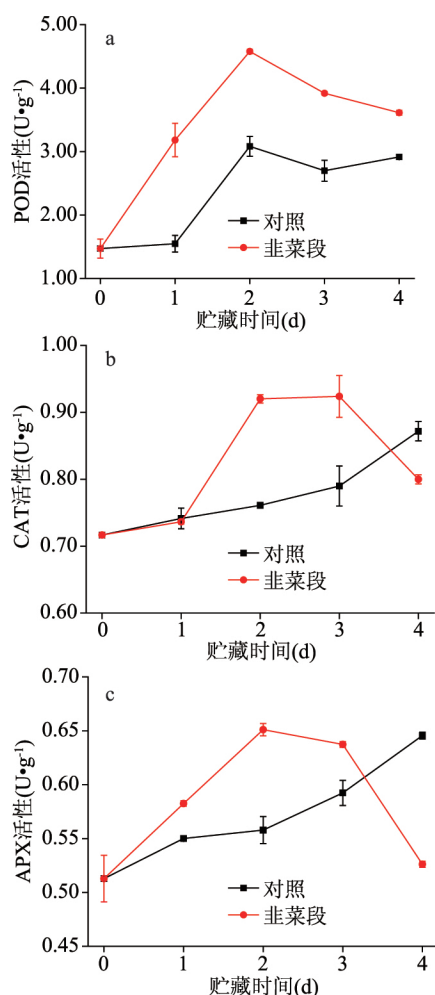


图4 切段对韭菜在贮藏期内 POD、CAT 和 APX 活力的影响

Fig.4 Effects of cutting segments on POD, CAT and APX activities of chives during storage

氧化活性。因此本研究给出了家庭贮藏环境下韭菜段的最佳食用期在 1 d 内,最佳货架期在 2 d 内。通过以上研究发现,鲜切导致韭菜风味即刻增强,然后迅速变淡,因此如何保持鲜切韭菜的独特风味,是今后需要解决的问题。

参考文献

- [1]何俊萍,高瑞鹤.响应面法优化韭菜酱发酵条件[J].食品工业科技 2013,34(10):159-164.
- [2]Yang Y T,Su Q,Shi L L,et al. Electrophysiological and behavioral responses of *Bradysia odoriphaga* (Diptera: Sciaridae) to volatiles from its Host Plant, Chinese chives (*Allium tuberosum* Rottler ex Spreng). [J]. Journal of Economic Entomology 2019, 112(4): 1638-1644.
- [3]Nabil H, Signorelli M, Duce C, et al. Isothermal calorimetry protocols to monitor the shelf life and aftermarket follow-up of fresh cut vegetables [J]. Journal of Thermal Analysis and Calorimetry 2019, 137(5): 1673-1680.
- [4]李凤君,刘娟,单幼霞,等.鲜切蔬菜保鲜技术的研究进展[J].食品安全质量检测学报 2019,10(20):6909-6920.
- [5]郑杨,曹敏,申琳,等.短波紫外线照射对韭菜采后贮藏品

质及活性氧代谢相关酶的影响[J].食品科学 2011,32(20):307-311.

[6]程丽林,吴波,袁海君,等.鲜切果蔬贮藏保鲜技术研究进展[J].保鲜与加工 2019,19(1):147-152.

[7]冯岩岩,王庆国.鲜切韭菜气调包装袋的研制[J].食品科技 2019,44(12):36-41.

[8]杜威.基于干冰的物流保鲜装置的制作及其在果蔬上的应用[D].天津:天津科技大学 2018.

[9]贾丽娥,刘升,段小明,等.韭菜采后保鲜技术研究进展[J].保鲜与加工 2018,18(1):138-141.

[10]张川,申江.真空预冷结合不同贮藏压力对韭菜品质的影响[J].食品科技 2017,42(3):34-37.

[11]史萌,郑秋丽,高丽朴,等.1-MCP 处理对韭菜采后贮藏生理和品质的影响[J].保鲜与加工 2019,19(3):58-63.

[12]Jia L E,Liu S,Duan X M,et al. 6-Benzylaminopurine treatment maintains the quality of Chinese chive (*Allium tuberosum* Rottler ex Spreng.) by enhancing antioxidant enzyme activity [J]. Journal of Integrative Agriculture, 2017, 16(09): 1968-1977.

