

doi:10.11937/bfyy.20200099

鲜切韭菜碎的品质变化研究

贾丽娥¹, 马越¹, 王丹¹, 季延海², 谢龙², 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, 农业农村部蔬菜产后处理重点实验室, 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)

摘要:以新鲜“791”韭菜为试材, 结合电子鼻技术, 经切碎处理, 在模拟家庭常规存贮环境下, 对鲜切韭菜碎风味和品质变化进行研究, 为鲜切韭菜的储运保鲜提供参考依据。结果表明: 韭菜切碎后风味即刻发生改变, 感官品质随着贮藏时间的延长逐渐下降, 24 h后腐烂出现, 主要营养成分叶绿素、维生素 C、总酚、类黄酮含量均出现不同程度的下降; 同时切分导致组织中过氧化氢酶(CAT)和抗坏血酸过氧化物酶(APX)活性下降, 过氧化物酶(POD)活性增强。综合分析认为, 12 h后, 随着贮藏时间的延长, APX 和 POD 的协同作用会加剧衰老的进程, MDA 大量积累, 其综合品质下降, 建议最佳食用期 0~12 h。

关键词:鲜切; 韭菜碎; 品质

中图分类号:TS 255 **文献标识码:**A **文章编号:**1001-0009(2020)21-0089-08

韭菜 (*Allium tuberosum* Rottler. ex Spreng.) 富含蛋白质、碳水化合物、维生素 C、纤维素等营养物质, 并富含具有保健功效的硫化物、皂苷类、黄酮类等有机成分, 是一种药食兼用型精细蔬菜^[1], 深受广大消费者喜爱。目前主要以鲜韭、韭黄和韭薹鲜菜等形式供应市场, 也可加工成韭花、韭籽酱调味品^[1-3], 而以韭菜为原料的鲜切产品比较缺乏, 比如韭菜碎。韭菜碎可以是韭菜馅和各种配菜的方便食材, 满足了人们追求天然、营养、快节奏的生活方式需求。将韭菜加工成鲜切产品, 供消费者直接食用或餐饮业使用, 也是新的蔬菜流通方式的需要。

风味是韭菜的一个重要特征, 随着传感器技

术的发展, 用电子鼻来表征气味及检测品质更为可靠、灵敏, 这一方法已逐渐应用到鲜切果蔬行业中。目前, 国内外研究学者利用电子鼻技术对鲜切凤梨货架期^[4]、鲜切菠萝贮藏品质^[5]、鲜切黄瓜芳香特征^[6]和鲜切芹菜叶的风味特征^[7]等进行了研究, 但是基于电子鼻技术的鲜切韭菜贮藏风味研究还鲜有报道。

韭菜可供食用的幼嫩叶片表层的保护组织尚未发育完全, 耐贮性差^[8], 鲜切后由于失去表层保护, 营养物质更容易流失, 同时由于机械损伤产生了一系列生理、生化反应更加不利于存储^[9]。该研究拟在家庭存储环境下, 结合电子鼻技术, 探索韭菜碎的风味、外观品质、主要营养成分以及抗氧化相关指标的变化规律, 明确最佳食用期, 以期为鲜切韭菜的储运保鲜提供参考依据。

1 材料与amp;方法

1.1 试验材料

供试材料: 2019年5月28日清晨于北京市农林科学院蔬菜研究中心温室采收, 品种为“791”。挑选新鲜、成熟度一致, 长短粗细相当, 无

第一作者简介: 贾丽娥(1984-), 女, 硕士, 助理研究员, 现主要从事果蔬采后保鲜与加工等研究工作。E-mail: Jialie@nercv.org.

责任作者: 赵晓燕(1969-), 女, 博士, 研究员, 现主要从事农产品贮藏加工等研究工作。E-mail: zhaoxiaoyan@nercv.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资助项目(KJCX201915)。

收稿日期: 2020-01-07

病虫害、无机械损伤的韭菜立即运回实验室用于试验。

供试仪器: PEN3 型电子鼻(Airsense 德国), UV-1800 系列紫外可见分光光度计(岛津,日本)。

1.2 试验方法

将供试韭菜先用清水洗掉表面污物,取出于无菌水中漂洗干净,然后置于沥水篮中沥干,至韭菜表面无多余水分。用锋利的钢刀切成长度 0.4~0.5 cm 小碎段,切完立即称取(250.0±0.5)g 韭菜碎于聚乙烯包装袋中(长 29.3 cm、宽 20.3 cm、厚 55 μm),挽口橡皮筋扎紧后,置于蔬菜中心鲜切实验室内贮存(温度(28±1)℃,相对湿度 50%±5% RH),以整根韭菜为对照,处理组 and 对照组分别有 3 个平行,贮藏期间每隔 6 h 测定相关品质指标。试验重复 3 次,所得结果取平均值。

