

周白雪, 谢 君, 包垠秋, 等. 低温贮藏对莲藕酚类物质组成的影响[J]. 江苏农业科学, 2019, 47(1): 189–191.

doi:10.15889/j.issn.1002-1302.2019.01.046

低温贮藏对莲藕酚类物质组成的影响

周白雪¹, 谢 君¹, 包垠秋¹, 王宏勋^{1,2}, 易 阳^{1,2}, 闵 婷^{1,2}

(1. 武汉轻工大学食品科学与工程学院, 湖北武汉 430023; 2. 湖北省生鲜食品工程技术研究中心, 湖北武汉 430023)

摘要: 研究低温贮藏对莲藕褐变度、总酚含量及酚类物质组成的影响。低温贮藏有效延缓了莲藕的褐变, 20 ℃贮藏条件下, 褐变度和总酚含量呈增加趋势, 增加的酚类物质可能是由于酚类物质合成增加或是褐变产物的积累。通过高效液相测定酚类物质组成, 20 ℃贮藏条件下的莲藕在保留时间 50 ~ 62 min 的物质种类有明显增加, 而低温贮藏条件下, 保留时间 50 ~ 62 min 的物质种类较少且变化不明显。保留时间 50 ~ 62 min 的物质可能是 20 ℃诱导合成的物质或是褐变过程中的产物。莲藕多酚提取物中检测到的单酚有没食子酸、没食子儿茶素、儿茶素。在贮藏期间, 没食子酸和没食子儿茶素的含量在减少, 在贮藏后期儿茶素的含量在增加。在贮藏前期, 低温条件下没食子酸含量的减少弱于高温贮藏; 在贮藏后期, 低温贮藏儿茶素含量的增加弱于高温贮藏。

关键词: 低温贮藏; 莲藕; 酚类物质; 组成

中图分类号: TS201.2 **文献标志码:** A **文章编号:** 1002-1302(2019)01-0189-03

莲藕是我国重要的特色水生蔬菜和出口创汇蔬菜, 尤以长江三角洲、珠江三角洲、洞庭湖为多。莲藕富含淀粉、蛋白质、维生素 C 等成分, 其汁多肉嫩、营养丰富, 具有健脾益气、益血生肌等保健功效^[1]。

低温可抑制果蔬呼吸作用与多酚氧化酶 (polyphenol oxidase, PPO)、过氧化物酶 (peroxidase, POD) 等的活性, 降低各种生理生化反应速度, 减慢褐变的发生, 同时可抑制微生物的活动, 延长货架期^[2]。王静等研究表明, 与常温 (20 ℃) 相比, 1 ℃贮藏能明显抑制鲜切牛蒡的褐变^[3]; 杨霞等研究表明, 低温贮藏 (2.8 ℃) 能有效减少鲜切茼蒿的水分蒸发, 降低失质量率, 抑制呼吸作用、维生素 C 的损失和 PPO 的活性, 减轻组织褐变, 并能有效地抑制鲜切茼蒿中微生物的生长繁殖, 减缓鲜切茼蒿的衰老, 较好地保持果蔬新鲜状态^[4]; 王志华等研究表明, 酥梨长期贮藏温度以 0 ~ 1.5 ℃为宜, 中期贮藏 (120 d) 可采用 1.5 ~ 5 ℃^[5]。多数研究认为, 鲜切果蔬适合在 0 ~ 6 ℃条件下贮藏, 褐变度明显受到抑制。

莲藕在鲜切加工和高温贮藏过程中容易褐变, 其中起到主要作用的是酶促褐变。酶促褐变的主要底物是酚类物质。孙杰等研究表明, 莲藕酚类物质包括没食子酸、绿原酸、儿茶素、咖啡酸、香豆酸和白藜芦醇^[6]; 徐燕燕等研究表明, 莲藕多酚包括没食子酸、咖啡酸、香豆酸、芸香苷、表儿茶素、绿原酸和白藜芦醇^[7]。目前的研究表明, 果蔬中酚类物质包括没食子酸、儿茶素、咖啡酸、香豆酸、白藜芦醇、芸香苷、表儿茶素、槲皮素、儿茶酚、绿原酸、没食子儿茶素^[7-13]。

