

莲藕采后生理生化特性研究

徐 莉, 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 以新鲜莲藕为试验材料, 对不同品种的莲藕在贮藏过程中的生理生化特性进行了研究。结果表明: 贮藏过程中表皮白度逐渐下降, 但藕肉白度变化不大; 多酚氧化酶活性和多酚含量变化均呈现出先上升后下降的趋势; 纤维素含量对藕的脆度变化有一定的影响; 综合白度变化、脆度和腐烂率等因素来考察, 3 个品种中以济南大卧龙品质最优。

关键词 莲藕, 采后, 白度, 生理生化

莲藕 (*Nelumbo nucifera gaertn.*), 原产中国和印度, 我国湖南、湖北、浙江、江苏、福建、广东、山东普遍栽培^[1,2]。莲藕含有丰富的蛋白质、碳水化合物、淀粉、钙、铁、抗坏血酸、多种氨基酸, 另外还含有生物碱、胡萝卜素、尼克酸、核黄素、硫胺素等化合物以及锰、钛、铜等元素^[3]。莲藕性平味甘, 补中养神, 益气力, 止渴, 止血, 清血, 降血压, 既可生食又可熟食, 可以加工成藕片、藕段、藕粉等^[4]。我国莲藕种植面积很大, 已达 300 万 km² 以上, 占水生蔬菜种植总面积的 1/3 强^[5], 但采后易于腐烂, 品质下降较快, 特别容易褐变。本研究主要对莲藕采后与其褐变及耐贮藏性有关的生理生化性质进行了分析, 并比较了不同品种的莲藕在贮藏过程中品质变化的情况。

1 材料与方法

1.1 材 料

试验选用 3 个品种: 济南大卧龙、北京白莲藕、鄂莲四号, 均采自济南吴家堡镇, 采收后选择无机械伤、病害的新鲜莲藕(保持完整地藕节)为实验材料, 运回实验冷库(5~6℃, 相对湿度 90%~95%), 预冷 12~18 h 后, 清洗干净, 置于 PE 薄膜袋中, 放于库中贮藏。

1.2 主要试剂

H₂SO₄、NaOH、体积分数 95% 乙醇、丙酮、Na₂HPO₄、NaH₂PO₄、邻苯二酚、三氯乙酸、没食子酸、Na₂CO₃ 均为分析纯, 福林酚试剂为生化试剂。

1.3 主要仪器与设备

色差计 (Model CR-300, Minolta, 日本美能达公司), Beckman Allegra 64R 高速冷冻离心机 (美国

BECKMAN 公司), UV-2000 分光光度计 (上海尤尼柯仪器有限公司), TA.XT2i 质构分析仪 (英国 Stable Micro Systems 公司), 岛津 UV-2450PC 紫外可见分光光度计 (日本岛津公司)。

1.4 方 法

1.4.1 莲藕白度测定

色差计测定, 以标准白度 ($L = 97.06, a = 0.04, b = 2.01$) 对色差计进行校准, 测定表皮和藕肉白度变化情况。以下列公式来表示白度值 WI (whiteness index): $WI = 100 - [(100 - L)^2 + a^2 + b^2]^{1/2}$ ^[6]。其中, L 表示光亮度 (数值 0~100), a 表示红 (+ a) 绿 (- a) 色值, b 表示黄 (+ b) 蓝 (- b) 色值。

1.4.2 含水量测定

按照 GB/T 5009.3-1985, 直接干燥法。

1.4.3 纤维素含量测定

重量法^[7]。

1.4.4 多酚氧化酶活性测定

吸光值法^[8]。

1.4.5 莲藕多酚含量测定

福林法^[9], 稍作修改。

标准曲线的制定: 先配制不同浓度的没食子酸, 然后取 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% NaCO₃, 用水定容至 10 mL, 室温下反应 2 h, 于 760 nm 下测定吸光度, 由吸光度对浓度进行回归, 求得标准曲线。

样品总酚含量的测定: 取样品 5 g, 加入 5 mL 去离子水, 研磨后加入体积分数 70% 丙酮 25 mL 浸提 6 h, 4 000 r/min 离心 10 min。取上清液 1 mL, 加入反应液 (同制定标准曲线) 反应 2 h 后, 稀释适当倍数后于 760 nm 下测定吸光度, 查标准曲线, 按照下列公式计算总酚的含量。

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

第一作者: 硕士研究生 (王庆国为通讯作者)。

收稿日期: 2007-03-15, 改回日期: 2007-04-26

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), w 为样品质量(g)。

1.4.6 莲藕脆度测定

TA-XT2i 物性测定仪测定,探头为 P/0.25 S。测定条件设置如下:

前进速度 8.0 mm/s ,破碎速度 5.0 mm/s ,后退速度 8.0 mm/s ,距离为 5 mm 。用破碎力 $\text{force}(\text{g})$ 来表示其脆度,破碎力为曲线中第 1 个峰值,破碎力越小表明其脆度越大^[10]。

1.4.7 腐烂率变化

重量法,腐烂的质量占总质量的百分比。

2 结果与分析

2.1 莲藕白度、多酚氧化酶(PPO)活性以及多酚含量变化情况

2.1.1 莲藕白度变化情况

莲藕采后,极易褐变,使莲藕白度下降,严重的影响莲藕的感官品质。莲藕褐变原因主要是由于组织中的多酚氧化酶将酚类物质氧化成醌,再进一步聚合形成褐色和黑色素,造成褐变。另外,多酚类物质氧化缩合也会造成组织褐变。莲藕在贮藏过程中白度变化情况如图 1 和图 2 所示。

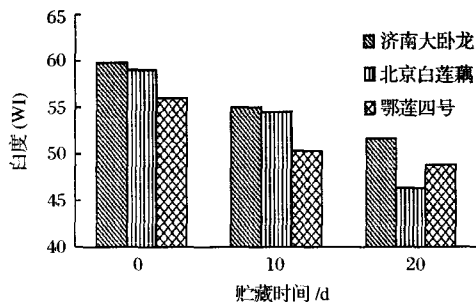


图1 贮藏过程中莲藕表皮白度变化情况

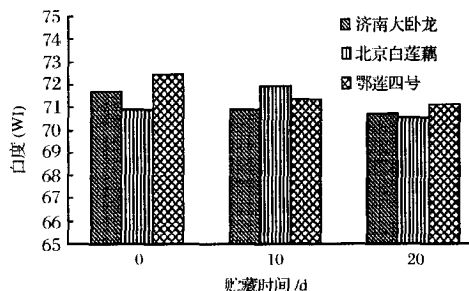


图2 贮藏过程中莲藕内部白度变化情况

从图 1 和图 2 中可以看出,莲藕表皮白度明显小于肉部。贮藏过程中,表皮白度下降比肉部白度下降

快,贮藏后莲藕表皮白度比贮藏前降低了 10 左右,而肉部仅降低了大约 1,这是由于表皮暴露于外部,易于被空气中的 O_2 氧化而发生褐变,另外,外部表皮由于摩擦或碰撞更易于组织损伤导致感官品质下降。由图 1 可知,济南大卧龙表皮白度最高,而且在贮藏过程中,北京白莲藕表皮白度下降最快,WI 值从 59.015 09 下降至 46.355 38(下降了 12.659 71),而大卧龙和鄂莲四号下降较慢,WI 值分别下降了 8.136 58 和 7.059 54。由图 2 可知,3 个品种藕肉白度相差不大,而且贮藏过程中变化不大。

2.1.2 莲藕多酚氧化酶(PPO)活性变化情况

多酚氧化酶属氧化还原酶^[11],活性位点含有 Cu,在有氧存在的情况下,它能催化酚类物质形成醌,醌类物质聚合而导致褐变。由图 3 可以看出,在贮藏前期,各品种莲藕的 PPO 活性均呈上升趋势,到第 10 天达到高峰,而后逐渐降低。

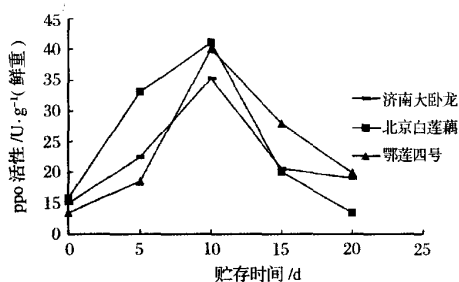


图3 莲藕贮藏过程中 PPO 活性变化情况

2.1.3 莲藕多酚含量变化情况

有研究表明^[12]没食子酸为莲藕多酚的主要成分,故选择没食子酸为标准品。没食子酸与福林试剂反应后的溶液经 $190 \sim 900 \text{ nm}$ 波长范围内扫描,在 760 nm 处有明显的吸收峰。图 4 为由没食子酸为标准物配制的标准曲线,结果表明没食子酸浓度在 $0 \sim 20 \mu\text{g/mL}$ 范围内与其吸光值呈良好线性关系,线性回归方程为 $y = 0.0278x + 0.011$,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