1.3 项目测定

1.3.1 风味检测

利用 PEN3 电子鼻测定。将含有(250.0±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(每次测完用透明胶布将针孔封住)。检测条件为:传感器清洗时间 80 s、传感器归零时间 5 s、样品准备时间 5 s、进样流量 500 mL·min⁻¹,样品测试时间 200 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。

1.3.2 感官品质评定

参照郑杨等^[8]和张晓鸣等^[10]的方法稍作修改。由 6 名专业人士组成感官品质评定小组,每个样品分别从风味、色泽和口感等进行整体分级。具体评定标准见表 1。

表 1 感官品质评定标准

Table 1 Standard for sensory quality assessment

级别 Level	色泽 Color	特征香味 Characteristic flavor	萎蔫 Wilting	水渍、腐烂 Water strain and rot	口感 Taste
5	油绿鲜亮	辛香味浓	无	无	清爽
4	葱绿变暗	辛香味淡	萎蔫率小于 1/5	无	清爽感稍差
3	暗绿带黄	辛香味淡	萎蔫率小于 1/4	轻微水渍	清爽感差
2	暗绿偏黄	酸腐味	萎蔫率达到 1/3~1/2	水渍、出现腐烂	无食欲
1	黄绿暗淡	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

1.3.3 腐烂率的调查

参照郑杨等^[8]和张晓鸣等^[10]的方法稍作修改,由 6 名专业人士组成感官品质评定小组定期检查。具体分级标准见表 2。

表 2 腐烂率评定标准

Table 2 Rotting rate standard of Chinese chives

级别 Level	描述 Description
5	新鲜完好,无水渍或萎蔫,风味、色泽正常
4	萎蔫率小于 1/5,无水渍,风味、色泽稍差
3	有萎蔫,萎蔫率小于 1/4,轻微水渍,风味、色泽稍差
2	萎蔫率达到 1/3~1/2,风味、色泽较差
1	水渍严重、腐烂率达到 5%,萎蔫率大于 1/2,酸腐味、色泽暗淡

1.3.4 营养指标测定

叶绿素含量根据 NATH 等^[11]方法测定;维生素 C 含量参考赵晓梅等^[12]的方法测定;总酚和类黄酮含量参考曹建康等^[13]方法测定。

1.3.5 抗氧化相关指标测定

过氧化物酶(POD)活性和多酚氧化酶活性(PPO)参考曹建康等^[13]方法测定;过氧化氢酶活性(CAT)采用 AZEVEDO 等^[14]的方法稍作修改;抗坏血酸过氧化物酶(APX)采用 WANG 等^[15]方法测定。

1.3.6 丙二醛(MDA)含量测定

采用 JIN 等^[16]方法测定。样品用 10 mL 100 g·L⁻¹ 三氯乙酸溶液匀浆后转入离心管,4℃、13 000 r·min⁻¹ 离心 30 min,取 2 mL 上清液于 10 mL 试管中,再加入 2 mL 0.67% TBA 混匀,沸水浴 20 min,冷却后用紫外分光光度计分别测定 450、560、600 nm 处吸光值,根据公式 MDA(μmol·g⁻¹)=(6.54×(OD₅₃₂-OD₆₀₀)-0.56×OD₄₅₀)×V/(V_s×m)计算。式中:V 为样品提取液总体积,mL;V_s 为测定时所取样品提取液体积,mL;m 为样品质量,g。

1.4 数据分析

采用 Excel 2019 软件进行基础数据整理,使用 Origin Pro 9.0 软件绘图。所有试验均重复 3 次,应用 R 软件中的 ANOVA 和 HSD 功能对数据进行方差分析和统计检测。

2 结果与分析

2.1 鲜切韭菜碎风味和外观品质的变化

雷达图是利用电子鼻的不同传感器所检测到的不同类型挥发性物质的特征图^[17]。由图 1~2 可知,电子鼻的 10 个传感器对不同处理的韭菜挥发性物质均有响应,且不同传感器的响应各不相同,2、7 号和 9 号传感器的相对电阻率(G/G₀)值较其它传感器更高,表明氮氧化物、硫化物、芳香类及有机硫化物等韭菜挥发性成分对传感器较灵敏,是韭菜的特征性风味物质^[18]。王姝苇等^[19]通过 GC-MS 分析,鉴定出韭菜中香气活性化合物共 25 种,其中反甲基丙烯基二硫醚、甲基烯丙基二硫醚、二甲基三硫醚、二烯丙基二硫醚和反-1-烯丙基-2-丙烯基二硫醚这些物质多为葱蒜等的辛辣味。

