

乙醇熏蒸对鲜切菊芋保鲜效果的研究

徐莉, 张兵兵, 王庆国

(山东农业大学食品科学与工程学院, 山东泰安, 271018)

摘要 对鲜切菊芋褐变机理和控制进行了探索, 研究了不同体积分数的乙醇熏蒸处理对鲜切菊芋的保鲜效果。结果表明: 乙醇熏蒸处理可延迟鲜切菊芋表面褐变, 使产品在贮藏过程中保持优良品质; 浓度为 450 $\mu\text{L/L}$ 的乙醇熏蒸处理 5h 效果最好, 4~5 $^{\circ}\text{C}$ 条件下贮藏 16d 品质保持最佳。

关键词 菊芋, 褐变, 乙醇熏蒸

菊芋 (*Helianthus tuberosus* L.), 菊科, 向日葵属, 又名洋姜、鬼子姜。原产北美, 经欧洲传入我国, 现在各地都有零星种植。目前, 国内对菊芋的研究开发较少。在初加工方面只限于腌制酱菜; 深加工方面, 自 1990 年代以来, 已不少人进行了用菊芋生产高果糖浆的研究^[1]。但是在鲜切菊芋的保鲜方面研究较少, 这在很大程度上限制了菊芋的食用和相关产品的开发。鲜切菊芋在贮藏过程中极易发生褐变而导致其货架期大大缩短, 目前国内对菊芋多酚氧化酶的性质已做了一些研究, 大致确定了其最适作用温度、时间、pH 值, 并研究了几种褐变抑制剂抑制菊芋褐变的情况^[2,3]。

近年来研究表明, 适当的外源乙醇处理可抑制番茄果实的乙烯产生和呼吸强度^[4], 延缓青菜花和鲜切菊花贮藏过程中叶绿素的降解, 抑制青菜花和桃果实贮藏病害的发生, 提高鲜切芒果的贮藏品质^[5]。另有研究表明, 乙醇处理可抑制多酚氧化酶 (PPO)、过氧化物酶 (POD) 的活性, 从而减少褐变的发生和品质的下降^[6]; 也有人认为乙醇处理可在一定程度上激活 POD 的活性, 增强了机体的抗氧化系统, 提高了果蔬自身的抗逆能力^[7,8]。

本研究以菊芋为材料, 用不同体积分数的乙醇对切割后的菊芋进行处理, 旨在探讨乙醇熏蒸处理对鲜切菊芋的保鲜作用机制, 为延迟鲜切菊芋褐变及延长其货架期提供理论依据。

2 材料和方法

2.1 材料

菊芋, 取自甘肃农田, 实验前于 5 $^{\circ}\text{C}$ 的冷库中放置, 选择优质、无腐烂、无机械伤、大小均匀的菊芋为

实验材料。块茎经浓度为 200 mg/kg 次氯酸钠水溶液 (保持低温 5 $^{\circ}\text{C}$) 清洗后, 再用清水冲洗并吸干表面水分, 装于干净的聚乙烯袋中, 于 5 $^{\circ}\text{C}$ 冷库中放置备用。

2.2 主要仪器

Beckman Allegra 64R 高速冷冻离心机 (美国 BECKMAN 公司), UV-2000 分光光度计 (海尤尼柯仪器有限公司), 岛津 UV-2450PC 紫外可见分光光度计 (日本岛津公司), 超级恒温水浴锅 (常州国华电器有限公司)。

2.3 实验方法

2.3.1 乙醇熏蒸处理

将原料从 5 $^{\circ}\text{C}$ 的冷库中取出, 用不锈钢刀切成厚 3.8~4.2mm 的片, 迅速放入浓度为 50mg/L 次氯酸钠的水溶液中浸泡 5 min, 离心脱水后, 将切片平放入塑料筐中, 并将切片同筐一起放入准备好的塑料箱内, 每箱放 4 层, 在最上 1 层放 1 块 4 层折叠的脱脂纱布, 并放置 1 个小风扇以加速乙醇挥发及保证箱内乙醇浓度均匀分散, 然后分别量取一定量乙醇滴在纱布上, 打开风扇, 迅速密封处理。实验中乙醇处理的浓度为 150、300、450 $\mu\text{L/L}$ (以塑料箱容积计算), 另设一对照。5 h 后取出切片, 装入 PE 袋中, 贴好标签, 袋口折叠后放于塑料筐内, 外套塑料袋, 放入 4~5 $^{\circ}\text{C}$ 的冷库中贮藏。