[13]Nielsen G S,Larsen L M,Poll L. Formation of aroma compounds during long-term frozen storage of unblanched leek (*Allium ampeloprasum* Var. Bulga) as affected by packaging atmosphere and slice thickness [J]. Journal of Agricultural and Food Chemistry 2004, 52(5): 1234-1240.

[14]Nielsen G S,Poll L. Determination of odor active aroma compounds in freshly cut leek (*Allium ampeloprasum* Var. Bulga) and in long-term stored frozen unblanched and blanched leek slices by gas chromatography olfactometry analysis [J]. J Agric Food Chem 2004, 52: 1642-1646.

[15]Tsouvaltzis P,Gerasopoulos D,Siomos A S. Effect of storage temperature and size of stalks on quality of minimally processed leeks [J]. Journal of the Science of Food and Agriculture 2006, 86(3): 372-379.

[16]Dai X M,Luo H B,Jiang L,et al. Efficacy of different sanitizing agents and their combination on microbe population and quality of fresh-cut Chinese chives [J]. Journal of Food Science, 2012, 77(7): 348-353.

[17]Chen C,Hu W,Zhang R,et al. Levels of phenolic compounds, antioxidant capacity, and microbial counts of fresh-cut onions after treatment with a combination of nisin and citric acid [J]. Horticulture Environment & Biotechnology, 2016, 57(3): 266-273.

[18]Page N,Jaime González-Buesa,Ryser E T,et al. Interactions between sanitizers and packaging gas compositions and their effects on the safety and quality of fresh-cut onions (*Allium cepa* L.) [J]. International Journal of Food Microbiology, 2015, 218: 105.

[19]黄鹤,耿丽晶,陈博,等.基于电子鼻对不同发酵阶段蟹酱加热前后特征风味的分析[J].食品工业科技 2018,39(9):239-242,251.

[20]张晓鸣.食品感官评定[M].北京:中国轻工业出版社,2008,1-13.

(下转第 324 页)

Alaska pollock in seafood products by droplet digital PCR [J]. Food Chemistry 2019 275: 638–643.

[46] 刘二龙, 卢丽, 凌莉, 等. 红薯源性成分微滴式数字 PCR 的检测与定量分析 [J]. 现代食品科技 2019 35(7): 273–277 285.

[47] 郭楠楠, 张岩, 李永波, 等. 微滴式数字 PCR 定量检测杏仁露中杏仁、花生源性成分 [J]. 食品科学 2019 40(14): 346–351.

[48] 任君安, 邓婷婷, 黄文胜, 等. 微滴式数字聚合酶链式反应精准定量检测羊肉中掺杂猪肉 [J]. 食品科学 2017 38(2): 311–316.

[49] Ren Junan, Deng Tingting, Huang Wensheng, et al. A digital PCR method for identifying and quantifying adulteration of meat species in raw and processed food [J]. PloS One 2017 12(3): e0173567.

[50] Scollo F, Egea L A, Gentile A, et al. Absolute quantification of olive oil DNA by droplet digital-PCR(ddPCR): Comparison of isolation and amplification methodologies [J]. Food Chemistry, 2016 213: 388–394.

[51] Cao Weiwei, Li Yiming, Chen Xun, et al. Species identification and quantification of silver pomfret using the droplet digital PCR assay [J]. Food Chemistry 2020 302.

[52] 赵新, 兰青阔, 陈锐, 等. 应用微滴数字 PCR 技术快速检测食用菌中沙门氏菌 [J]. 食品与生物技术学报 2017 36(3): 315–321.

[53] Wang Meng, Yang Junjie, Gai Zhongtao, et al. Comparison

between digital PCR and real-time PCR in detection of *Salmonella typhimurium* in milk [J]. International Journal of Food Microbiology 266: 251–256.

[54] 周巍, 李月华, 孙勇, 等. 微滴式数字 PCR 技术定量检测发酵乳中金黄色葡萄球菌 [J]. 食品科学 2017 38(16): 287–291.

[55] 魏咏新, 马丹, 李丹, 等. 食品中 *Escherichia coli* O157: H7 微滴数字 PCR 绝对定量检测方法的建立 [J/OL]. 食品科学: 1–13 [2020-01-11]. <http://kns.cnki.net/kcms/detail/11.2206.TS.20190530.1145.036.html>.

[56] Hansen S J Z, Morovic W, Demeules M, et al. Absolute enumeration of probiotic strains *Lactobacillus acidophilus* NCFM® and *Bifidobacterium animalis* subsp. *lactis* BI-04® via chip-based digital PCR [J]. Frontiers in Microbiology 2018 9: 704.