由图 1 可知,韭菜碎初始值轮廓最大,这表明

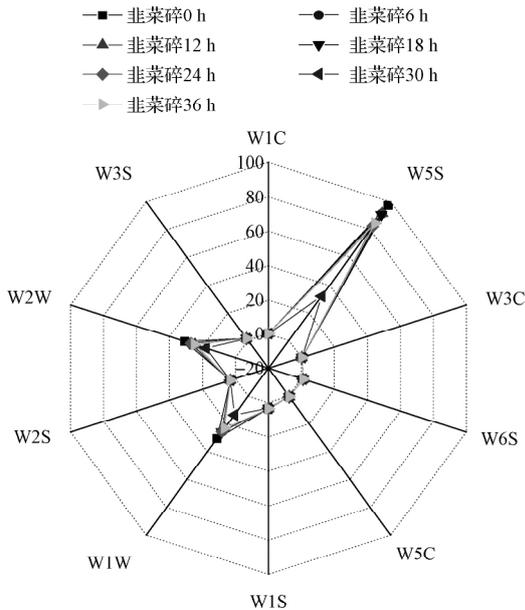


图 1 韭菜碎存贮期间风味成分的雷达图
Fig. 1 Radar chart of flavor components during storage of fresh-cut chives

韭菜切碎后,风味即刻发生改变,随着贮藏时间的延长,雷达图的外形轮廓和面积也在逐渐发生变化,说明韭菜碎挥发性物质的组成发生了变化^[17]。

图 1 和图 2 的雷达图谱具有相似的变化趋势和形状,说明韭菜碎和完整韭菜挥发性物质的组成及其随贮藏时间的变化情况相似,主体风味成分相近;但也存在一定差异,主要体现在 2、7 号和 9 号传感器上,说明不同处理韭菜氮氧化物、硫化物、芳香类及有机硫化物的变化情况存在较大差别,可以利用电子鼻进行检测。

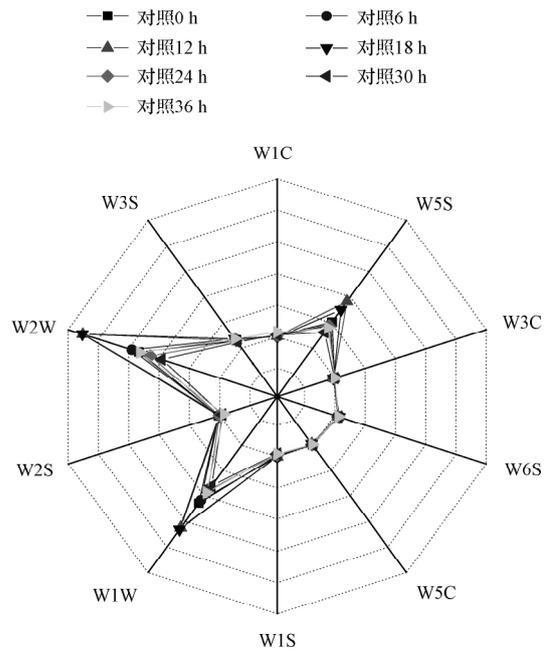


图 2 完整韭菜存贮期间风味成分的雷达图
Fig. 2 Radar chart of flavor components during storage of chives

由图 3 可知,随着贮藏时间的延长,韭菜碎和完整韭菜的感官品质均呈下降趋势,18 h 之内韭菜碎的感官品质综合评分在 7 分以上,感官品质综合评分与完整韭菜相比没有显著区别,消费者可接受。18 h 后,韭菜碎的感官品质综合评分始终显著低于完整韭菜(P<0.001)。说明,鲜切导致韭菜感官品质在 18 h 后开始急速下降,24 h 韭菜碎的感官评分小于 5,已经无法销售和食用。

腐烂率是叶菜类蔬菜的重要外观指标^[8]。由图 4 可知,韭菜碎 24 h 开始出现腐烂现象,腐

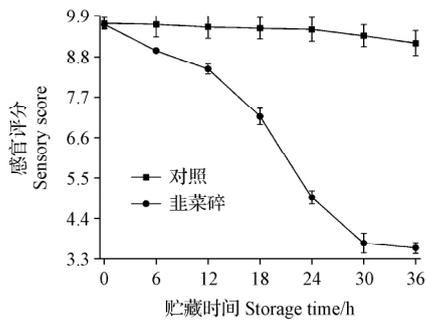


图3 鲜切韭菜碎存贮期间的综合感官评价
Fig. 3 Comprehensive sensory evaluation of fresh-cut chives during storage

