

# 1-MCP 处理对鲜切鼠尾草品质的影响

张超<sup>1</sup>, 李云飞<sup>1,2</sup>, 马越<sup>1</sup>, 赵晓燕<sup>1,\*</sup>

(1.北京市农林科学院蔬菜研究中心、果蔬农产品保鲜与加工北京市重点实验室、农业部华北地区园艺作物生物学与种质创制重点实验室、农业部都市农业(北方)重点实验室,北京 100097;  
2.河北工程大学农学院,河北邯郸 056001)

**摘要:**研究 1-MCP 处理对鲜切鼠尾草品质的影响。结果显示使用浓度为 1 mg/dm<sup>3</sup> 的 1-MCP 处理 24 h,可以有效维持鲜切鼠尾草中叶绿素含量,降低叶片表面变黄程度和出现小黑点的几率。GC-MS 分析显示新鲜鼠尾草中检出 19 种挥发性物质,含量合计 233.2 μg/g,其中 α-蒎烯、2-茨酮、樟脑萜、桉树醇、β-蒎烯和 β-侧柏酮是鼠尾草挥发性物质的主要成分;1-MCP 处理后检出 21 种物质,含量合计 382.3 μg/g,与新鲜鼠尾草的风味最相似。因此,1-MCP 处理提高了鲜切鼠尾草的品质。

**关键词:**鲜切,鼠尾草,1-MCP,风味,电子鼻,2-茨酮

## Effect of 1-MCP treatment on quality of fresh-cut sage

ZHANG Chao<sup>1</sup>, LI Yun-fei<sup>1,2</sup>, MA Yue<sup>1</sup>, ZHAO Xiao-yan<sup>1,\*</sup>

(1.Beijing Vegetable Research Center, Beijing Academy of Agriculture and Forestry Sciences; Beijing Key Laboratory of Fruits and Vegetable Storage and Processing; Key Laboratory of Biology and Genetic Improvement of Horticultural Crops(North China), Ministry of Agriculture; Key Laboratory of Urban Agriculture(North), Ministry of Agriculture, Beijing 100097, China;  
2.College of agriculture, Engineering University of Hebei, Handan 056001, China)

**Abstract:** The effect of 1-MCP treatment on quality of fresh-cut sage was evaluated. The 1-MCP treatment of 1 mg/dm<sup>3</sup> for 24 h hold the chlorophyll content effectively, and avoided the browning and formation of the black spots on the surface of the sage leaves. The GC-MS analysis showed that total 19 volatile compounds were detected in the fresh sage that was 233.2 μg/g. The α-pinene, 2-camphor, camphene, cineole, β-pinene and β-thujone were the main components of the fresh sage. The sage after the 1-MCP treatment presented 21 volatile compounds, which was 382.3 μg/g. Remarkably, the flavor of the 1-MCP treated fresh-cut sage was similar to that of the fresh sage. Hence, the 1-MCP treatment enhanced the quality of the fresh-cut sage.

**Key words:** fresh cut; sage; 1-MCP; flavor; electric nose; 2-camphor

中图分类号: TS255.1

文献标识码: A

文章编号: 1002-0306(2015)23-0320-05

doi: 10.13386/j.issn1002-0306.2015.23.058

鼠尾草(*Salvia japonica* L.)属于唇形科鼠尾草属,主要生长于热带和温带地区,在我国已经发现 78 种<sup>[1]</sup>。鼠尾草不仅具有观赏价值,还具有排脓生肌和活血调经、活血祛瘀、安神宁心、排脓止痛等功效<sup>[2]</sup>。

鲜切鼠尾草是将新鲜鼠尾草经过清洗、切分、消毒和包装等工艺处理后,供消费者直接食用的一种产品形式,主要用于满足于大都市营养配餐或西式餐饮店的需求。在鲜切处理过程中,原料受到切割、挤压等伤害,会引起产品呼吸和代谢速率提高,货架期缩短等现象<sup>[3-4]</sup>。1-MCP(1-methylcyclopropene, 1-甲基环丙烯)是一种乙烯受体抑制剂,可以阻断乙烯与受体蛋白的结合,减缓果蔬代谢速率,延长果蔬货架期<sup>[5]</sup>。目前 1-MCP 处理已经延长草莓<sup>[6]</sup>、西

