

香蕉催熟过程中品质变化的研究

廉韶斌, 郝利平, *王 愈

(山西农业大学 食品科学与工程学院, 山西 晋中 030801)

摘要: 通过对香蕉进行乙烯利催熟, 研究在温度 15 ℃, 相对湿度 90% 的条件下, 香蕉果实在催熟过程中品质的变化规律。结果表明, 可溶性固形物含量与淀粉含量的变化趋势相反, 在催熟过程中淀粉很快发生水解转化为可溶性糖, 使可溶性固形物含量迅速升高, VC 含量与硬度变化呈下降趋势, 过氧化物酶活性、果胶酶活性、乙烯释放量、呼吸强度的变化趋势相似, 呈先升高再下降的变化趋势。

关键词: 香蕉; 催熟; 品质; 变化

中图分类号: TS255.1

文献标志码: A

doi: 10.3969/j.issn.1671-9646(X).2014.08.036

Quality Changes during Ripening of Banana

LIAN Shao-bin, HAO Li-ping, *WANG Yu

(College of Food Science and Engineering, Shanxi Agricultural University, Jinzhong, Shanxi 030801, China)

Abstract: Through the ethephon ripening of bananas, reserved in temperature 15 ℃, relative humidity 90% conditions, the quality changes during ripening of banana are researched. The results show that the changing tendency of the content of soluble solids and starch is on the contrary. In the ripening process, starch hydrolysis quickly translated into the soluble sugar, which made content of the soluble solids increased, the content of VC and hardness decreased, the activity of POD and PG, ethylene production and respiration intensity change similarly, which are increased at first then decreased.

Key words: banana; ripening; quality; changes

香蕉是热带、亚热带地区的重要水果, 是人们喜爱的热带果品之一^[1]。香蕉是典型的呼吸跃变型水果, 采摘下的香蕉成熟度为六七成, 质地坚硬, 经过一段时间的贮藏与后熟作用, 才能销售和食用。在短时间内供应黄熟可食香蕉上市, 必须进行人工催熟^[2]。催熟后香蕉果实中的淀粉含量锐减, 大量淀粉转化为可溶性糖^[3]。果皮由绿转黄, 果肉由硬变软, 出现香味物质, 果皮易与果肉分离, 果肉可食。本文研究香蕉在 15 ℃ 温度下贮藏时, 对其进行乙烯利处理和蒸馏水处理, 测定果肉后熟过程中品质的变化情况, 以了解香蕉果实催熟后生理生化变化情况。

1 材料与方法

1.1 材料与仪器

香蕉果实, 购于山西省介休市家家利购物广场有限责任公司太谷分公司, 成熟度六七成, 挑选均匀、无病虫害和机械伤的果实, 将香蕉果实分梳取下; 40% 乙烯利, 上海彭浦化工厂产品。

SPX-250-C 型智能恒温恒湿箱, 上海琅轩实验

设备有限公司产品; WFJ2100 型可见分光光度计, 尤尼柯上海仪器有限公司产品; 质构仪, 美国 FTC 公司产品; Agilent7890A 型气相色谱仪, 美国安捷伦科技公司产品。

1.2 试验设计

试验设乙烯利处理组和空白对照组。空白对照组喷洒蒸馏水, 处理组喷洒 1×10^{-3} 的乙烯利溶液, 贮藏于温度为 15 ℃, 相对湿度为 90% 的恒温恒湿箱中。每隔 3 d 测定 1 次, 每次测定重复 3 次。

1.3 试验方法

1.3.1 可溶性固形物

随机取样后, 称取 10.00 g 香蕉果肉放入研钵中研碎, 用玻璃棒蘸少量汁液, 使用手持折光仪测定可溶性固形物含量。

1.3.2 淀粉含量

根据酸水解法^[4], 淀粉测定先除去样品中的脂肪及其可溶性糖, 再在一定酸度下将淀粉水解为具有还原性的葡萄糖, 通过对还原糖含量的测定, 乘以换算系数 0.9, 即为淀粉含量。