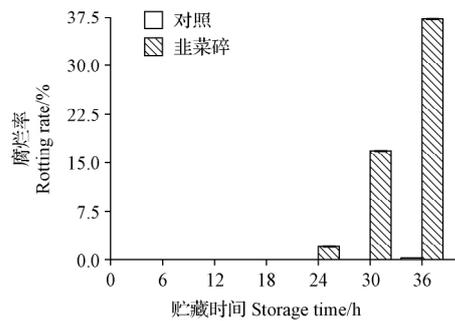


图4 鲜切韭菜碎存贮期间腐烂率

Fig. 4 Rot rate of fresh-cut chives during storage

烂率为2%，30 h后处理组腐烂程度加重，与24 h相比差异显著($P < 0.01$)。而完整韭菜36 h开始出现腐烂现象，且腐烂率低于0.5%，显著低于处理组($P < 0.01$)，说明随着时间延长，切碎会导致韭菜腐烂程度显著增强。数据相关性分析发现，切碎、贮藏时间以及切碎和贮藏时间的相互作用都对韭菜感官品质和腐烂率有极显著影响($P < 0.001$)，因此建议最佳食用期为12 h内。

2.2 鲜切韭菜碎营养成分的变化

叶绿素、维生素C、酚类和黄酮是韭菜营养物质变化的评价指标^[8,20]。由图5可知，12 h以内，完整韭菜和韭菜碎的叶绿素含量随时间的延长而增加，贮藏12 h后迅速下降，且处理组的下降速度极显著高于对照组($P < 0.001$)，完整韭菜24 h叶绿素含量下降了2.15%，韭菜碎则下降了18.13%。可见，切碎加速了贮藏后期韭菜叶绿素含量的损失。数据相关性分析发现，切碎、贮藏时间以及切碎和贮藏时间的相互作用都对韭菜叶绿

素含量变化有极显著影响($P < 0.001$)。这与TSOUVALTZIS等^[21]的研究结果类似，储存温度、时间和切割长度对鲜切韭菜(*Allium porrum* L.)的颜色变化均有显著影响，低温能有效控制鲜切韭菜的变色，从消费者可接受的角度考虑，应该最小程度的加工韭菜。

由图5可知，贮藏过程中，总酚、维生素C和类黄酮这3种营养物质含量均呈波动变化趋势。韭菜碎在贮藏18 h时总酚含量达到最高，随后迅速下降。18 h内，韭菜碎总酚含量始终极显著高于完整韭菜($P < 0.001$)，18 h后，韭菜碎的总酚含量又始终极显著低于完整韭菜($P < 0.001$)。可见，贮藏初期，切碎导致韭菜总酚含量有短暂增加现象，而后期，会导致总酚含量急速下降。6 h时，完整韭菜维生素C和类黄酮含量均达到最高，12 h时，韭菜碎维生素C和类黄酮含量达到最大值；6 h后，韭菜碎的维生素C和类黄酮含量始终极显著低于完整韭菜($P < 0.001$)，说明切碎加速韭菜营养物质维生素C和类黄酮的流失。

切分大小也是影响鲜切果蔬品质的重要因素之一，切分越细小，对果蔬组织细胞的破坏越大，营养物质损失越多^[22]。当果蔬受到机械损伤后会产生大量活性氧，加快其衰老，严重影响其生理品质，植物体内的活性氧含量受活性氧的生成速率和抗氧化物质的清除能力的影响^[23]。其中，维生素C、多酚类化合物是果蔬中主要的抗氧化物质^[24]，鲜切果蔬的加工工艺和贮藏条件不同，会导致果蔬在贮藏期间抗氧化物质含量有所差异，而贮藏温度就是其中一个重要的因素。研究表明，低温、涂膜包装以及气调贮藏等均可使鲜切果蔬中的抗氧化物质含量增加^[25]。

2.3 鲜切韭菜碎抗氧化指标的变化

由图6可知，韭菜切碎后，POD、CAT和APX活性立刻增强，并且12 h内变化不稳定，POD活性缓慢增强，APX和CAT活性下降，12 h后变化趋于稳定。说明切碎后12 h内鲜切韭菜首先出现了应激反应。整个贮藏期间，韭菜碎和完整韭菜的POD活性呈现整体上升趋势，6~24 h贮藏期内韭菜碎的POD活性高于对照组，且在24 h时差异极显著($P < 0.001$)，说明，切碎和贮藏时间都会导致韭菜POD活性增强。处理组CAT和APX活性变化整体呈下降趋势，而