瓜<sup>[6]</sup>、西兰花<sup>[7]</sup>和西红柿<sup>[8]</sup>等产品货架期。但是,1-MCP 处理在鲜切鼠尾草的应用还未见报道。因此,本文研究 1-MCP 处理对鲜切鼠尾草品质的影响,考察 1-MCP 处理对鲜切鼠尾草中菌落总数、叶绿素含量、挥发性物质组成的影响,为鲜切鼠尾草加工技术提供理论支持。

## 1 材料与方法

### 1.1 材料与仪器

鼠尾草 北京蔬菜研究中心通州农场采收。

1-MCP 保鲜剂 上海鲜达生物科技有限公司;  
无水乙醚、正戊烷(分析纯) 北京化学试剂公司;  
10% 次氯酸钠溶液 北京中远华盾科贸有限公司;

收稿日期:2015-05-13

作者简介:张超(1978-),男,博士,副研究员,主要从事农产品深加工的研究,E-mail:zhangchao@nrcv.org。

\*通讯作者:赵晓燕(1969-),女,博士,研究方向:果蔬新技术及新产品的开发,E-mail:zhaoxiaoyan@nrcv.org。

基金项目:现代农业产业技术体系建设专项资金(CARS-26-22 & CARS-25);北京市农林科学院科技创新能力建设专项新学科培养,KJCX20140204。

内标物 2-甲基-3-庚酮 东莞市乔科化学有限公司;高纯氮气(99.9%) 北京南飞工贸有限公司;妙洁加厚密实袋 托普(中国)企业集团。

PEN2 电子鼻 德国 Airsense 公司;岛津 UV-1800 分光光度计 日本岛津公司;Tekmar Atomx 型吹扫捕集仪(5.0 mL 吹扫管自动进样) 美国安普科技中心;7890A-7000 型气质联机配有 EI 离子源和 NIST2.0 数据处理系统 美国 Agilent 公司;DB-WAX 型毛细管柱 30 m × 0.25 mm, 0.25 μm 美国 J&M 有限公司;30 mL 萃取瓶 北京玻璃仪器厂;蔬菜旋转脱水机 北京元亨蔬菜食品机械厂;风幕冷柜 北京二商福岛制冷设备厂。

## 1.2 实验分组

鼠尾草采收后迅速置于 4 ℃ 冷库预冷 24 h, 手工去除烂叶和木质化的茎, 在每片叶子叶柄 1~2 cm 处切割, 获得鲜切鼠尾草。然后, 分别按照下列方式处理。

去离子水处理: 使用无菌去离子水漂洗鲜切鼠尾草 2 遍, 每次 5 min, 680 r/min 脱水 1 min, 装入 20 cm × 18 cm 的加厚密实袋中, 每袋 15 g; 次氯酸钠处理: 使用浓度为 100 mg/L 的次氯酸钠溶液清洗鲜切鼠尾草 5 min, 再使用无菌去离子水漂洗 5 min, 680 r/min 脱水 1 min, 装入 20 cm × 18 cm 的加厚密实袋中, 每袋 15 g; 1-MCP 处理: 使用 1 mg/dm<sup>3</sup> 的 1-MCP 在 4 ℃ 环境中熏蒸鲜切鼠尾草 24 h, 再使用浓度为 1 × 10<sup>-4</sup> mg/L 的次氯酸钠溶液清洗 5 min, 再使用无菌去离子水漂洗 5 min, 680 r/min 脱水 1 min, 装入 20 cm × 18 cm 的加厚密实袋中, 每袋 15 g。