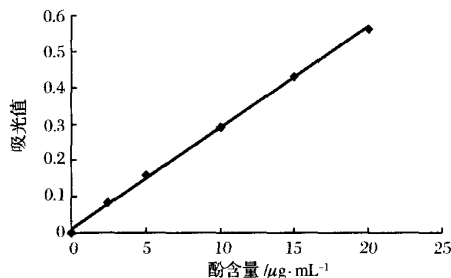


图4 酚含量与吸光值的关系

0.999。

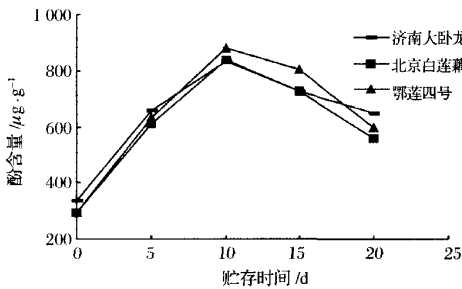


图5 贮藏过程中藕肉总酚含量变化情况

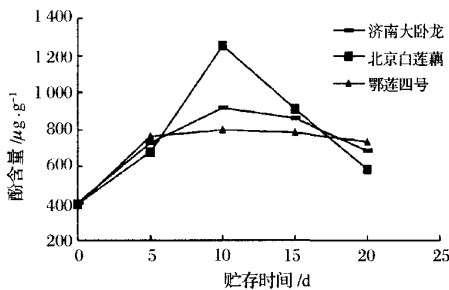


图6 贮藏过程中藕节总酚含量变化情况

从图5和图6中可以看出，藕节中酚含量高于肉中，贮藏过程中，酚含量变化呈现先上升后下降的趋

势，第10天含量达到最高。由图5可知，3个品种的酚含量相近，而且在贮藏过程中变化规律一致，变化数量相差不大。分析图6，北京品种在第10天酚含量明显高于其他2个品种，而其余时间相差不大。

2.1.4 褐变与PPO活性及多酚含量的关系分析

莲藕褐变与组织所含的酚类物质以及多酚氧化酶有密切关系，莲藕在贮藏过程中，不论表皮还是肉质，其白度都是逐渐降低的，尤其是表皮变化更明显，出现了明显的表皮褐变。PPO活性和酚含量呈现了相似的规律性，即先上升后下降的趋势。总酚和游离酚之间存在动态平衡，酶反应的底物是游离酚，但当底物减少时，总酚会转化为游离酚，故研究时以总酚为衡量指标。贮藏前期，白度下降与PPO活性升高有一定的相关性；而贮藏后期，白度下降与酚含量下降呈一定的负相关性，但关于对褐变起主导作用的因素及机理需进一步深入细致的研究。

2.2 水分含量变化情况

莲藕含水量大，采后由于改变了其生长环境，极易失水而导致品质下降。从表1可以看出，鄂莲四号含水量最高，而且贮藏过程中含水量下降速度较另外2个品种慢。

表1 贮藏过程中莲藕含水量的变化

	贮藏时间/d				
	0	5	10	15	20
	含水量/%				
济南大卧龙	81.020 45	80.413 27	79.704 84	75.941 63	75.917 5
北京白莲藕	80.059 38	79.678 17	77.643 56	77.873 2	76.638 9
鄂莲四号	81.242 22	80.958 43	80.900 00	80.283 37	79.020 9

2.3 纤维素含量及脆度变化情况

从表2可以看出，随着贮藏时间的延长，莲藕纤维含量呈上升趋势。在整个贮藏过程中，大卧龙纤维

含量最低，而且含量增加最慢，贮藏20天仅增加了0.1082%，而北京品种和鄂莲四号分别增加了0.3381%和0.3280%。

表2 贮藏过程中莲藕纤维素含量的变化

	贮藏时间/d				
	0	5	10	15	20
	纤维素含量变化/%				
济南大卧龙	0.574 9	0.608 9	0.655 2	0.684 3	0.728 1
北京白莲藕	0.649 6	0.711 2	0.764 0	0.842 5	0.987 7
鄂莲四号	0.699 0	0.776 6	0.781 1	0.820 0	1.027 0

组织结构和细胞排列对藕的品质包括脆度、硬度、粗糙感等有较大的影响^[12]，而纤维素是细胞壁的重要组成部分，所以和藕的脆度有一定的关系。由图7结果可以看出，大卧龙脆度最大，鄂莲四号脆度最小，与粗纤维含量表现出正相关性。