郁志芳等研究表明, 初步认为儿茶酚是鲜切莲藕的主要

褐变底物^[14]; 王清章等研究表明, 没食子酸是 PPO 最适宜的酚类底物^[15]; 赵兴友等研究表明, 鲜切莲藕切分后组织中新合成的及参与褐变的酚主要是游离酚, 多酚氧化酶活性与游离酚类物质表现为同步的先升后降变化规律, 且均在切分后第 6 天达到最高峰^[16]。蒋娟等研究表明, 常温贮藏期间鲜切藕片中的酚类物质种类不变, 但含量会改变^[9]。莲藕酚类物质研究颇受关注, 但低温贮藏期间的莲藕酚类物质组成研究甚少。本研究通过研究低温贮藏莲藕褐变度、总酚含量以及酚类物质组成, 来明晰低温贮藏对莲藕酚类物质组成的影响。

1 材料与方法

1.1 材料与试剂

鄂莲五号, 采于武汉汉口北四季美农贸批发市场。处理前, 莲藕在 4 ℃保存 24 h。用自来水清洗并去皮, 切成 5 mm 厚的切片, 将其转入清水中浸泡 2 min 后, 将鲜切莲藕切片用滤纸吸干水分, 进行托盘包装, 分别转入冰箱 (4 ℃, 20 ℃) 中。

乙醇、Folin 酚、无水碳酸钠、没食子酸, 购自国药集团化学试剂有限公司; 没食子酸、香豆酸、绿原酸、咖啡酸、白藜芦醇、槲皮素、儿茶素、没食子儿茶素、儿茶酚、表儿茶素、芸香苷, 购自 Sigma 公司; 甲醇和冰乙酸为色谱纯, 购自 Fisher 公司。

1.2 设备

UV-1100D 紫外可见分光光度计, 购自上海美谱达仪器有限公司; 高效液相色谱系统 (Agilent-1260LC), 购自安捷伦科技有限公司; WondaSil C₁₈ 色谱柱 (4.6 mm × 250 mm, 5 μm), 购自 GL Sciences 公司; RE-2000A 旋转蒸发仪, 购自上海亚荣生化仪器厂; DC-1006 节能型智能恒温槽、XHF-D 高速分散器, 购自浙江宁波新芝生物科技有限公司; TGL-16A 医用离心机, 购自湖南长沙平凡仪器仪表有限公司。

1.3 方法

1.3.1 褐变度测定 褐变程度的提取和测定参考文献 [17]

收稿日期: 2018-07-25

基金项目: 国家重点研发计划 (编号: 2016YFD0400103-05); 武汉轻工大学杰出项目 (编号: 2018J02)。

作者简介: 周白雪 (1993—), 女, 湖北武汉人, 硕士研究生, 主要研究方向为果蔬采后品质生物学。E-mail: 1601308378@qq.com。

通信作者: 闵 婷, 博士, 讲师, 主要研究方向为果蔬采后品质生物学。E-mail: minting1323@163.com。

稍作修改。4 ℃ 下,用 30 mL 蒸馏水将 3.0 g 肉组织匀浆,在 4 ℃、10 000 r/min 离心 5 min。收集上清液,在 25 ℃ 水浴中保温 5 min。使用分光光度计在 410 nm 处测量吸光度 $D_{410\text{ nm}}$,褐变度表示为 $D_{410\text{ nm}} \times 10$ 。

1.3.2 总酚含量的测定 总酚含量根据 Folin - Ciocalteu 方法测定^[18]。将 3.0 g 新鲜的肉组织样品用 30 mL 60% 乙醇匀浆,并以 10 000 r/min 离心 5 min。将上清液 (10 mL) 用 40 mL 60% 乙醇稀释以进行下一次测定。将 0.125 mL 溶液和 0.625 mL 蒸馏水混合,然后加入 0.125 mL Folin 酚试剂。充分混合后,将混合物在室温下静置 3 min,然后加 1.25 mL 7% NaCO_3 和 1.0 mL 蒸馏水。在 25 ℃ 水浴中避光静置 90 min 后,使用分光光度计测量在 760 nm 处的吸光度。使用没食子酸的标准曲线来量化总酚含量。结果表示为没食子酸当量/鲜质量 (mg/kg),所有处理均设 3 次生物重复。

1.3.3 莲藕酚类物质提取 莲藕酚类物质提取参考文献 [19] 的方法略作修改:称取 40 g 莲藕样品,加入 200 mL 预冷的 40% 乙醇,在 10 000 r/min 转速下均质 3 min,超声 72 min;匀浆在 4 500 r/min 下离心 10 min,过滤分离上清液;滤渣加入 200 mL 预冷的 40% 乙醇,超声 10 min,重复浸提 1 次,合并上清液。真空浓缩,并用甲醇定容至 25 mL 容量瓶。