完成上述处理后, 鲜切鼠尾草置于 4 ℃ 冷柜中贮藏, 定期测定产品品质。

## 1.3 叶绿素含量检测

根据 GB/T 22182-2008 测定方法, 用石油醚提取样品中叶绿素, 搅拌提取 1 h, 用分光光度计测定 625、665 和 705 nm 的吸光值, 并按照下列公式计算。

$$C = \frac{K \times A_{\text{corr}} \times V}{m \times L}$$

式中:  $K$ -常数, 等于 13;  $A_{\text{corr}}$ -修正吸光度,  $A_{\text{corr}} = A_{665} - \frac{A_{705} + A_{625}}{2}$ ;  $V$ -萃取液体积, 单位为毫升, mL;  $m$ -试样的质量, 单位为克, g;  $L$ -比色皿的光径, 单位为毫米, mm。

## 1.4 风味变化的定性分析

样品风味的变化使用电子鼻进行评价。打开电子鼻设备电源, 预热 30 min, 将样品剪至 2 cm 左右条状装入 30 mL 的气质小瓶内, 将电子鼻传感器插入瓶内采集数据, 采样时间 60 s, 传感器洗脱时间 180 s。以传感器第 48~52 s 数据为对象, 进行主成分分析 (PCA) 分析, 每个样品采集 3 次。

## 1.5 挥发性物质的定量分析

样品中挥发性物质组成采用 GC-MS 方法定量分析, 研究以内标物 2-甲基-3-庚酮 (0.816 μg/mL) 作为内标, 根据峰面积计算风味物质的含量。样品风味物质使用吹扫捕集法收集: 以高纯氮气

(99.9%) 为吹扫气, 吹扫流速为 40 mL/min, 吹扫时间为 11 min, 解吸温度为 250 ℃, 解吸时间为 2 min, 解吸流速为 300 mL/min, 解吸后捕集阱在 280 ℃ 保温 2 min。

GC 的条件: DB-WAX 毛细管柱 (30 m × 0.25 mm, 0.25 μm), 程序升温: 在 40 ℃ 保持 3 min, 以 5 ℃/min 升温到 200 ℃, 保持 0 min, 再以 10 ℃/min 升温到 230 ℃, 保持 3 min。载气 (He) 恒定流速为 1.2 mL/min, 进样口温度 250 ℃, 压力 14.87 Pa, 分流比 10:1。MS 的条件: EI 离子源, 电子能量 70 eV, 传输线温度 280 ℃, 离子源温度为 230 ℃, 四极杆温度为 150 ℃, 质量扫描范围  $m/z$  55~500。

## 1.6 菌落总数的测定方法

菌落总数测定按照 GB/T4789.2-2008《食品卫生微生物学检验: 菌落总数测定》。

## 1.7 统计分析

实验重复 3 次, 结果以 3 次实验结果的 (平均值 ± 标准偏差) 表示。使用 Origin8.0 绘制图像; 使用 SAS9.1.3 (美国 SAS 公司) 对数据进行统计分析, Duncan 检验进行多重比较, 显著性水平为  $p < 0.05$ 。

## 2 结果与分析

### 2.1 1-MCP 处理对鲜切鼠尾草贮藏期菌落总数影响

图 1 显示 1-MCP 处理对鲜切鼠尾草菌落总数的影响。在第 0 d, 次氯酸钠和 1-MCP 处理组菌落总数低于 2.0 logCFU/g, 未检出具体的数值, 标记为 0 logCFU/g。在贮藏过程中, 去离子水处理组的菌落总数显著高于次氯酸钠和 1-MCP 处理组, 而次氯酸钠处理与 1-MCP 处理的菌落总数基本一致。原因在于次氯酸钠处理是减少产品中微生物数量的有效方法<sup>[9]</sup>, 而 1-MCP 只是乙烯受体抑制剂, 主要与由乙烯诱导的后熟等一系列生理反应相关<sup>[10]</sup>, 与微生物数量没有必然的联系。

鉴于在贮藏期第 9 d, 去离子水处理组的菌落总数高于 6.0 logCFU/g, 产品品质变化越来越受到微生物代谢的影响。后续讨论主要比较贮藏期第 6 d 鲜切鼠尾草的品质。