2.3.2 贮藏期间测定项目及方法

2.3.2.1 感官评定

按照感官评定标准。4d 评定 1 次, 每种处理中随机选出 15 片, 按照评分标准进行评定。

2.3.2.2 褐变度测定

采用 Couture^[9] 方法, 并进行改进。取 1g 样品, 加入 20 mL 色谱级甲醇研磨后, 在冰箱中提取 3 h, 取过滤后滤液在 320 nm 下测吸光值, 对照为甲醇, 以吸光值大小来表示褐变情况。

第一作者: 硕士研究生 (王国庆为通讯作者)。

收稿日期: 2007-06-14, 改回日期: 2007-07-27

表1 感官评定标准

感官评定评分标准					
总质量评价(1~9分)	9=极好	7=优良	5=较好	3=较差	1=完全裂变
褐变或变色(1~5分)	1=无	2=低度 (面积<5%)	3=中度(面 积5%~20%)	4=较严重 (面积20%~50%)	5=极度严重 (面积>50%)
脱水(1~5分)	1=无	2=低度 (面积<5%)	3=中度 (面积5%~20%)	4=较严重 (面积20%~50%)	5=极度严重 (面积>50%)
腐烂(1~5分)	1=无	2=低度 (面积<5%)	3=中度 (面积5%~20%)	4=较严重 (面积20%~50%)	5=极度严重 (面积>50%)

2.3.2.3 多酚氧化酶(PPO)活性测定

取样品 2.5 g, 加入 10 mL 磷酸缓冲溶液, 研磨后用纱布过滤, 滤液经 12 000 r/min, 4℃ 条件下离心, 收集上清液, 测前稀释 20 倍备用。酶活性测定的反应体系包括: 2 mL 缓冲溶液、1.0 mL 邻苯二酚溶液和 0.6 mL 酶液。于 410 nm 波长下测定其吸光值, 以每分钟内吸光值变化 0.01 为 1 个酶活力单位(U)。

2.3.2.4 过氧化物酶(POD)活性测定

取样品 2.5 g, 加入 10 mL 磷酸缓冲溶液(PBS), 研磨后用纱布过滤, 滤液在 12 000 r/min, 4℃ 条件下离心 13 min, 收集上清液, 测前稀释 10 倍备用。酶活性测定的反应体系包括: 2 mL PBS 缓冲溶液、1.0 mL 质量分数为 2% 的 H_2O_2 、1.0 mL 0.05 mol/L 愈创木酚溶液和 0.6 mL 酶液。于 470 nm 波长下测定其吸光值, 以每分钟内 A_{470} 变化 0.01 为 1 个过氧化物酶活性单位(U)。

2.3.2.5 苯丙氨酸解氨酶(PAL)活性测定

取样品 2.5 g, 加入 10 mL 巯基乙醇缓冲液, 研磨后用纱布过滤, 滤液经 12 000 r/min, 4℃ 条件下离心 13 min, 收集上清液, 测前稀释 5 倍备用。酶活性测定的反应体系包括: 2 mL 缓冲液, 2 mL L 苯丙氨酸和 1 mL 酶液, 在 37℃ 下反应 1 h 后于 290 nm 测定吸光值。以每分钟内 A_{290} 变化 0.01 为 1 个 PAL 酶活性单位(U)。

2.3.2.6 总酚含量测定

(1) 标准曲线绘制: 取没食子酸标准品 0.025 g 定容至 500 mL 即为 50 $\mu\text{g/mL}$, 再稀释成一系列的浓度 1.0、2.5、5.0、10.0、20 $\mu\text{g/mL}$, 分别取不同浓度的溶液 1 mL, 加入 1 mL 去离子水、0.5 mL 已稀释 2 倍的福林试剂、1.5 mL 质量分数 10% Na_2CO_3 溶液, 室温下反应 2 h, 在 760 nm 下测吸光值, 由吸光值对浓度回归, 求得标准曲线。