对照则呈波动上升趋势,6 h 后完整韭菜 CAT 和 APX 活性始终显著高于韭菜碎 ($P < 0.001$),

说明切碎导致韭菜 CAT 和 APX 活性显著下降,而贮藏时间会导致 CAT 和 APX 活性增强。

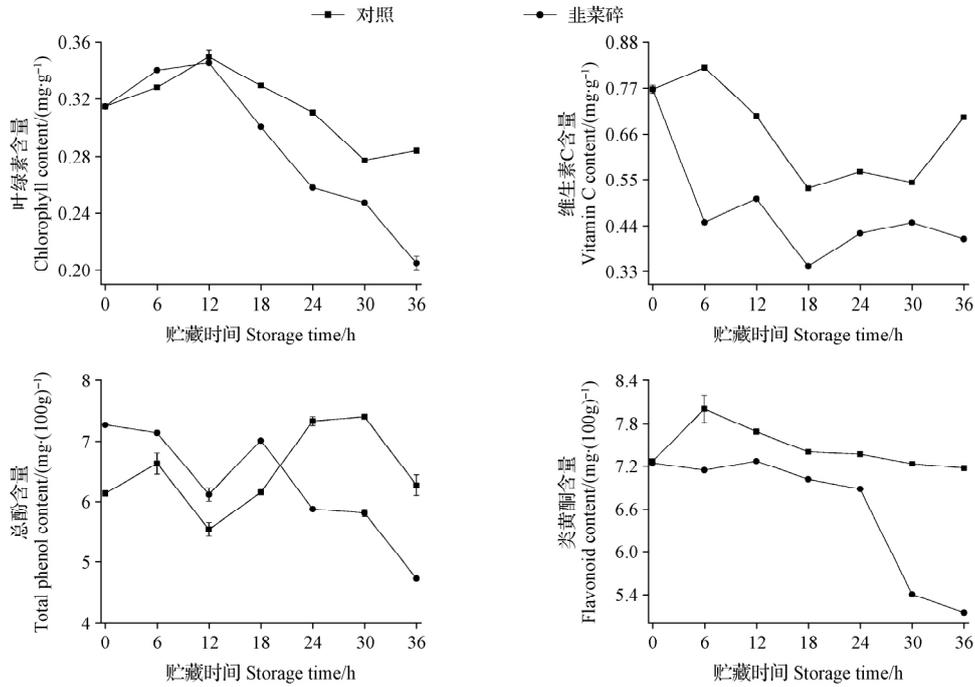


图 5 鲜切韭菜贮藏期间叶绿素、维生素 C、总酚和类黄酮含量的变化

Fig. 5 Changes of chlorophyll, vitamin C, total phenol and flavonoid content of fresh-cut chives during storage