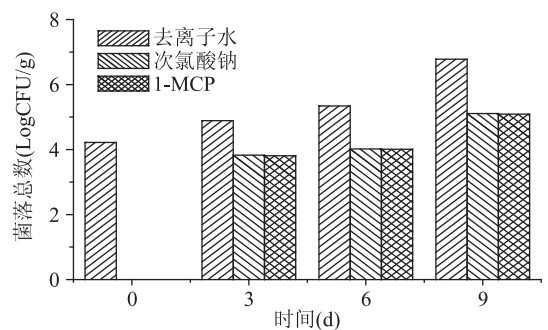


图 1 1-MCP 处理对鲜切鼠尾草菌落总数的影响

Fig.1 Effect of 1-MCP treatment on the total microflora content of fresh-cut sage

### 2.2 1-MCP 处理对鲜切鼠尾草外观的影响

图 2 比较新鲜鼠尾草与贮藏第 6 d 鼠尾草的外观。与新鲜鼠尾草相比, 去离子水处理使叶片表面

发黄,叶片萎焉;次氯酸钠处理使叶片发黄,叶片表面出现许多小黑点;而1-MCP处理后鼠尾草外观与新鲜鼠尾草外观更加接近,小黑点的数量低于次氯酸钠处理组。

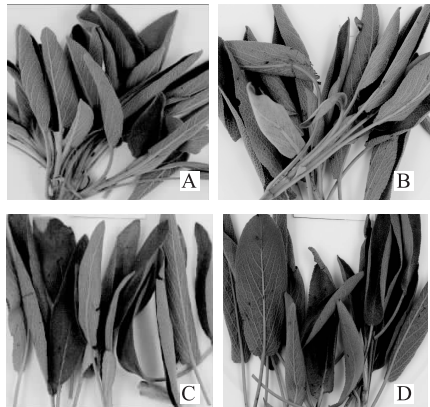


图2 1-MCP处理对鲜切鼠尾草外观的影响

Fig.2 Effect of 1-MCP treatment on the surface of fresh-cut sage

注:A-新鲜鼠尾草,B-去离子水处理, C-次氯酸钠处理,D-1-MCP处理。

### 2.3 1-MCP处理对鲜切鼠尾草叶绿素含量的影响

1-MCP可以抑制乙烯和受体的结合,减缓果蔬的后熟过程,而叶绿素降解是果蔬后熟过程的现象之一。因而,在乙烯含量提高时,果蔬中叶绿素降解速率提高<sup>[11]</sup>,1-MCP抑制果蔬体内乙烯合成、从而抑制果蔬中叶绿素降解<sup>[12]</sup>,该现象在西兰花<sup>[13]</sup>和辣椒<sup>[14]</sup>中均获得验证。图3比较了在贮藏第6d,1-MCP处理对鲜切鼠尾草叶绿素含量的影响。在贮藏第6d,各处理组叶绿素含量均显著低于新鲜鼠尾草叶绿素含量;同时,1-MCP处理组叶绿素含量显著高于去离子水处理组,但与次氯酸钠处理组相似。该结论与前人研究结果不同的原因可能在于在6d的贮藏过程中,由后熟引起叶绿素含量降解不是贮藏过程中叶绿素含量降低的主要原因。

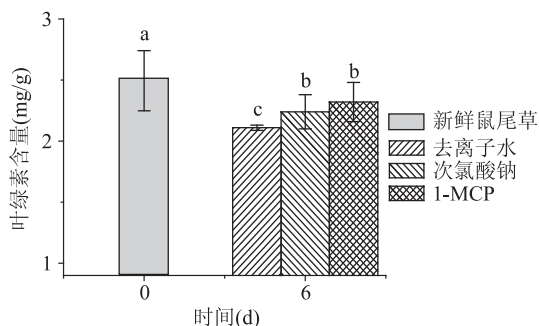


图3 1-MCP处理对鲜切鼠尾草叶绿素含量的影响

Fig.3 Effect of 1-MCP treatment on the chlorophyll content of fresh-cut sage

### 2.4 1-MCP对鲜切鼠尾草风味变化的影响

采用电子鼻比较1-MCP处理对鲜切鼠尾草风味的影响,电子鼻采用10组传感器定量表征各类风味物质丰度,并采用PCA分析来阐明影响样品风味的主要呈味物质,从而定性的表征样品之间是否具

