

## 不同品种茭白贮藏期间的品质及外观商品性变化比较

马绍璠<sup>1,2</sup>, 俞飞飞<sup>1,2\*</sup>, 郇刚<sup>3</sup>, 严从生<sup>1,2</sup>, 张其安<sup>2,3</sup>, 孙义祥<sup>3</sup>

(1. 安徽省农业科学院园艺研究所, 合肥 230031; 2. 园艺作物种质创制及生理生态安徽省重点实验室, 合肥 230031; 3. 安徽省农业科学院土壤肥料研究所, 合肥 230031)

**摘要:** 为筛选出耐贮藏茭白品种和最佳贮藏时间, 以 6 个品种带壳新鲜茭白为试验材料, 在(1±1)℃温度下进行贮藏, 分析随着贮藏时间的变化, 茭白还原糖含量、维生素 C 含量、粗蛋白含量、粗纤维含量、含水量、表皮色泽等品质及外观商品性变化规律。结果表明, 6 个供试品种的还原糖含量在整个贮藏期间持续下降且后期下降幅度比前期大; 维生素 C 含量在贮藏 1~15 d 期间, 下降幅度为 8.05%~32.06%, 贮藏 60 d 时供试品种的维生素 C 含量在 32.4~34.2 mg·kg<sup>-1</sup> 之间; 粗蛋白含量在贮藏后期下降幅度比前期大, 其中浙茭 3 号、浙茭 6 号、浙茭 7 号和六安茭降幅在 40.0% 左右; 贮藏期间各品种的粗纤维含量均呈上升趋势, 其中浙茭 3 号在贮藏 60 d 时纤维素含量比入贮时增加了 127.58%; 含水量在贮藏期间保持缓慢下降趋势。综上, 贮藏 30 d, 各供试品种均能保持较好的商品性, 但品质均有不同程度的下降; 贮藏 45 d, 浙茭 6 号、浙茭 3 号和六安茭还能保持较好的外观商品性, 但品质下降较明显; 贮藏 60 d, 只有六安茭还能保持较好的外观商品性, 但品质变差。

**关键词:** 茭白; 贮藏; 品质; 商品性

中图分类号: S645.209

文献标识码: A

文章编号: 1672-352X (2020)03-0455-07

### Comparison of the changes in quality and appearance commodity of different varieties of *Zizania latifolia* during storage

MA Shaojun<sup>1,2</sup>, YU Feifei<sup>1,2</sup>, WU Gang<sup>3</sup>, YAN Congsheng<sup>1,2</sup>, ZHANG Qi'an<sup>2,3</sup>, SUN Yixiang<sup>3</sup>

(1. Horticultural Research Institute, Anhui Academy of Agricultural Sciences, Hefei 230031; 2. Key Laboratory of Genetic Improvement and Ecophysiology of Horticultural Crop, Hefei 230031; 3. Soil and Fertilizer Research Institute, Anhui Academy of Agricultural Sciences, Hefei 230031)

**Abstract:** In order to screen out the best storage time and varieties of *Zizania latifolia*, we stored six varieties of fresh *Zizania latifolia* with shells at (1±1)℃ to analyze the quality and external commodity of *Zizania latifolia* with the change of storage time. The results showed that: the reducing sugar contents in the six tested varieties decreased continuously during the whole storage period, and which in the later period decreased more than in the earlier period; the contents of vitamin C in the tested varieties decreased by 8.05% - 32.06% during the storage period of 1-15 days, and which were between 32.4 - 34.2 mg·kg<sup>-1</sup> after 60 days of storage; the contents of crude protein in the tested varieties decreased more in the later period of storage than that in the earlier period, and which in Zhejiao No. 3, Zhejiao No. 6, Zhejiao No. 7 and Lu'anjiao all decreased by about 40.0%. The crude fiber contents in all of the tested varieties increased during storage, and the cellulose content in Zhejiao No. 3 increased by 127.58% after 60 days of storage, while the water content decreased slowly during storage. Therefore, after 30 days of storage, all tested varieties could maintain good commodity, but their quality decreased in varying degrees; after 45 days of storage, Zhejiao No. 6, Zhejiao No. 3 and Lu'anjiao could maintain good appearance commodity, but their quality declined obviously; after 60 days of storage, only Lu'anjiao could maintain good appearance commodity, but its quality had deteriorated.