2 结果与分析

2.1 低温贮藏对鲜切莲藕褐变度的影响

褐变度是用于评价水果和蔬菜褐变的主要指标。由图 1 可知,在高温 (20 ℃) 贮藏条件下,随着贮藏期的增加,褐变度增加,而 4 ℃ 贮藏条件下莲藕的褐变度变化不明显。可见低温贮藏有效延缓了莲藕的褐变,此研究结果与郑梦林的研究结果^[20]一致。

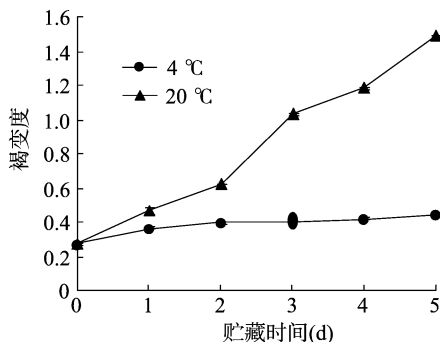
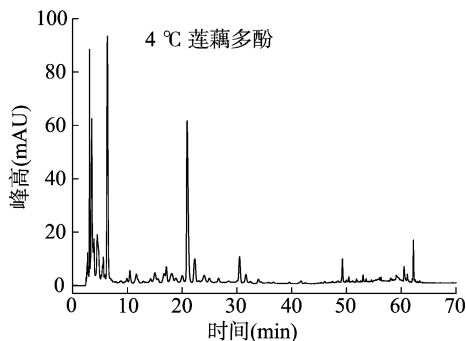


图1 低温贮藏对莲藕褐变度影响



2.2 低温贮藏对莲藕总酚含量的影响

酚类物质是果蔬酶促褐变的主要底物。由图 2 可知,20 ℃ 条件下贮藏,酚类物质的含量随着贮藏期延长而增加,而 4 ℃ 条件下,莲藕中总酚含量随贮藏期延长变化不明显。总酚含量的增加,可能是由于褐变底物酚类物质的合成增加或是褐变产物的增加所导致,该结果与 Min 等的研究结果^[21-22]一致。

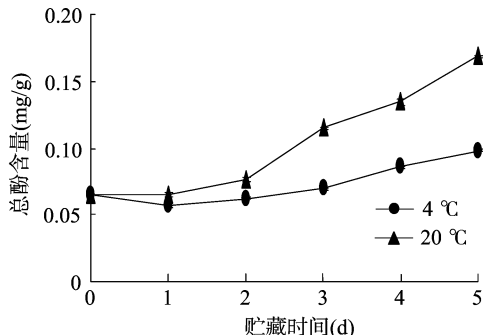


图2 低温贮藏对莲藕总酚含量的影响

2.3 低温贮藏对莲藕中酚类物质组成的影响

2.3.1 对酚类物质种类的影响 目前已报道的果蔬中具有代表性的酚类物质有没食子酸、香豆酸、没食子儿茶素、绿原酸、儿茶素、咖啡酸、表儿茶素、芸香苷、儿茶酚、白藜芦醇和槲皮素^[7-13]。将这 11 种标准品和表没食子儿茶素标准品与莲藕多酚提取物相比较,莲藕中检测到的单酚有没食子酸、没食子儿茶素、儿茶素。而孙杰等的研究发现,莲藕中主要酚类物质除了没食子酸、儿茶素以外,还检测到了绿原酸和咖啡酸^[6]。研究结果的差异可能是由于莲藕品种、采收时间以及酚类物质提取方法的不同导致的。将 20 ℃ 贮藏条件下莲藕多酚提取物与 4 ℃ 贮藏的相比 (图 3),20 ℃ 贮藏条件下的莲藕多酚提取物在保留时间 50 ~ 62 min 时的物质种类有明显增加,而 4 ℃ 贮藏条件下在此保留时间的物质种类较少且变化不明显,此区间物质用 12 种标准品无法鉴定。在贮藏期间,随着褐变度的增加,保留时间 50 ~ 62 min 的物质种类呈现增加趋势,保留时间 50 ~ 62 min 出现的物质可能是在贮藏过程中合成的或是褐变的产物。蒋娟等研究表明,常温贮藏期间鲜切藕片中的酚类物质种类不变,但含量会改变^[9]。若为褐变产物,则与蒋娟等的研究结论^[9] 相同,与 4 ℃ 相比,20 ℃ 莲藕中增加的总酚可能来源于保留时间 50 ~ 62 min 的