有显著性差别。结果显示PCA分析获得的主成分1方差为88.31%、主成分2方差为11.32%,合计达到99.63%,主成分1和2可以有效反映鼠尾草的风味变化。图4显示新鲜鼠尾草与1-MCP处理组距离最近,而与次氯酸钠处理和去离子水处理组距离较远,该现象证明1-MCP处理与新鲜鼠尾草的风味最佳相似。因此,1-MCP处理对鲜切鼠尾草风味没有负面影响。

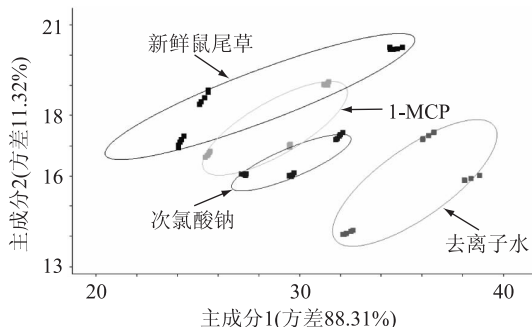


图4 1-MCP处理对鲜切鼠尾草风味的影响

Fig.4 Effect of 1-MCP treatment on the flavor of fresh-cut sage

### 2.5 1-MCP对鲜切鼠尾草挥发性物质组成的影响

研究使用GC-MS表征1-MCP对鲜切鼠尾草挥发性物质组成的影响,定量表征样品之间风味物质的差别。在贮藏第6d,去离子水处理组菌落总数高于5.0 logCFU/g,产生一些不良风味,已经失去商品价值,所以未进行GC-MS的检测。表1比较贮藏第6d次氯酸钠处理和1-MCP处理组与新鲜鼠尾草挥发性物质组成。新鲜鼠尾草中共检测出19种挥发性物质,合计达到233.2 μg/g,其中α-蒎烯、2-蒎酮、樟脑萜、桉树醇、β-蒎烯、β-侧柏酮的含量较高;次氯酸钠处理和1-MCP处理组分别检出18种和21种挥发性物质,合计分别达到156.6和382.3 μg/g。

与新鲜鼠尾草相比,次氯酸钠处理和1-MCP处理组中部分挥发性物质含量降低,比如:α-蒎烯的含量由61.6 μg/g降低至20.6和28.0 μg/g;β-蒎烯的含量由12.3 μg/g降低至4.11和5.07 μg/g。该现象的原因在于部分挥发性物质在6d贮藏过程中挥发,含量降低<sup>[15-16]</sup>。另一方面,次氯酸钠处理和1-MCP处理提高部分挥发性物质的含量,比如:α-石竹烯的含量由0.78 μg/g升高至7.67和10.4 μg/g;2-蒎酮的含量由52.6 μg/g升高至65.7和217.5 μg/g。其中含量增加最多的应该是2-蒎酮,2-蒎酮又称为樟脑,出现于樟科植物枝、干、叶及根等部位,具有刺激性的芳香味,应该是次氯酸钠处理和1-MCP处理后的主要呈香物质。出现部分物质含量增加的原因在于在贮藏过程中,部分物质在生理代谢过程中发生异构化、氧化和酯化等反应<sup>[17-20]</sup>,因而,类似于2-蒎酮等饱和度较高的酮类物质含量提高。

综合比较发现1-MCP处理后,α-蒎烯含量降低,而罗勒烯和对异丙基甲苯的含量在提高,已经有证据证明于α-蒎烯可以异构化形成罗勒烯<sup>[21]</sup>,可以合成对异丙基甲苯<sup>[22]</sup>;而桉树醇脑含量在上升主要