收稿日期: 2014-07-02

基金项目: “十二五”国家科技支撑计划课题 (2012BAD38B07)。

作者简介: 廉韶斌 (1988—), 男, 硕士, 研究方向为农产品加工及贮藏工程。

*通讯作者: 王 愈 (1968—), 男, 博士, 教授, 研究方向为农产品加工及贮藏工程。

计算公式:

淀粉 =

$$\frac{\text{标准蔗糖 1 mL 中含糖量} \times \text{滴定用量 (样品液)}}{\text{样品质量} \times 1\,000} \times \text{稀释倍数} \times 100\% \times 0.9.$$

1.3.3 VC 含量

根据 VC 具有对紫外线产生吸收和对碱不稳定的特性, 于波长 243 nm 处测定样品液与碱处理样品液两者消光值之差, 即可得出样品中 VC 的含量^[5]。

计算公式:

$$\text{VC 含量 } (\mu\text{g/g}) = \frac{u \times V_{\text{总}}}{V_1 \times m_{\text{总}}}.$$

式中: u ——从标准曲线上查得的抗坏血酸含量, μg ;

V_1 ——测消光值时吸取样品液的体积, mL;

$V_{\text{总}}$ ——样品定容体积, mL;

$m_{\text{总}}$ ——称样质量, g。

1.3.4 过氧化物酶活性的测定

在过氧化物酶存在下, 过氧化氢可将邻甲基苯酚氧化成红棕色的 4 - 邻甲基苯酚, 在波长 470 nm 处有特征吸收峰, 通过吸光度的变化确定 POD 的活力^[6]。

以 1 g 果蔬样品 1 min 吸光度增加 1 为 1 个过氧化物酶活性单位, 单位是 $\text{OD}_{470}/(\text{min} \cdot \text{g})$ 。

计算公式:

$$\text{POD 活性} = \frac{\Delta \text{OD}_{470} \times V}{V_s \times m}.$$

式中: ΔOD_{470} ——1 min 吸光度变化值;

V ——样品提取液总体积, mL;

V_s ——测定时所取样品提取液体积, mL;

m ——样品质量, g。

1.3.5 果胶酶活性的测定

聚半乳糖醛酸酶水解果胶生成半乳糖醛酸, 用次亚碘酸法测定半乳糖醛酸的还原性醛基, 表示果胶酶的活性, 单位 $\text{mmol}/(\text{L} \cdot \text{h})$ 。

计算公式:

$$\text{果胶酶活性} = \frac{(V_2 - V_1) \times M \times 0.51 \times 20}{5 \times 2 \times 5}.$$

式中: V_1 ——样品滴定消耗硫代硫酸钠溶液毫升数, mL;

V_2 ——空白滴定消耗硫代硫酸钠溶液毫升数, mL;

M ——硫代硫酸钠溶液的浓度, mmol/L 。

1.3.6 硬度

测定果肉硬度时, 除去果皮, 用 FTC 质构仪测定香蕉果肉硬度。随机选取 3 根香蕉, 每根香蕉选取 5 个点进行测量, 取平均值, 单位为 N。

硬度测定条件: 探头 6 mm, 力量感应元 1 000 N, 回升高度 40 mm, 形变量 40%, 检测速度 90 mm/min,

起始力 0.3 N, 两次压缩间隔时间 2 s, 检测后速度 200 mm/min。

1.3.7 乙烯释放量

随机选取 2 根已知质量的香蕉, 放入密闭性良好的干燥皿 (体积 2.5 L) 中, 在室温下 (15 °C 左右) 放置 3 h, 抽取 1 mL 的气体试样, 用安捷伦气相色谱仪测定^[7]。

色谱条件: 氢火焰离子化检测器 (FID), 柱温 60 °C, 前检测器温度 300 °C, 载气 N_2 , 流速 25 mL/min。根据标准气体计算果实乙烯释放量, 单位为 $\mu\text{L}/(\text{kg} \cdot \text{h})$ 。

计算公式:

$$\text{乙烯释放量} = \frac{c \times (V_1 - V_2)}{m \times t}.$$

式中: c ——样品的乙烯体积分数, $\mu\text{L/L}$;