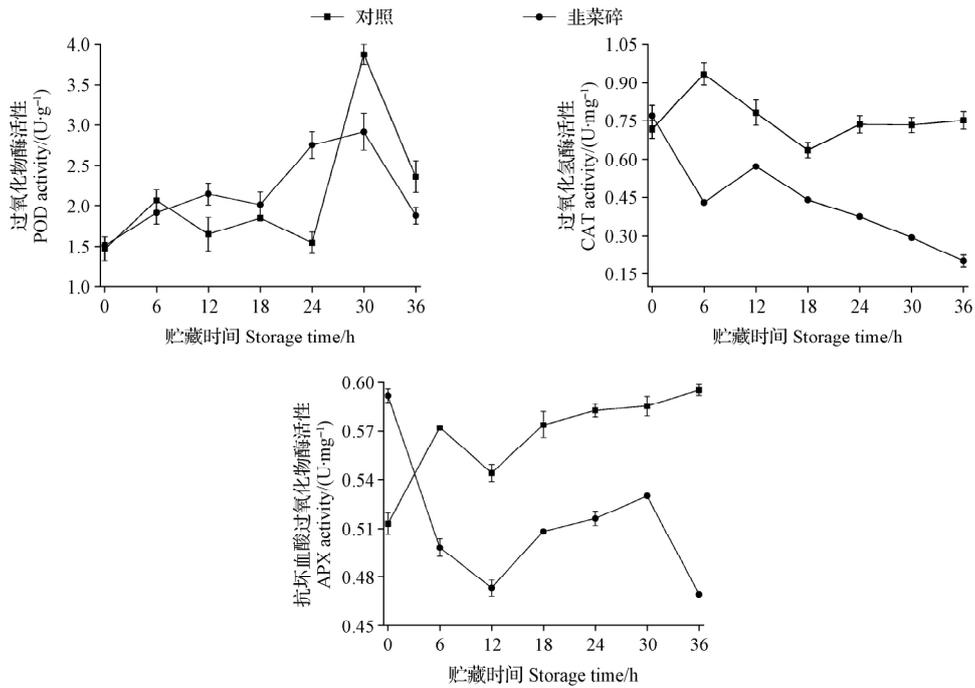


图 6 鲜切韭菜贮藏期间过氧化物酶、过氧化氢酶和抗坏血酸过氧化物酶活性的变化

Fig. 6 Changes of POD, CAT and APX activities of fresh-cut chives during storage

鲜切会诱导果蔬伤害信号的产生和转导,启动植物体的防御系统,激活一系列抗氧化酶,清除活性氧,减轻伤害^[26]。能够有效清除自由基的抗氧化酶包括 POD、CAT 和 APX 等^[27]。不同抗氧化酶的底物、条件以及作用存在差异,CAT 可将 H_2O_2 转化为 H_2O ^[28]。APX 催化抗坏血酸氧化为单脱氢抗坏血酸,同时将 H_2O_2 还原成 H_2O ,达到清除 H_2O_2 自由基的目的^[29],POD 在类黄酮存在下,也可以催化 H_2O_2 所依赖的类黄酮的氧化过程,进而清除 H_2O_2 ^[30]。由图 7 可知,12 h 后,MDA 含量急剧上升,POD 和 APX 活性显著增强,由于 POD 同时催化产生各类自由基产物,会加剧膜脂质的过氧化,促进采后果蔬组织衰老^[31],因此推测韭菜碎贮藏后期,APX 和 POD 的协同作用会加剧衰老的进程。

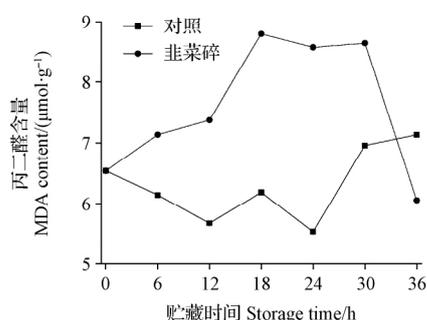


图 7 鲜切韭菜贮藏期间丙二醛的变化

Fig. 7 Changes of MDA of fresh-cut chives during storage

丙二醛是膜脂过氧化作用的产物,能直接反映膜受损程度^[32]。由图 7 可知,30 h 内韭菜碎 MDA 含量整体呈现上升趋势,且含量始终显著高于完整韭菜($P < 0.001$),说明切碎导致韭菜 MDA 含量显著增加。数据相关性分析发现,切碎、贮藏时间以及切碎和贮藏时间的相互作用都对 MDA 含量变化有极显著影响($P < 0.001$)。有研究结果与之相似,鲜切油桃中的 MDA 含量随贮藏时间的延长而逐渐增加^[33];18 °C 贮藏的鲜切石榴中的 MDA 含量急剧增加,而 4 °C 时 MDA 含量则保持相对稳定^[34]。果蔬鲜切后,组织内 MDA 含量的急剧增加导致细胞膜渗漏,使酚类和酶充分接触,引发 POD 等相关酶活性发生变化,从而扰乱正常的生理代谢,加速鲜切果蔬的衰老进程^[35]。

3 结论

韭菜切碎后,风味即刻发生了改变,电子鼻能够区分不同处理韭菜(是否鲜切)贮藏风味的变化。家庭贮藏条件下(温度 $(28 \pm 1)^\circ\text{C}$,相对湿度 $50\% \pm 5\%$),韭菜切碎后感官品质迅速下降,24 h 腐烂出现,但是 12 h 内感官评分在 7.7 分以上,未出现腐烂现象,因此根据外观品质判断,12 h 内能保证消费者食用满意。进一步验证主要营养成分变化发现,12 h 是韭菜碎质变的一个转折点,前 12 h 叶绿素和类黄酮有所增加,维生素 C 和总酚含量呈现波动变化,主要营养成分和抗氧化相关指标的变化还只是应激反应;12 h 后 MDA 含量急剧上升,POD 和 APX 活性显著增强,品质下降严重,因此,建议最佳食用期为 0~12 h。

参考文献

- [1] 刘建涛,赵利,苏伟,等. 韭菜中生物活性成分及其分子生物学的研究进展[J]. 食品科技,2006(8):67-70.
- [2] 张明,吕爱琴,陈中府,等. 我国韭菜资源研究现状和种质创新研究建议[J]. 植物遗传资源学报,2016,17(3):503-506,516.
- [3] 李文杰. 一种韭菜复合果蔬饮料的制备及其风味物质研究[D]. 武汉:武汉轻工大学,2016.
- [4] TORRI L, SINELLI N, LIMBO S. Shelf life evaluation of fresh-cut pineapple by using an electronic nose[J]. Postharvest Biology and Technology,2010,56(3):239-245.
- [5] 朱丹实,吕佳煜,赵丽红,等. 基于电子鼻技术研究保鲜方法对鲜切菠萝贮藏品质的影响[J]. 食品工业科技,2015,36(12):324-327,336.
- [6] 侯田莹,王福东,吴雪阳,等. 脱水对鲜切黄瓜贮藏品质的影响[J]. 保鲜与加工,2019,19(1):19-24.
- [7] 王瑞琪,时月,马越,等. 货架陈列期间光照处理对鲜切芹菜叶品质的影响[J]. 食品工业科技,2019,40(22):282-287.
- [8] 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(20):315-319.
- [9] ANSAH F A, AMODIO M L, COLELLI G. Quality of fresh-cut products as affected by harvest and postharvest operations[J]. Journal of the Science of Food and Agriculture,2018,98(1):3614-3626.
- [10] 张晓鸣. 食品感官评定[M]. 北京:中国轻工业出版社,2008.
- [11] NATH A, BAGCHI B, MISRA L K, et al. Changes in post-harvest phytochemical qualities of broccoli florets during ambient and refrigerated storage[J]. Food Chemistry,2011,127(4):1510-1514.
- [12] 赵晓梅,江英,吴玉鹏,等. 果蔬中 VC 含量测定方法的研究