表1 1-MCP处理对鲜切鼠尾草挥发性物质组成的影响  
Table 1 Effect of 1-MCP treatment on the flavor compounds of fresh-cut sage

类别	化合物名称	香味特征	新鲜鼠尾草(μg/g)	次氯酸钠(μg/g)	1-MCP(μg/g)
烯类	α-蒎烯	松木、树脂气味	61.6	20.6	28.0
烯类	β-蒎烯	树脂和松脂香气	12.3	4.11	5.07
烯类	3-蒎烯	强烈的松木香气	0.21	0.18	0.75
烯类	α-石竹烯	柑橘香、樟脑香	0.78	7.67	10.4
烯类	罗勒烯	鲜花的清淡香气	/	/	0.58
烯类	右旋萜二烯	鲜花的清淡香气	11.8	4.11	5.65
烯类	α-萜品烯	柑橘和柠檬似香	1.72	0.91	2.68
烯类	萜品油烯	松木香,柑橘风味	/	/	1.79
烯类	4-萜烯醇	胡椒香、陈腐的木材气息	/	0.22	0.95
		小计	88.4	37.8	55.9
酮类	β-侧柏酮	类似薄荷醇味道	13.9	19.2	48.7
酮类	左旋香芹酮	葛缕子的香气	0.44	0.04	/
酮类	2-苘酮	有刺激性芳香味	52.6	65.7	217.5
		小计	66.9	85.0	266.2
醇类	桉树醇	樟脑香和清凉味	16.8	15.7	32.0
醇类	叶醇	浓草香味	3.53	/	/
醇类	蘑菇醇	蘑菇的特殊香气	/	/	0.41
醇类	芳樟醇	铃兰香气	0.45	0.44	/
醇类	2-茨醇	有似樟脑气味	0.65	1.86	0.5
醇类	二氢香芹醇	留兰香,有胡椒味	/	/	0.28
醇类	松油醇	具有丁香味	/	/	0.32
		小计	21.4	18.0	33.4
酯类	乙酸叶醇酯	呈强烈青草气味。	1.35	0.03	/
酯类	乙酸冰片酯	松叶香气,有甜味	0.76	0.86	1.81
		小计	2.11	0.89	1.81
其它	樟脑萜	樟脑的气味	36.1	13.5	17.8
其它	对异丙基甲苯	芳香气味	1.79	1.31	3.97
其它	2-己酰呋喃	甜香、果香、蜡香	15.01	0.18	0.39
其它	2-戊酰呋喃	/	1.5	/	/
其它	香芹酚	百里香酚的气味	/	/	2.82
		小计	54.4	15.0	25.0
		合计	233.2	156.6	382.3

原因可能是萜品油烯在增加,因为萜品油烯还原可以得到桉树脑<sup>[23]</sup>。

将挥发性组分按照烯类、酮类、醇类、酯类和其它进行分类,结果显示新鲜鼠尾草中烯类物质的含量最高,达到 88.4 μg/g,而次氯酸钠处理和 1-MCP 处理组均是酮类物质含量最高,分别达到 85.0 和 266.2 μg/g;酯类物质含量较低,在新鲜鼠尾草、次氯酸钠处理和 1-MCP 处理中含量分别为 2.11、0.89 和 1.81 μg/g。

### 3 结论

使用浓度为 1 mg/dm<sup>3</sup> 的 1-MCP 对鲜切鼠尾草熏蒸 24 h,可以有效维持其叶绿素含量,避免鼠尾草叶片变黄、出现小黑点;挥发性物质组成结果显示 α-蒎烯、2-苘酮、樟脑萜、桉树醇、β-蒎烯、β-侧柏酮等是鼠尾草中挥发性物质的主要成分,1-MCP 处理获得的鲜切鼠尾草与新鲜鼠尾草风味最相似。因此,1-MCP 处理可以应用于鲜切鼠尾草的生产。