V_1 ——干燥皿体积, L;

V_2 ——样品体积, L;

m ——样品质量, kg;

t ——密闭时间, h。

1.3.8 呼吸强度

采用气流法测定香蕉果实的呼吸强度^[8], 单位为 $\text{CO}_2 \text{ mg}/(\text{kg} \cdot \text{h})$ 。

计算公式:

$$\text{呼吸强度} = \frac{(V_1 - V_2) \times M \times 44}{m \times t}.$$

式中: V_1 ——空白滴定用量, mL;

V_2 ——样品滴定用量, mL;

M ——草酸浓度, mol/L ;

m ——样品质量, kg;

t ——测定时间, h。

2 结果与分析

2.1 香蕉催熟过程中可溶性固形物含量的变化

香蕉催熟过程中可溶性固形物含量的变化见图 1。

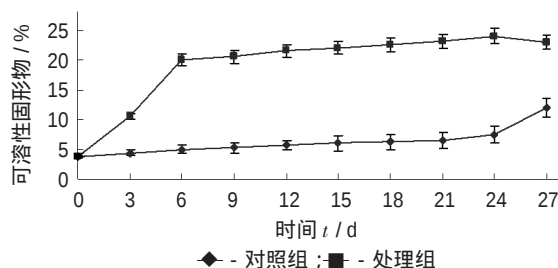


图 1 香蕉催熟过程中可溶性固形物含量的变化

由图 1 可知, 香蕉果实在 15 °C 下贮藏时, 处理组和对照组果肉中的可溶性固形物含量呈上升的趋势。对照组可溶性固形物含量在贮藏的前 24 d 基本变化不大, 在第 24 天后开始快速上升; 而处理组在

前6 d呈快速上升,第6天后上升缓慢。处理组香蕉果实在贮藏结束时,可溶性固形物含量由起始的3.8%升高到23%,增加了19.2%。而对照组香蕉果实在贮藏结束时,由起始的3.8%升高到12%,增加了8.2%;处理组增加量大大高于对照组增加量。表明乙烯利处理能促进香蕉果肉中淀粉的转化,使香蕉果肉中的可溶性固形物含量迅速升高,使果肉变甜。

2.2 香蕉催熟过程中淀粉含量的变化

香蕉催熟过程中淀粉含量的变化见图2。

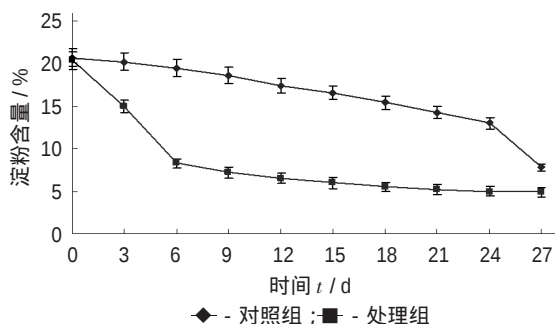


图2 香蕉催熟过程中淀粉含量的变化

由图2可知,对照组和处理组香蕉果肉中淀粉含量呈下降趋势。处理组的香蕉在贮藏第6天时,淀粉含量由20.4%迅速下降到8.3%,下降了59.3%;贮藏第6天后处理组香蕉的淀粉含量呈缓慢下降,在第27天时,淀粉含量为4.9%。而对照组的香蕉在贮藏第6天时,淀粉含量由原来的20.7%下降到19.5%,下降了5.8%;在第27天淀粉含量为7.8%,下降了40%。在贮藏第6天时,处理组香蕉果实淀粉下降率大大高于对照组香蕉果实淀粉下降率。可见淀粉水解是突发性的,乙烯利处理能加速香蕉果肉淀粉的水解,转化为可溶性糖,使淀粉含量锐减。