[57] Gobert G, Cotillard A, Fourmestraux C, et al. Droplet digital PCR improves absolute quantification of viable lactic acid bacteria in faecal samples [J]. Journal of Microbiological Methods 2018 148: 64–73.

[58] Cui Xueyan, Jin Maojun, Zhang Chan, et al. Enhancing the sensitivity of the bio-barcode immunoassay for triazophos detection based on nanoparticles and droplet digital polymerase chain reaction [J]. Journal of Agricultural and Food Chemistry, 2019 67(46): 12936–12944.

[59] Whale A S, Huggett J F, Tzonev S. Fundamentals of multiplexing with digital PCR [J]. Biomolecular Detection and Quantification 2016 10: 15–23.

(上接第 287 页)

[21] 赵晓梅, 江英, 吴玉鹏, 等. 果蔬中 V_c 含量测定方法的研究 [J]. 食品科学 2006(3): 197–199.

[22] Shi J Y, Gao L P, Zuo J H, et al. Exogenous sodium nitroprusside treatment of broccoli florets extends shelf life, enhances antioxidant enzyme activity, and inhibits chlorophyll-degradation [J]. Postharvest Biology and Technology 2016 116: 98–104.

[23] 曹建康, 姜微波, 赵玉梅. 果蔬菜后生理生化实验指导 [M]. 北京: 中国轻工业出版社 2007: 9.

[24] Azevedo M M, Carvalho A, Pascoal C, et al. Responses of antioxidant defenses to Cu and Zn stress in two aquatic fungi [J]. Science of the Total Environment 2007 377(2–3): 233–243.

[25] Wang Q, Ding T, Gao L P, et al. Effect of brassinolide on chilling injury of green bell pepper in storage [J]. Scientia Horticulturae 2012 144: 195–200.

[26] 王姝苇, 随新平, 李萌, 等. 生韭菜与炒韭菜挥发性风味物质的对比分析 [J]. 精细化工 2019 36(7): 1375–1386.

[27] Quan G, Li X B, Jia S, et al. Isolation and identification of new chemical constituents from Chinese chive (*Allium tuberosum*) and toxicological evaluation of raw and cooked Chinese chive [J]. Food and Chemical Toxicology 2018 112: 400–411.

[28] Peng X L, Yang J P, Cui P L, et al. Influence of allicin on quality and volatile compounds of fresh-cut stem lettuce during cold storage [J]. LWT-Food Science and Technology 2015 60(1): 300–307.

[29] Fukasawa A, Suzuk Y, Terai H, et al. Effects of postharvest

ethanol vapor treatment on activities and gene expression of chlorophyll catabolic enzymes in broccoli florets [J]. Postharvest Biology and Technology 2010 55: 97–102.

[30] King G, Morris S. Physiological changes of broccoli during early postharvest senescence and through the preharvest-postharvest continuum [J]. Journal of the American Society for Hort Science 1994 119: 270–275.

[31] Padmasree K, Padmavathi L, Raghavendra A S. Essentiality of mitochondrial oxidative metabolism for photosynthesis: optimization of carbon assimilation and protection against photoinhibition [J]. Critical Reviews in Biochemistry and Molecular Biology 2002 37(2): 71–119.

[32] 李娇洋, 朱婧玉, 杨帆, 等. 沙葱与韭菜采后生理特性和品质变化的比较 [J]. 食品与发酵工业 2019 45(4): 135–141.

[33] 李静, 季悦, 李美琳, 等. 切割方式对鲜切茼蒿品质及抗氧化活性的影响 [J]. 食品科学 2018(3): 268–273.

[34] 马杰, 胡文忠, 毕阳, 等. 鲜切果蔬活性氧产生和抗氧化体系代谢的研究进展 [J]. 食品科学 2013 34(7): 316–320.

[35] 马杰, 胡文忠, 毕阳, 等. 鲜切果蔬苯丙烷代谢的研究进展 [J]. 食品工业科技 2012 33(15): 391–393.

[36] 马杰, 胡文忠, 毕阳, 等. 外源乙烯和茉莉酸甲酯处理对鲜切茼蒿活性氧代谢的影响 [J]. 食品工业科技 2013 34(17): 338–341.

[37] 高梵, 李晓安, 韩聪, 等. 不同切割损伤强度对红心萝卜抗氧化活性的影响 [J]. 食品安全质量检测学报 2015 6(7): 2489–2495.