### 参考文献

- [1] Suzuki H, Sawada S, Watanabe K, et al. Identification and characterization of a novel anthocyanin malonyltransferase from scarlet sage (Salvia splendens) flowers: an enzyme that is phylogenetically separated from other anthocyanin acyltransferases [J]. Plant Journal, 2004, 38(6): 994-1003.
- [2] Upadhyay R, Mishra H N. Antioxidant activity measurement of oleoresin from rosemary and sage [J]. Industrial Crops and Products, 2014, 61(0): 453-459.
- [3] Aguayo E, Requejo-Jackman C, Stanley R, et al. Effects of calcium ascorbate treatments and storage atmosphere on antioxidant activity and quality of fresh-cut apple slices [J]. Postharvest Biology and Technology, 2010, 57(1): 52-60.
- [4] Del Nobile M A, Conte A, Scrocco C, et al. New strategies for minimally processed cactus pear packaging [J]. Innovative Food Science & Emerging Technologies, 2009, 10(3): 356-362.

- [5] Rocculi P, Cocci E, Romani S, et al. Effect of 1-MCP treatment and N<sub>2</sub>O MAP on physiological and quality changes of fresh-cut pineapple [J]. *Postharvest Biology and Technology*, 2009, 51(3): 371-377.
- [6] Aguayo E, Jansasithorn R, Kader A A. Combined effects of 1-methylcyclopropene, calcium chloride dip, and/or atmospheric modification on quality changes in fresh-cut strawberries [J]. *Postharvest Biology and Technology*, 2006, 40(3): 269-278.
- [7] Yuan G, Sun B, Yuan J, et al. Effect of 1-methylcyclopropene on shelf life, visual quality, antioxidant enzymes and health-promoting compounds in broccoli florets [J]. *Food Chemistry*, 118(3): 774-781.
- [8] Mostofi Y, Toivonen P M A, Lessani H, et al. Effects of 1-methylcyclopropene on ripening of greenhouse tomatoes at three storage temperatures [J]. *Postharvest Biology and Technology*, 2003, 27(3): 285-292.
- [9] Vandekinderen I, Devlieghere F, De Meulenaer B, et al. Optimization and evaluation of a decontamination step with peroxyacetic acid for fresh-cut produce [J]. *Food Microbiology*, 2009, 26(8): 882-888.
- [10] Choi S T, Huber D J, Kim J G, et al. Influence of chlorine and mode of application on efficacy of aqueous solutions of 1-methylcyclopropene in delaying tomato (*Solanum lycopersicum* L.) fruit ripening [J]. *Postharvest Biology and Technology*, 2009, 53(1-2): 16-21.
- [11] 陆胜民, 马子骏, 王阳光. 气调和乙烯对梅果叶绿素和内源激素含量的影响 [J]. *植物学通报*, 2002, 19(6): 716-720.
- [12] 陈现臣, 王彩霞, 杨卫军. 低温贮藏 1-MCP 处理对大枣呼吸作用及叶绿素含量的影响 [J]. *安徽农业科学*, 2008, 36(34): 14883-14884.
- [13] Cefola M, Amodio L M. Exposure to 1-methylcyclopropene (1-MCP) delays the effects of ethylene on fresh-cut broccoli raab (*Brassica rapa* L.) [J]. *Postharvest Biology and Technology*, 2010, 58(1): 29-35.
- [14] Cao S, Yang Z, Zheng Y. Effect of 1-methylcyclopropene on senescence and quality maintenance of green bell pepper fruit during storage at 20 °C [J]. *Postharvest Biology and Technology*, 2012, 70: 1-6.