2.3 香蕉催熟过程中VC含量的变化

香蕉催熟过程中VC含量的变化见图3。

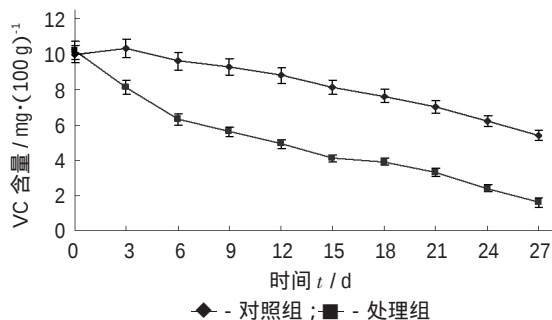


图3 香蕉催熟过程中VC含量的变化

由图3可知,对照组和处理组香蕉VC含量均呈逐渐下降趋势。处理组香蕉VC含量由贮藏起始的10.2 mg/100 g下降到贮藏结束1.6 mg/100 g,下降了84.3%。而对照组香蕉的VC含量由贮藏起始的10 mg/100 g下降到贮藏结束的5.4 mg/100 g,下降了

46%。在贮藏结束的第27天,处理组香蕉果实VC含量的下降量大于对照组香蕉果实。可见乙烯利处理可加速香蕉果肉中VC的分解。

2.4 香蕉催熟过程中过氧化物酶活性的变化

香蕉催熟过程中过氧化物酶活性的变化见图4。

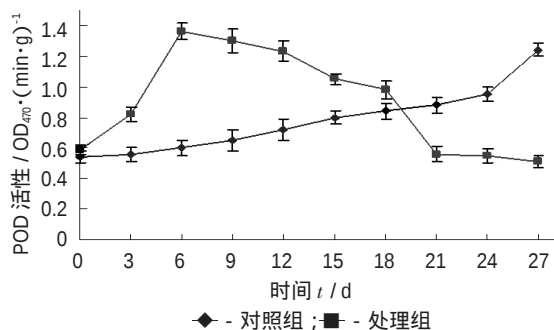


图4 香蕉催熟过程中过氧化物酶活性的变化

在果蔬的生长发育、成熟衰老过程、抗菌、抗氧化、抗逆境胁迫中,过氧化物酶活性不断发生变化。由图4可知,在催熟过程中香蕉POD活性变化呈先上升后下降的变化趋势,在贮藏后第6天POD活性达到最大值1.36 OD₄₇₀/(min·g),贮藏结束时降为0.51 OD₄₇₀/(min·g)。而对照组香蕉过氧化物酶活性在贮藏期间呈缓慢上升,在第27天POD活性上升到1.24 OD₄₇₀/(min·g)。处理组香蕉果实过氧化物酶最大值大于对照组香蕉果实过氧化物酶最大值。表明乙烯利处理可以促进POD活性的升高,促进了果实的成熟。

2.5 香蕉催熟过程中果胶酶活性的变化

香蕉催熟过程中果胶酶活性的变化见图5。

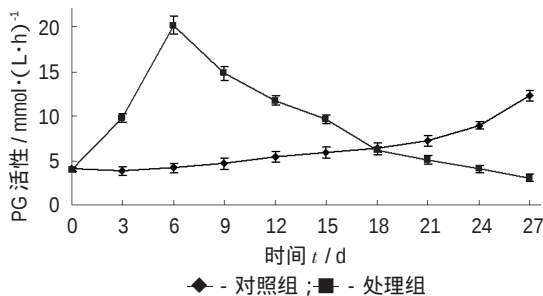


图5 香蕉催熟过程中果胶酶活性的变化

果胶酶能够降解果胶物质,在香蕉的成熟衰老过程中,由果胶酶引起的果胶物质降解是导致果蔬软化的主要原因。由图5可知,处理组香蕉PG活性呈先上升后下降的变化趋势,第6天香蕉PG活性由贮藏起始的3.98 mmol/(L·h)上升到最大值20.2 mmol/(L·h),此后开始下降,贮藏结束的第27天香蕉PG活性降至3.06 mmol/(L·h)。而对照组的PG活性呈逐渐上升趋势,在第27天达到12.34 mmol/(L·h)。果胶酶的变化与过氧化物酶的变化趋势一致,表明乙烯利处理能促进果胶酶的活性,加速果肉的软化,同时也促进果实的成熟。