(2) 样品总酚测定: 取 2.5 g 样品, 加入 10 mL

70% 丙酮研磨, 浸提 3 h 后, 在 12 000 r/min, 4℃ 条件下离心 10 min, 收集上清液, 稀释 20 倍备用。取稀释 20 倍的上清液 1 mL, 加入 1 mL 去离子水、0.5 mL 稀释 2 倍的福林试剂、1.5 mL Na_2CO_3 溶液, 室温下反应 2 h, 于 760 nm 下测吸光值。然后从标准曲线上查得相对应的浓度, 按照下列公式计算出样品中总酚的含量:

$$\text{总酚}/\mu\text{g} \cdot \text{g}^{-1} = \frac{nCV}{m}$$

式中: n 为稀释倍数, C 为从标准曲线上查得的酚含量($\mu\text{g/mL}$), V 为提取液总体积(mL), m 为样品质量(g)。

3 结果与分析

3.1 鲜切菊芋感官评定结果

在贮藏过程中, 对鲜切菊芋进行了感官评定, 结果如表 2 所示。按照评分标准对各组菊芋进行了评分, 由于在整个贮藏过程中各组均未出现腐烂现象, 所以只将总体评价、褐变情况及脱水情况评分统计于表 2 中进行分析。从表 2 中可以看出, 各处理组均好于对照组。菊芋褐变主要表现为表面出现红色斑点或不规则红色区域, 起初颜色较浅(淡红色), 面积较小, 随着贮藏时间的延长颜色逐渐加深, 面积逐渐扩大, 最终导致品质变劣。对照组在第 4 天大部分均出现了低度褐变, 到贮藏后期大部分出现了较严重褐变, 品质变劣, 而处理组在整个过程中品质较好, 优于对照组, 差异显著($P < 0.05$)。而处理组中, 各组效果差别不显著($P > 0.05$)。但从表面脱水情况来看, 处理组和对照组脱水程度均较轻, 这说明乙醇熏蒸处理不会造成产品脱水而影响产品品质。比较处理组之间, 贮藏前 12 d 各组差异不显著($P > 0.05$), 但贮藏至 16 d, 450 $\mu\text{L/L}$ 乙醇处理组优于 150 $\mu\text{L/L}$ 和 300 $\mu\text{L/L}$ 乙醇处理组, 差异显著($P < 0.05$)。

表 2 贮藏过程中鲜切菊芋感官评定结果

	处理	贮藏时间/d				
		0	4	8	12	16
总体评价	CK	8.50±0.53	7.67±1.05	4.97±0.44	4.73±0.26	4.17±0.24
	150μL/L 乙醇处理	8.90±0.21	8.53±0.52	8.00±0.71	6.83±0.24	6.27±0.26
	300μL/L 乙醇处理	8.93±0.26	8.43±0.42	8.07±0.68	7.00±0.68	6.03±0.23
	450μL/L 乙醇处理	8.97±0.13	8.43±0.46	8.10±0.60	7.13±0.61	6.63±0.40
褐变情况	CK	1.13±0.53	2.03±0.61	2.20±0.32	2.70±0.37	3.67±0.45
	150μL/L 乙醇处理	1.09±0.20	1.10±0.28	1.23±0.37	1.27±0.37	1.30±0.37
	300μL/L 乙醇处理	1.09±0.27	1.06±0.18	1.13±0.30	1.17±0.31	1.20±0.37
	450μL/L 乙醇处理	1.07±0.13	1.06±0.18	1.10±0.21	1.13±0.23	1.17±0.23
脱水情况	CK	1.13±0.25	1.23±0.26	1.37±0.32	1.47±0.26	1.53±0.30
	150μL/L 乙醇处理	1.13±0.23	1.20±0.25	1.27±0.32	1.47±0.40	1.53±0.44
	300μL/L 乙醇处理	1.10±0.21	1.17±0.24	1.27±0.31	1.37±0.30	1.43±0.37
	450μL/L 乙醇处理	1.13±0.23	1.17±0.24	1.23±0.32	1.40±0.28	1.43±0.32

3.2 鲜切菊芋褐变度变化情况

贮藏过程中,以吸光值来表示样品的褐变度,测定结果如图 1 所示。从图 1 可以看出,贮藏过程中各组褐变程度均逐渐增加,而且处理组褐变度均低于对照,处理效果明显。比较各处理组,450 μL/L 乙醇处理组褐变度最低。