- [J]. 食品科学, 2006(3):197-199.
- [13] 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.
- [14] 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.
- [15] 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.
- [16] JIN P, ZHU H, WANG L, et al. Oxalic acid alleviates chilling injury in peach fruit by regulating energy metabolism and fatty acid content[J]. Food Chemistry, 2014, 161: 87-93.
- [17] 纪淑娟, 张丽萍, 卜庆状, 等. 基于电子鼻技术对冷藏后南果梨货架期间气味的变化分析[J]. 食品科学, 2012, 33(7): 123-126.
- [18] ABBEY L, AKED J, JOYCE D. Discrimination amongst alliums using an electronic nose[J]. Annals of Applied Biology, 2001, 139(3): 337-342.
- [19] 王妹苇, 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.
- [20] 李娇洋, 杨帆, 包斌. 叶类蔬菜贮藏中品质变化评价指标及其分析方法的研究进展[J]. 食品工业科技, 2018, 39(15): 334-340.
- [21] 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.
- [22] 杨炳南, 刘斌, 杨延辰, 等. 国内外果蔬鲜切加工及保鲜技术研究现状[J]. 农产品加工(学刊), 2011(10): 36-40.
- [23] HODGES M. Overview: Oxidative stress and postharvest produce[M]. New York: Food Products Press, 2003.
- [24] 申琳, 生吉萍, 罗云波. 运输中的机械损伤对贮藏初期苹果活性氧代谢的影响[J]. 中国农业大学学报, 1999, 1(5): 107-110.
- [25] 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.
- [26] 吴顺, 萧浪涛. 植物体内活性氧代谢及其信号传导[J]. 湖南农业大学学报(自然科学版), 2003, 29(5): 450-456.
- [27] HUANG R H, XIA R X, HU L M, et al. Antioxidant activity and oxygen-scavenging system in orange pulp during fruit ripening and maturation[J]. Scientia Horticulturae, 2007, 113(2): 166-172.
- [28] HO-MIN K, SALTVEIT M E. Activity of enzymatic antioxidant defense systems in chilled and heat shocked cucumber seedling radicles[J]. Physiologia Plantarum, 2010, 113(4): 548-556.
- [29] ZUSHI K, MATSUZOE N, KITANO M. Developmental and tissue specific changes in oxidative parameters and antioxidant systems in tomato fruits grown under salt stress[J]. Scientia Horticulturae, 2009, 122: 362-368.
- [30] OLUSOLA L. Fresh-cut fruits and vegetables: science, technology and market[M]. Boca Raton: CRC Press, 2002.
- [31] ALEGRIA C, PINHEIRO J, GONÇALVES E M, et al. Evaluation of a pre-cut heat treatment as an alternative to chlorine in minimally processed shredded carrot[J]. Innovative Food Science and Emerging Technologies, 2010, 11(1): 155-161.
- [32] IMAHORI Y, TAKEMURA M, BAI J. Chilling-induced oxidative stress and antioxidant responses in mume (*Prunus mume*) fruit during low temperature storage[J]. Postharvest Biology and Technology, 2008, 49: 54-60.
- [33] 姜爱丽, 马艳, 胡文忠, 等. 切割伤害对油桃果实后熟软化及乙烯合成的影响[J]. 食品科学, 2010, 31(2): 264-268.
- [34] 申琳, 王茜, 陈海荣, 等. 低温贮藏对鲜切石榴籽粒品质及活性氧代谢的影响[J]. 中国农业科学, 2008, 41(12): 4336-4340.
- [35] 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.

Study on the Quality Change of Fresh-cut Chinese Chives (*Allium tuberosum* Rottler. ex Spreng.)