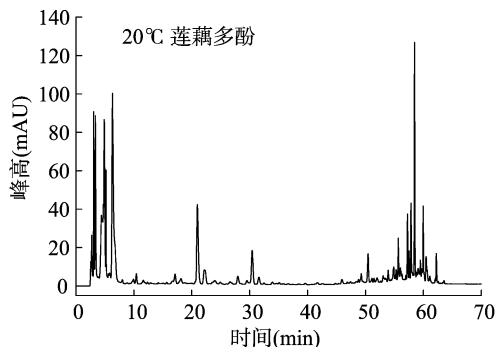


图3 莲藕多酚提取物的高效液相色谱图

物质。若保留时间 50 ~ 62 min 的物质来源于高温诱导合成的,则这部分物质还有待进一步研究鉴定。

2.3.2 对酚类物质含量的影响 莲藕没食子酸和没食子儿茶素的含量在贮藏期间与贮藏前(0 d)相比,呈现减少趋势。没食子酸含量在贮藏 0 ~ 3 d, 20 ℃ 贮藏条件下没食子酸的含量减少趋势比 4 ℃ 贮藏的剧烈;没食子儿茶素的含量在贮藏 0 ~ 2 d, 20 ℃ 贮藏条件的减少趋势比 4 ℃ 的慢;在贮藏期

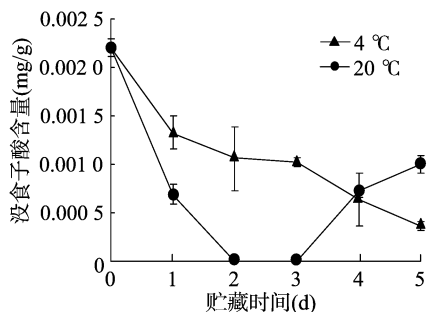


图4 低温贮藏对莲藕中没食子酸含量的影响

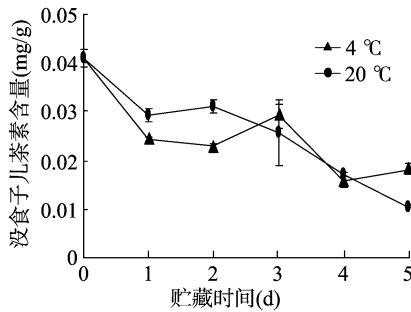


图5 低温贮藏对莲藕中没食子儿茶素含量的影响

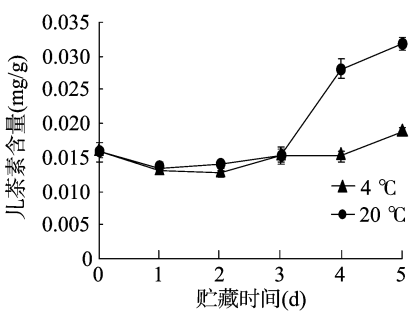


图6 低温贮藏对莲藕中儿茶素含量的影响

3 结论

低温贮藏有效延缓了莲藕的褐变, 20 ℃ 贮藏条件下, 褐变度和总酚含量也呈现增加趋势, 增加的酚类物质可能是酚类物质合成增加或是褐变产物的积累。

通过高效液相测定酚类物质组成, 20 ℃ 贮藏条件下莲藕在保留时间 50 ~ 62 min 的物质种类有明显增加, 而低温贮藏条件下, 保留时间 50 ~ 62 min 的物质种类较少且变化不明显。保留时间 50 ~ 62 min 的物质可能是 20 ℃ 诱导合成的物质或是褐变过程中的产物。莲藕多酚提取物中检测到的单酚有没食子酸、没食子儿茶素、儿茶素。在贮藏期间, 没食子酸和没食子儿茶素的含量在减少, 在贮藏后期儿茶素的含量在增加。在贮藏前期, 低温条件下没食子酸含量的减少弱于高温贮藏; 在贮藏后期, 低温贮藏儿茶素的增加弱于高温贮藏。

参考文献:

- [1] 张长贵, 董加宝, 王祯旭, 等. 莲藕的营养保健功能及其开发利用[J]. 中国食物与营养, 2006(1): 22-24.
- [2] 魏敏, 周会玲, 陈小利, 等. 低温贮藏对鲜切富士苹果褐变的影响[J]. 西北林学院学报, 2011, 26(5): 131-134, 144.
- [3] 王静, 徐为民, 诸永志, 等. 贮藏温度对鲜切牛蒡褐变的影响[J]. 江苏农业学报, 2008, 24(4): 492-496.
- [4] 杨霞, 舒晓斌, 吴广辉, 等. 贮藏温度对鲜切莴笋品质的影响[J]. 食品与机械, 2011, 27(5): 156-158, 189.
- [5] 王志华, 姜云斌, 王文辉, 等. 不同低温贮藏对杨山酥梨货架期组织褐变和品质的影响[J]. 园艺学报, 2014, 41(12): 2393-2401.
- [6] 孙杰, 陆双双, 徐燕燕, 等. 莲藕不同部位酚类物质含量、组成及抗氧化活性比较[J]. 武汉轻工大学学报, 2015, 34(2): 20-25.
- [7] 徐燕燕, 孙杰, 陈雅卉, 等. 莲藕多酚浸提工艺优化及其抗氧化活性研究[J]. 食品与机械, 2016, 32(2): 128-132.
- [8] 孙春丽, 王紫燕, 李春阳, 等. 市售洋槐蜜多酚类成分及其抗氧化活性研究[J]. 江苏农业科学, 2016, 44(4): 321-327.

间, 前 3 d 温度对儿茶素含量的影响不大, 贮藏 4 d 开始, 20 ℃ 贮藏条件下莲藕的儿茶素含量增加趋势大于 4 ℃ 贮藏条件(图 4、图 5、图 6)。没食子酸的含量在贮藏前期, 20 ℃ 条件下减少得比 4 ℃ 快, 可能是由于高温诱导酶促褐变。20 ℃ 条件贮藏, 在贮藏后期, 能诱导儿茶素合成。郁志芳等研究表明, 初步认为儿茶酚是鲜切莲藕的主要褐变底物^[14]; 但在本研究中未检测到儿茶酚, 可能由于莲藕的品种不同。

- [9] 蒋娟, 姜丽, 傅淋然, 等. 鲜切莲藕褐变期间酚类提取及其对自由基的清除能力[J]. 食品科学, 2013, 34(15): 32-37.
- [10] 李丽梅, 赵哲, 何近刚, 等. 不同品种梨果酚类物质和抗氧化性能分析[J]. 食品科学, 2014, 35(17): 83-88.
- [11] 侯丽娟, 严超, 齐晓茹, 等. 不同种类水果醋中酚类物质测定与比较[J]. 食品工业, 2016, 37(11): 151-154.
- [12] 陆致成, 孙海龙, 张静茹, 等. 不同种质李果酚类物质组分及其含量分析[J]. 中国南方果树, 2016, 45(6): 105-109.
- [13] 苏东晓, 张瑞芬, 张名位, 等. 荔枝果肉酚类物质大孔树脂分离纯化工艺优化[J]. 中国农业科学, 2014, 47(14): 2897-2906.
- [14] 郁志芳, 赵友兴, 李宁, 等. 鲜切莲藕酶促褐变底物的分析确定[J]. 食品科学, 2002, 23(4): 41-44.
- [15] 王清章, 彭光华, 金悠, 等. 莲藕中酚类物质的提取分析及酶促褐变底物的研究[J]. 分析科学学报, 2004, 20(1): 38-40.
- [16] 赵友兴. 鲜切莲藕酶促褐变机理与控制的研究[D]. 南京: 南京农业大学, 2000.
- [17] 张京芳. 鲜切莲藕酶褐变的控制方法[J]. 资源开发与市场, 2005, 21(2): 91-92.
- [18] Guo X D, Wu C S, Ma Y J, et al. Comparison of milling fractions of tartary buckwheat for their phenolics and antioxidant properties[J]. Food Research International, 2012, 49(1): 53-59.
- [19] 卢黎明. 莲藕酶促褐变的研究[D]. 武汉: 华中农业大学, 1996.
- [20] 郑梦林. 不同贮藏条件对鲜切莲藕褐变影响及 PAL、PPO 和 POD 的表达调控[D]. 武汉: 武汉轻工大学, 2016.
- [21] Min T, Xie J, Zheng M L, et al. The effect of different temperatures on browning incidence and phenol compound metabolism in fresh-cut lotus (*Nelumbo nucifera* G.) root[J]. Postharvest Biology and Technology, 2017, 123: 69-76.
- [22] Abotatem M, Zouine J, El Hadrami I. Low concentrations of BAP and high rate of subcultures improve the establishment and multiplication of somatic embryos in date palm suspension cultures by limiting oxidative browning associated with high levels of total phenols and peroxidase activities[J]. Scientia Horticulturae, 2011, 130(1): 344-348.