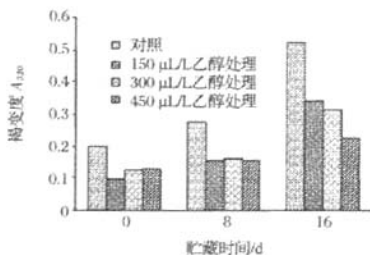


图 1 贮藏过程中鲜切菊芋褐变度变化情况

3.3 鲜切菊芋过氧化物酶(POD)活性变化情况

由图 2 可知, POD 活性在贮藏前期变化较小,基本上呈现缓慢上升的趋势,随着贮藏时间的延长,在第 12 天活性达到最高,随后又逐渐下降。贮藏前期,各组活性差别不大。贮藏至 12d 时,对照 [3 355.476 U/(g·鲜重)] 和 150μL/L 处理 [2 613.268 U/(g·鲜重)] 组活性高于 300μL/L [2 146.613 U/(g·鲜重)] 和 450 μL/L 乙醇处理 [2 039.949 U/(g·鲜重)] 组。贮藏至第 16 天,各组活性均降低,处理组活性低于对照组,其中 450μL/L 乙醇处理组活性最低。从整个贮藏过程来看,在贮藏前期对照和处理组活性差别不大,但贮藏后期处理组均低于对照组,而且乙醇处理浓度越高 POD 活性越低。

3.4 鲜切菊芋苯丙氨酸解氨酶(PAL)活性变化情况

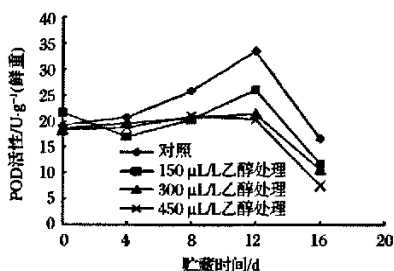


图 2 贮藏过程中鲜切菊芋 POD 活性变化情况

贮藏过程中鲜切菊芋 PAL 活性变化情况如图 3 所示,从图 3 中可以看出,对照活性一直高于处理组,说明乙醇处理能明显降低鲜切菊芋 PAL 活性。从整个贮藏过程来看,各组活性变化规律不一致,对照组呈现先下降后上升趋势,150μL/L 处理组呈现缓慢上升趋势,300μL/L 和 450μL/L 乙醇处理组呈现先下降再上升后下降趋势。但从整体来看,活性在贮藏后期比前期高,基本呈现上升趋势。比较处理组之间并无显著差异。

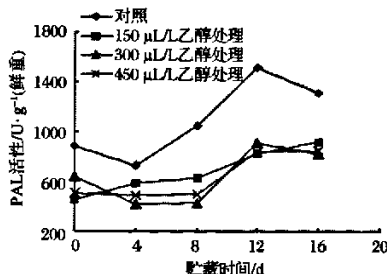


图 3 贮藏过程中鲜切菊芋 PAL 活性变化情况

3.5 鲜切菊芋多酚氧化酶(PPO)活性变化情况

由图 4 可以看出,贮藏过程中 PPO 活性基本上呈现先升后降再升的趋势。从整体来看,贮藏过程中

处理组 PPO 活性低于对照组,但在贮藏后期各组活性急剧升高使得处理组高于对照组。前 12 天贮藏过程中,450 $\mu\text{L/L}$ 乙醇处理组 PPO 活性一直处于最低水平,而且变化幅度不大,说明乙醇处理对抑制 PPO 活性有一定的抑制作用,但在贮藏末期,活性升高以至于高于对照组,原因尚不清楚。