2.6 香蕉催熟过程中硬度的变化

香蕉催熟过程中硬度的变化见图 6。

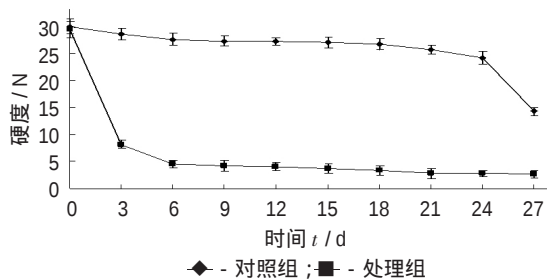


图 6 香蕉催熟过程中硬度的变化

由图 6 可知, 处理组香蕉果肉的硬度在乙烯利处理后 3 d 内迅速下降, 由贮藏起始的 29.4 N 降为 8.2 N, 果肉迅速软化, 直到贮藏结束的第 27 天降为 2.7 N, 下降了 90.8%。但对照组香蕉果肉在贮藏第 24 天才开始迅速下降, 第 27 天硬度为 14.3 N, 下降了 52.3%。在贮藏结束第 27 天时, 处理组香蕉果实硬度下降率大于对照组香蕉果实硬度下降率。表明乙烯利处理能加快果实的成熟, 促进硬度的下降, 使果肉迅速软化。

2.7 香蕉催熟过程中乙烯释放量的变化

香蕉催熟过程中乙烯释放量的变化见图 7。

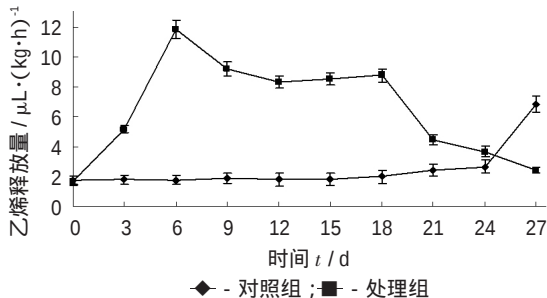


图 7 香蕉催熟过程中乙烯释放量的变化

由图 7 可知, 处理组香蕉的乙烯释放量迅速上升, 在第 6 天达到最大值 11.82 $\mu\text{L}/(\text{kg}\cdot\text{h})$, 此后开始缓慢变化, 在第 18 天出现第 2 次乙烯释放高峰, 贮藏结束降为 2.43 $\mu\text{L}/(\text{kg}\cdot\text{h})$ 。而对照组香蕉的乙烯释放量在贮藏的前 24 d 变化不大, 第 24 天迅速上升, 升高到 6.86 $\mu\text{L}/(\text{kg}\cdot\text{h})$ 。在贮藏的 27 d 里, 处理组香蕉果实乙烯高峰值大于对照组乙烯高峰值, 表明乙烯利处理能促进乙烯测定高峰的出现。

2.8 香蕉催熟过程中呼吸强度的变化

香蕉催熟过程中呼吸强度的变化见图 8。

由图 8 可知, 处理组香蕉的呼吸强度呈先上升后下降的变化趋势, 处理组香蕉的呼吸强度在乙烯利处理后迅速升高, 在第 6 天达到呼吸高峰 139.4 $\text{CO}_2 \text{ mg}/(\text{kg}\cdot\text{h})$, 在第 15 天出现第 2 次呼吸高峰, 此后呼吸强度迅速降低, 第 27 天呼吸强度降为 23.6 $\text{CO}_2 \text{ mg}/(\text{kg}\cdot\text{h})$ 。而对照组香蕉的呼吸强度呈上升趋势, 在贮藏的 24 d 前呼吸强度变化不大, 第