- [15] Morales M L, Callejon R M, Ubeda C, et al. Effect of storage time at low temperature on the volatile compound composition of Sevillana and Maravilla raspberries [J]. *Postharvest Biology and Technology*, 2014, 96: 128-134.
- [16] Summo C, Caponio F, Tricarico F, et al. Evolution of the volatile compounds of ripened sausages as a function of both storage time and composition of packaging atmosphere [J]. *Meat Science*, 2010, 86(3): 839-844.
- [17] Karp F, Harris J L, Croteau R. Metabolism of monoterpenes: Demonstration of the hydroxylation of (+)-sabinene to (+)-cis-sabinol by an enzyme preparation from sage (*Salvia officinalis*) leaves [J]. *Archives of Biochemistry and Biophysics*, 1987, 256(1): 179-193.
- [18] Kobori C N, Wagner R, Padula M, et al. Formation of volatile compounds from lycopene by autoxidation in a model system simulating dehydrated foods [J]. *Food Research International*, 2014, 63 (Part A): 49-54.
- [19] Ortega-Heras M, Gonzolez-Sanjose M L, Gonzolez-Huerta C. Consideration of the influence of aging process, type of wine and oenological classic parameters on the levels of wood volatile compounds present in red wines [J]. *Food Chemistry*, 2007, 103(4): 1434-1448.
- [20] Facundo H V D V, Gurak P D, Mercadante A Z, et al. Storage at low temperature differentially affects the colour and carotenoid composition of two cultivars of banana [J]. *Food Chemistry*, 2015, 170(0): 102-109.
- [21] 古喜兰, 郑康成. 光敏化条件对  $\alpha$ -萜烯异构化制备罗勒烯的影响 [J]. *广东化学*, 1990, 2: 38-40.
- [22] 李凝. 以松节油为原料合成对异丙基甲苯 [J]. *精细化工*, 2002, 8: 477-479.
- [23] 李艳军, 贺红武. 1,4-桉树脑衍生物的合成进展 [J]. *合成化学*, 2004, 4: 336-339.
- [8] 马长伟, 曾名勇. *食品工艺学导论* [M]. 北京: 中国农业大学出版社, 2002.
- [9] 刘升, 金同铭. 不同冻藏时间对速冻草莓营养品质的影响 [J]. *制冷学报*, 2006, 27(5): 48-50.
- [10] 于海杰, 姚文秋. 果蔬速冻保鲜贮藏技术 [J]. *黑龙江农业科学*, 2010(7): 132-135.
- [11] 张红娜, 高畅. 果皮冷冻处理对红葡萄酒品质的影响 [J]. *中国酿造*, 2011, 231(6): 119-122.
- [12] 宁正祥. *食品成分分析手册* [M]. 北京: 中国轻工业出版社, 2001.
- [13] 胡静丽, 陈健初. 杨梅叶黄酮类化合物最佳提取工艺研究 [J]. *食品科学*, 2003, 24(1): 96-99.
- [14] 郭衍银, 朱艳红, 孙薇, 等. 冬枣速冻冻藏条件的优化研究 [J]. *制冷学报*, 2008, 29(2): 54-59.
- [15] 吴锦铸, 黄苇, 赖燕屏, 等. 荔枝原汁保藏工艺探讨 [J]. *食品科学*, 2001, 22(3): 76-78.
- [16] 刘升, 金同铭. 不同冻藏时间对速冻草莓营养品质的影响 [J]. *制冷学报*, 2006, 27(5): 48-50.
- [17] 毕金峰, 于静静, 丁媛媛, 等. 固相萃取 GC-M 法测定不同干燥方式下枣产品的芳香成分 [J]. *现代食品科技*, 2011, 27(3): 354-360, 365.
- [18] H. M. S. Ziena. Quality attributes of Bearss Seedless lime (*Citrus latifolia* Tan) juice during storage [J]. *Food Chemistry*, 2000, 71(2): 167-172.
- [19] 黄爱萍, 郑少权. 龙眼采后低温贮藏过程果肉黄酮和氨基酸含量变化的研究 [J]. *福建农业学报*, 2010, 25(4): 475-478.
- [20] 包海蓉, 程裕东, 俞骏, 等. 冻藏温度对桑椹品质影响的研究 [J]. *食品科学*, 2006, 27(12): 130-133.
- [21] 包海蓉, 王华博. 草莓冻藏过程中多酚氧化酶、过氧化物酶及维生素 C 的变化研究 [J]. *食品科学*, 2005, 26(8): 434-436.

(上接第 319 页)