JIA Li¹, MA Yue¹, WANG Dan¹, JI Yanhai², XIE Long², ZHAO Xiaoyan¹

(1. Vegetable Research Center, Beijing Academy of Agriculture and Forestry Sciences/Beijing Key Laboratory of Agricultural Products of Fruits and Vegetables Preservation and Processing/Key Laboratory of Vegetable Postpartum Treatment, Ministry of Agriculture and Rural Affairs, Beijing 100097; 2. Vegetable Research Center, Beijing Academy of Agriculture and Forestry Sciences/Key Laboratory of Urban Agriculture (North China), Ministry of Agriculture and Rural Affairs, Beijing 100097)

Abstract: Using fresh '791' chives as the test material, combined with electronic nose technology, the fresh-cut chives was placed in a household storage environment, the flavor and quality changes of fresh-cut chives were studied, which provided a theoretical basis for the storage, transportation and preservation of fresh-cut chives. The results showed that the flavor of the chives changed immediately after chopped, the sensory quality gradually decreased with the extension of storage time, and rot appeared after 24 hours. The contents of main nutrients, chlorophyll, vitamin C, total phenol, and

doi:10.11937/bfyy.20194897

闹羊花 ISSR-PCR 反应体系建立及优化

覃芳¹, 史艳财², 邹蓉², 唐健民², 蒋运生², 熊忠臣²

(1. 广西师范大学 生命科学学院, 广西 桂林 541006; 2. 广西壮族自治区中国科学院 广西植物研究所, 广西 桂林 541006)

摘要:以闹羊花的叶片为试材,采用正交实验和单因素试验 2 种方法对闹羊花 ISSR-PCR 反应体系的主要影响因子(*Taq* DNA 聚合酶、dNTPs、模板 DNA、引物、 Mg^{2+} 以及反应程序)进行了优化组合。以期为深入开展闹羊花种质资源遗传多样性的研究提供参考依据。结果表明:闹羊花 ISSR-PCR 反应体系中各组分的 *Taq* DNA 聚合酶用量为 2.5 U, 引物浓度为 $0.2 \mu\text{mol} \cdot \text{L}^{-1}$, Mg^{2+} 浓度为 $1.0 \text{mmol} \cdot \text{L}^{-1}$, dNTPs 浓度为 $0.4 \text{mmol} \cdot \text{L}^{-1}$, 模板 DNA 浓度为 60 ng, $10 \times \text{Buffer}$ 为 $2 \mu\text{L}$, 以纯水补足反应总体积至 $20 \mu\text{L}$ 。扩增程序为 $94 \text{ }^\circ\text{C}$ 条件下预变性 5 min; $94 \text{ }^\circ\text{C}$ 条件下变性 30 s, $49.6 \text{ }^\circ\text{C}$ 条件下退火 30 s, $72 \text{ }^\circ\text{C}$ 条件下延伸 30 s, 以上 3 个步骤循环 45 次, 最后 $72 \text{ }^\circ\text{C}$ 延伸 5 min。

关键词:闹羊花; ISSR-PCR 反应体系; 正交实验; 单因素试验

中图分类号: Q 943 文献标识码: A 文章编号: 1001-0009(2020)21-0096-07

闹羊花 (*Rhododendron molle* (Blume) G. Don) 属杜鹃花科杜鹃属植物, 又被称为羊不食草、黄杜鹃、羊躑躅等, 多生长在海拔 1 000 m 的山坡草地或丘陵地带的灌丛或山脊杂木林下, 分

布于我国长江流域至南部的湖北、湖南、广西、广东以及贵州等地^[1]。闹羊花可治疗风湿性关节炎、跌打损伤等症, 近年来在医药工业上用作麻醉剂、镇痛药; 闹羊花植株的提取物对于昆虫具有一定的毒杀作用, 是一种天然的杀虫剂^[2-3]。目前, 对闹羊花的研究主要集中在药理作用^[4]、化学成分^[5]、生物学特征^[6]。由于开荒等人为因素的干扰, 闹羊花的生存环境遭到极大的破坏^[7]。因此, 对闹羊花种质资源遗传多样性进行研究极为迫切。

简单重复序列间扩增技术 (inter simple sequence repeat, ISSR) 依据基因组中简单重复序列设计引物, 具备了 RAPD 等技术的优点, 包含了基因组中丰富的 SSR 序列信息, 还具有操作简

第一作者简介: 覃芳 (1995-), 女, 硕士研究生, 研究方向为药用植物良种选育及栽培。E-mail: 14796246369@163.com.

责任作者: 史艳财 (1984-), 男, 博士, 副研究员, 现主要从事药用植物良种选育及栽培技术等研究工作。E-mail: shiyancainan@163.com.

基金项目: 2019 年广东省科技专项资金资助项目 (2019B020201); 广西植物研究所基本业务费资助项目 (19004)。

收稿日期: 2019-12-27

flavonoids all declined at different degrees with time extended. Since the catalase (CAT) enzyme and ascorbate peroxidase (APX) enzyme activities caused by the cutting damage showed a downward trend throughout the storage period, while the peroxidase (POD) enzyme activity enhanced. Comprehensive analysis suggests that the synergistic effect of APX and POD can exacerbate the process of aging and induce a large accumulation of MDA in chives tissue. The comprehensive quality of fresh-cut chives will decline after 12 hours' storage, and it is recommended that the optimal period for eating is 0-12 hours.

Keywords: fresh-cut, chives, quality