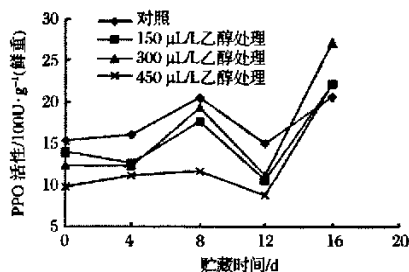


图4 贮藏过程中鲜切菊芋 PPO 活性变化情况

3.6 鲜切菊芋总酚含量变化情况

试验中通过测定没食子酸的含量来表示菊芋中总酚含量,没食子酸与福林试剂反应后的溶液经 200~900nm 波长范围内扫描,在 760nm 处有明显的吸收峰。图 5 为以没食子酸为标准物绘制的标准曲线,结果表明没食子酸浓度在 0~20 $\mu\text{g/mL}$ 范围内与其吸光值呈良好线性关系,线性回归方程为 $y = 0.0341x + 0.0177$,式中 y 表示 760 nm 下吸光值, x 表示酚含量 ($\mu\text{g/mL}$),相关系数为 0.9999。

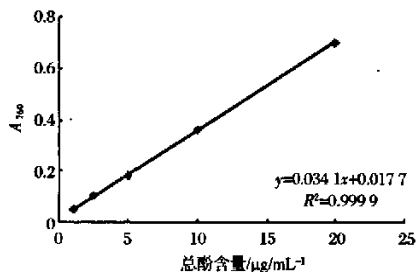


图5 酚含量与吸光值的关系

根据图 6 可以看出,整个贮藏过程中各组总酚含量大致呈现先升后降的趋势。比较对照组和处理组,在贮藏前 8 d 中,各组总酚含量变化趋缓,而且测定结果差异不大;到第 12 天时含量达到高峰,对照组明显高于处理组,而且后期含量也处于最高水平。比较处理组之间,在整个贮藏过程中基本上差异不大,只是在第 12 天时,300 $\mu\text{L/L}$ 和 450 $\mu\text{L/L}$ 乙醇处理组低于 150 $\mu\text{L/L}$ 处理组,且差异显著 ($P < 0.05$),但贮藏末期 3 种处理含量又接近于同一水平。

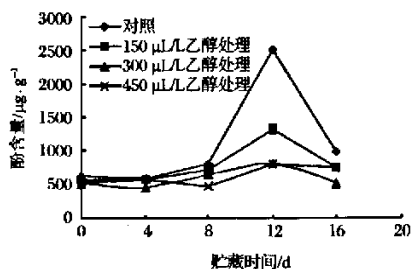


图6 贮藏过程中鲜切菊芋总酚含量变化情况

4 讨论

贮藏过程中,各组表面白度逐渐下降,趋向于红变。鲜切菊芋褐变一般与本身酶活性变化有密切关系,有研究认为,鲜切菊芋褐变主要是由于多酚氧化酶引起的酶促褐变造成的,所以主要从抑制 PPO 活性方面来寻找抑制褐变的方法,从试验结果来看,乙醇处理对 PPO 活性有一定的抑制作用,但这种作用并不显著。本研究认为,除多酚氧化酶与褐变有关外,苯丙氨酸解氨酶(PAL)对鲜切菊芋的褐变也起很大的作用,在研究鲜切菊芋酶促褐变的时候,应该把 PAL 的活性也作为衡量褐变的指标。因为在贮藏过程中,对照 PAL 活性一直高于处理组,说明乙醇处理能明显降低鲜切菊芋的 PAL 活性,而且试验结果也表明乙醇处理能明显推迟鲜切菊芋褐变,所以 PAL 活性与褐变有非常密切的关系。POD 是果蔬成熟和衰老的一个指标,参与酚类物质的氧化和聚合而导致褐变。从整个贮藏过程来看,在贮藏前期对照和处理组 POD 活性差别不大,但贮藏后期处理组均低于对照组,而且乙醇处理浓度越高 POD 活性越低,所以乙醇可以推迟菊芋褐变与对 POD 的抑制作用有一定的关系。

许多研究已表明,褐变除与酶的活性密切相关外,酚类物质也是造成褐变的一个重要因素。酚类物质在酶的作用下氧化为醌,醌再经非酶促聚合形成褐色物质而产生褐变。本研究结果表明,贮藏过程中对照组和处理组酚含量差异不大,变化趋势一致,只是在中后期对照组含量高于处理组。这种变化可能是由于乙醇直接作用于酚类物质而产生的变化,也可能是由于乙醇作用于组织中的一种酶或多种酶,再由酶作用于酚类物质,即乙醇间接作用的结果,但原因尚需要进一步的研究证实。