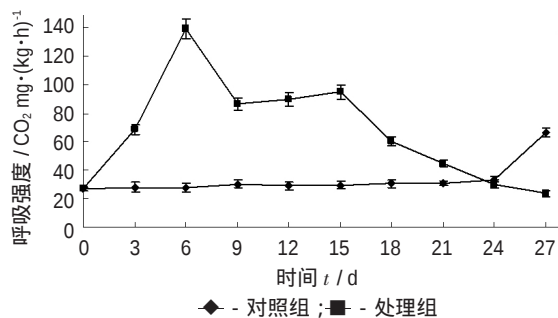


图 8 香蕉催熟过程中呼吸强度的变化

24 天呼吸强度迅速升高为 66.4 $\text{CO}_2 \text{ mg}/(\text{kg}\cdot\text{h})$ 。在贮藏的 27 d 里, 处理组香蕉果实呼吸高峰值大于对照组香蕉果实呼吸高峰值。表明乙烯利处理能促进呼吸高峰的出现, 促进香蕉果实的成熟。

3 讨论

(1) 乙烯利是一种人工合成的植物激素, 对水果的成熟有明显促进作用。吴建辉等人^[9]研究在 20 $^{\circ}\text{C}$ 条件下, 香蕉经过乙烯利处理后 4 d 生理指标的变化, 结果表明淀粉含量呈升高趋势, 而可溶性固形物呈下降趋势。经过催熟的香蕉各个生理指标发生显著变化, 果肉淀粉含量下降到 3%, 可溶性固形物含量升高到 17%, 而清水对照组在 4 d 时, 淀粉含量为 15%, 可溶性固形物含量为 5%, 并且 VC 也呈下降趋势, 这与本试验研究结果相一致。

(2) 苗红霞等人^[10]研究在 22 $^{\circ}\text{C}$ 条件下, 香蕉经过催熟处理硬度的变化趋势, 结果表明在催熟处理后硬度呈迅速下降趋势, 在处理的第 10 天, 硬度几乎为零, 这与本试验得出的在催熟处理后, 硬度迅速下降, 在整个贮藏过程中呈下降趋势相符合。

(3) 李云等人^[11]研究在 20 $^{\circ}\text{C}$ 条件下, 香蕉催熟过程中呼吸强度和乙烯释放量变化情况, 结果表明在 20 $^{\circ}\text{C}$ 条件下, 呼吸强度和乙烯释放量的变化趋势均呈先上升后下降趋势, 这与本试验结果相一致。

(4) 庞学群等人^[12]研究在 20 $^{\circ}\text{C}$ 条件下, 香蕉经过乙烯利处理后 PG 活性的变化情况, 结果表明随着后熟时间延续, 香蕉果皮 PG 活性持续上升, 总体呈上升趋势, 这与本试验研究得出的在催熟过程中香蕉果实 PG 活性呈先上升后下降趋势不同。造成 PG 活性不同的原因有很多, 比如测定时香蕉选取部位不同, 本试验选取香蕉果实而不是香蕉果皮; 温度不同, 本试验香蕉贮藏温度是 15 $^{\circ}\text{C}$ 。李健等人^[13]研究蕉类果实催熟过程 POD 活性的变化, 结果表明威廉斯蕉 POD 活性呈下降趋势, 这与本试验 POD 活性呈先上升后下降趋势不同, 影响 POD 活性的因素有很多, 比如香蕉品种、温度等都可能影响香蕉 POD 活性。因此, 香蕉 PG 活性和 POD 活性的变化趋势还需要更深入的研究。

4 结论

本试验结果表明,经乙烯利处理后,贮藏于温度 15℃,相对湿度 90%的恒温恒湿箱中的香蕉果实比对照组果实提前 25 d 左右成熟,处理组果实的可溶性固形物增加速度、硬度的减小速度和淀粉水解的速度快,并且比对照组早,处理组果实 VC 的损失也更大,乙烯利处理也促进了香蕉果肉中过氧化物酶和果胶酶的活性,处理组果实的乙烯释放高峰和呼吸高峰比对照组大大提前。通过研究在温度 15℃下,香蕉催熟过程中香蕉品质的变化,可为北方冬季香蕉的催熟和销售提供参考依据,以更好地掌握香蕉催熟过程中品质的变化规律。

参考文献:

- [1] 周俊辉,肖艳,罗慧君.无公害香蕉标准化生产 [M]. 北京:中国农业出版社,2005:1-2.
- [2] 张伟.香蕉催熟技术 [J].果农之友,2005(4):38-39.
- [3] 李雯,邵远志,陈维信.水杨酸处理对香蕉果实采后品质的影响 [J].中国农学通报,2005,21(2):75-77.
- [4] 中国国家标准化管理委员会. GB/T 5009.9—2008 食品中淀粉的测定 [S]. 北京:中国标准出版社,2008.
- [5] 刘艳芳,孙学文,杨晴.紫外分光光度法测定 VC 含量的方法改进 [J].安徽农业科学,2011,39(22):13 270-13 272.
- [6] 寇晓虹,王文生,吴彩娥,等.鲜枣采后 VC 含量与氧化酶活性变化关系的研究 [J].山西农业大学学报,2000,20(1):71-74.
- [7] 赵瑞平,范三红,刘福虎,等.高压静电场处理对香蕉果实成熟生理的影响 [J].食品科学,2011,32(20):266-270.
- [8] 李锡香.新鲜果蔬的品质及其分析法 [M].北京:中国农业出版社,1994:251-255.
- [9] 吴建辉,陈清香,任顺祥.40%乙烯利催熟香蕉的田间药效试验 [J].广东农业科学,2008(8):56-57.
- [10] 苗红霞,金志强,刘伟鑫,等.香蕉采后果肉硬度与淀粉代谢变化 [J].中国农学通报,2013,29(28):124-128.
- [11] 李云,钱春梅,陆旺金,等.香蕉和大蕉果实不同温度下催熟后的色泽变化 [J].园艺学报,2006,31(3):617-620.
- [12] 庞学群,李云,徐兰英,等.不同温度下香蕉果实果皮生理与颜色变化 [J].热带亚热带植物学报,2008,16(6):531-536.
- [13] 李健,杨昌鹏.蕉类果实催熟过程中多酚含量、多酚氧化酶和过氧化物酶活性变化研究 [J].广东农业科学,2011(14):94-96.◇

(上接第 6 页)
品的保藏期。

3 讨论与结论

(1) 鲜切山药用不同的保鲜液处理后,采用保鲜膜包装时,以复合保鲜液 0.1% NaHSO₃+1.0% NaCl+0.8% CaCl₂对延长鲜切山药的货架期最为显著;而采用真空包装时,以复合保鲜液 0.3% NaHSO₃+0.5% NaCl+1.0% CaCl₂对延长鲜切山药的货架期最为显著。

(2) 无论是单因素试验组还是正交试验组,在包装方式相同的情况下,温度对鲜切山药的感官影响最大,由试验可得低温能有效抑制鲜切山药的褐变,能将鲜切山药产品的货架期至少延长 1 倍,而保鲜液的种类对产品感官评价的影响次之。

(3) 在相同的温度条件时,包装方式的选用是影响产品感官品质最主要的因素,采用聚乙烯袋真

空包装可有效降低产品的褐变程度,延长产品的货架期。但该包装方式容易引起产品产生异味,也常引起鲜切山药的软化,使产品品质降低。与真空包装相比,保鲜膜包装虽不能减缓产品的褐变速度,但不会使产品软化或产生异味,最终产品因严重褐变而失去商品价值。

参考文献:

- [1] 黄桂东,钟先锋,易军鹏.山药的研究概况 [J].农产品加工(学刊),2006(7):55-59.
- [2] 张中.MP 果蔬加工保鲜项目前景好 [J].农村新技术,2010(8):36-37.
- [3] 郭玉蓉,李永才,韩舜愈,等.鲜切马铃薯保藏性的研究 [J].甘肃农业大学学报,2004(1):36-38.
- [4] 吴锦涛,余小林,曾州华,等.切分蔬菜保鲜工艺研究 [J].食品与发酵工业,2000,26(4):33-38.
- [5] 冯世江,雏圣东,彭灿.净菜保鲜技术的研究 [J].食品研究与开发,2004,25(1):76-78.◇

欢迎订阅 《农产品加工(学刊)》 欢迎投稿

邮发代号:22-19 22-150

电 话:0351-4606085

在线投稿:www.ncpjgkx.com

投稿信箱:ncpjgkx@163.com