2.4 腐烂率变化情况

北京白莲藕和鄂莲四号从贮藏第11天开始出现腐烂，大卧龙从第13天开始出现腐烂，腐烂主要表现为表面出现腐烂斑，有黄色或绿色菌斑，藕节处明显出现霉菌；随着腐烂程度的加重，逐渐向内部扩展，使

藕肉质腐烂,表现出褐色或灰色,并出现异味。比较表 3 结果,可以看出鄂莲四号腐烂最严重,而且腐烂速度比另外 2 个品种都快。

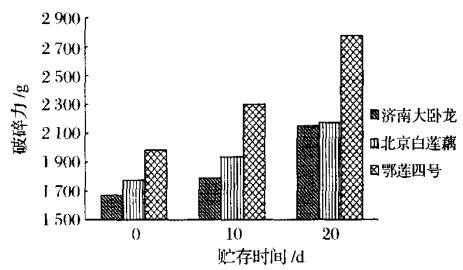


图 7 贮藏过程中莲藕脆度变化情况

表 3 贮藏过程中腐烂率的变化

	贮藏时间/d		
	15	20	25
	腐烂率变化/%		
济南大卧龙	0.478 7	0.975	4.734 8
北京白莲藕	0.88	2.653	3.719 5
鄂莲四号	0.836 5	3.719 5	6.216 7

3 结 论

(1)济南大卧龙表皮白度最高,贮藏过程中,北京白莲藕表皮白度下降最快,大卧龙和鄂莲四号下降较慢,但 3 个品种藕肉白度相差不大,而且贮藏过程中变化不大。

(2)多酚氧化酶活性和酚含量变化情况均呈现出先上升后下降的趋势。

(3)比较 3 个品种,济南大卧龙脆度最高,纤维素含量最低,纤维素含量对脆度有一定的影响。

(4)从白度变化、脆度和腐烂率方面来考察,3 个

品种中以济南大卧龙品质最优。

参 考 文 献

1 于 新. 藕采后生理及保鲜技术研究进展[J]. 广州食品工业科技, 2002,18(3):58~61

2 许金蓉. 不同品种莲藕生理生化特性研究[J]. 广州食品工业科技, 2003,19(4):24~27

3 许金蓉. 莲藕(地下膨大茎)贮藏及其生理生化研究进展[J]. 氨基酸与生物资源, 2003,25(2):4~7

4 李传宝. 白莲藕品种及栽培技术[J]. 中国种业, 2004,3:56~57

5 郑寨生. 水生蔬菜生产现状及其前景分析[J]. 当代蔬菜, 2005(10):4~5

6 Vasantha Rupasinghe H P, Jeanine Boulter Bitzer, Tae-hyun Ahn, et al. Vanillin inhibits pathogenic and spoilage microorganisms in vitro and aerobic microbial growth in fresh-cut apples[J]. Food Research International, 2006, 39:575~580

7 李伶俐. 加工类型黄瓜部分品质性状遗传规律的研究[D]. 扬州:扬州大学,2004

8 中国科学院上海植物生理研究所主编. 现代植物生理学实验指南[M]. 北京:科学出版社,1999.317~318

9 严守雷,王清章,光华. 藕节中总酚含量的福林法测定[J]. 华中农业大学学报, 2003,22(4):412~414

10 范柳萍. 真空油炸胡萝卜脆片基本特性的研究[J]. 食品与生物技术学报, 2005,24(6):49~52

11 韩 涛,李丽萍. 果实和蔬菜中多酚氧化酶的作用[J]. 北京农学院学报, 1998,13(2):115~124

12 金 悠. 莲藕早期褐变原因及保鲜研[D]. 武汉:华中农业大学食品科学技术学院,1999

13 苗如意. 大白菜组织结构感官与评定指标的关系[J]. 园艺学报, 1996,23(4):355~358

Studies on the Biochemistry and Physiology Proprtise of Rat-harvest Lotus Root

Xu Li, Wang Qingguo

(College of Food Science and Engineering , Shandong Agricultural University, Tai'an 271018,China)

ABSTRACT biochemistry and physiology of various of post-harvest lotus root were investigated. The results showed that during storage, the WI value of lotus epidermis were decreased, but not much change in inner lotus root; Polyphenol oxidase activity and phenols content were both showed increased and then decreased; The fiber content of lotus root can affect the change of tender; Taken the factor of WI value ,tender and decomposed rate into account, the quality of JN Dawolong was the best.

Key words Lotus root, rat-harvest, whiteness index, physiological