乙醇具有防腐杀菌的作用,在本研究中,对照组和处理组在整个贮藏过程中均未发生腐烂现象,可能

是因为贮藏时间较短,所以并未体现出乙醇在防腐方面的作用。

5 结 论

(1)乙醇熏蒸处理能明显延迟鲜切菊芋表面褐变,使产品在贮藏过程中保持优良品质。在试验中处理选择了3个浓度,结果表明,450 $\mu\text{L/L}$ 乙醇熏蒸处理5h效果最好,4~5℃条件下贮藏16d基本无褐变,品质保持最佳;而对照第4天即开始出现褐变,而且贮藏后期较严重褐变。

(2)乙醇处理能明显降低鲜切菊芋的PAL活性,对PPO和POD活性也有一定的抑制作用。

参 考 文 献

- 1 孙纪录,贾英民. 菊芋资源的开发利用[J]. 食品科技, 2003(1): 27~28
- 2 杨政水,黄 静. 菊芋多酚氧化酶特性的研究[J]. 食品研究与开发,2006,27(2):24~25
- 3 佟世生,冯双庆. 乙醇处理对贮藏鸭梨生理病害及品质的影响[J]. 无锡轻工大学学报,2002,21(3):292~295
- 4 Kelly M O, Saltevit M E. Effect of endogenously synthesized and exogenously applied ethanol on tomato fruit ripening[J]. Plant Physiol,1998,88:143~147
- 5 Plotto A, Bai J, Narciso J A, et al. Ethanol vapor prior to processing extends fresh-cut mango storage by decreasing spoilage, but does not always delay ripening[J]. Postharvest Biology and Technology, 2006,39:134~145
- 6 龚吉军,李忠海. 乙醇处理对茼蒿采后生理生化的影响[J]. 中南林学院学报,2006,26(4):61~64
- 7 李秋菊,韩艳红. 乙醇处理对桃果实贮藏期间 POD、PPO 活性的影响[J]. 食品研究与开发,2006,127(7):185~187
- 8 陶炜煜,韩俊华. 乙醇处理对最小加工西兰花生理和品质的影响[J]. 食品科技,2006(4):43~46
- 9 Couture R M I, Cantwell D K, Saltveit M E. Physiological attributes related to quality attributes and storage life of minimally processed lettuce[J]. Hortscience, 1993,28(7):723~725

Study on the Preservation Effect of Fresh-cut Jerusalem Artichoke with Ethanol Vapor Treatment

Xu Li, Zhang Bingbing, Wang Qingguo

(College of Food Science and Engineering, Shandong Agricultural University, Taian 271018, China)

ABSTRACT During the experiment, the exploration on the browning mechanism of fresh-cut Jerusalem Artichoke and control methods were carried out, and the preservation effect of fresh-cut Jerusalem artichoke with different concentrations of ethanol vapor treatment was studied. The results showed that ethanol vapor treatment can retard the browning of the surface and maintain a good quality of the products during the storage. Five hours' treatment by 450 $\mu\text{L/L}$ of ethanol vapor was the best condition. After stored at 4~5℃ for 16 days, it maintained the best quality.

Key words jerusalem artichoke, browning, ethanol vapor

行业动态

中国已成为世界第三大燃料乙醇生产国

有关数据显示,巴西和美国的合计产量约占了世界燃料乙醇产量的90%,这与两国政府大力支持本国乙醇生产密不可分。美国政府自1978年起就以各种补贴水平对生物乙醇生产商实施补贴,各个州政府还另有补贴。在巴西,90%的乙醇都用作燃料,据统计,该国乙醇的消费量已占到全国汽车燃料消费量的43%。随着油价高涨,巴西的乙醇出口增速越来越快,2005年该国乙醇出口为24.3亿L,到2010年这个数字将扩大至80亿L。

中国已成为世界第三大生物燃料乙醇生产国。据统计,目前全国生产的燃料乙醇总量为102万t。随着我国国内汽油消费量的增加,现在的燃料乙醇生产能力根本不能满足试点区域的市场需要。

印度是世界上第二产糖大国,2002年开始开发生物燃料,2003年始,印度政府要求某些邦中的炼油厂在燃料中掺混5%的乙醇。由于这个能源短缺的国家急需改变70%原油需要依赖进口的现状,近几年,印度乙醇的产量不断成倍增加。