**Key words:** *Zizania latifolia*; storage; quality; commodity

收稿日期: 2019-09-18

基金项目: 安徽省重点研发项目 (201904a06020025), 国家特色蔬菜产业技术体系项目 (CARS-24-G-24), 安徽省中央引导地方科技发展专项 (2018080702D0092), 安徽省蔬菜产业技术体系项目 (AHCYJSTX-09) 和园艺作物种质创制及生理生态安徽省重点实验室共同资助。

作者简介: 马绍璠, 高级农艺师。E-mail: msj863@126.com

\* 通信作者: 俞飞飞, 研究员。E-mail: anhuiyufeifei@163.com

茭白 [*Zizania latifolia*(Griseb.)Turcz.ex Stabf], 古称菰, 别名艾笋、篙瓜、白笋等, 为禾本科菰属宿根性多年生水生草本植物, 原产于中国, 仅有少量种植于日本、越南、泰国和美国华盛顿等地。茭白色泽洁白、肉质细腻脆嫩、营养丰富(含磷、铁、钙、Vc、粗蛋白等)、味道鲜美, 同时具有止渴、开胃、除目黄、利大小便、预防高血压和动脉硬化等功效, 是我国第二大类水生蔬菜(仅次于莲藕), 在市场上深受消费者青睐, 具有良好的经济效益和社会效益。茭白以嫩茎为食用器官, 采收和上市期, 低海拔地区多集中在5—6月以及8—11月<sup>[1]</sup>, 高山茭白采收期主要集中在7—9月, 对丰富市民菜篮, 调节市场供应有一定的积极作用。研究表明茭白可食用部位的含水量高达93%<sup>[2]</sup>, 其肉质脆嫩, 不耐贮藏, 适合加工成鲜切产品, 如不及时进行低温贮藏, 采后2~3 d后就会出现变黄、变软、腐烂、发霉以及品质劣变等现象, 从而失去其商品性及食用价值, 给农户带来经济损失。茭白保鲜技术的应用能有效缓解茭白集中上市带来的负面影响, 可延长上市时间, 提高茭白价格, 增加农户收益<sup>[3]</sup>。国内外果蔬采后贮藏保鲜技术有物理保鲜技术(包括低温保鲜、热处理保鲜、气调保鲜、辐照保鲜等)、化学保鲜技术(包括化学药剂保鲜、可食性涂膜保鲜)、生物保鲜技术(包括生物酶保鲜、生物防治保鲜、遗传基因保鲜)以及综合保鲜技术等<sup>[4]</sup>。低温保鲜贮藏是目前应用最广泛最有效的物理保鲜技术之一, 能够有效降低茭白的呼吸强度, 抑制相关酶的活性, 减少黄化与褐变, 抑制微生物的生长与繁殖、延长茭白货架期。目前, 茭白的保鲜贮藏研究主要集中在保鲜剂的选择<sup>[5-7]</sup>、气调包装气体比例的研究<sup>[8-9]</sup>、包装袋材料及包装方式的选择<sup>[10-11]</sup>等方面。常温条件下, 新鲜茭白采收后生理指标及营养品质会发生一系列变化, 如褐变、组织失重、纤维化程度加重、营养品质下降等。项玉英等<sup>[12]</sup>研究发现, 在(0±1)℃条件下贮藏茭白, 可以抑制可溶性固形物含量的降低以及丙二醛含量的增高, 推迟呼吸峰的出现。邓云等<sup>[13]</sup>通过研究不同薄膜包装对茭白贮藏品质的影响, 发现复合薄膜包装的茭白白度和维生素C保留率高, 失重率小, 能很好地保持茭白的感官与口感, 同时减少了纤维素与木质素的合成, 表明复合膜包装带壳茭白的贮藏效果比低密度聚乙烯更为显著。周涛等<sup>[14-15]</sup>认为高密度聚乙烯(HDPE)包装袋能保持适当的低O<sub>2</sub>和高CO<sub>2</sub>, 在轻度加工茭白的短期贮藏中能保持其嫩度, 抑制其绿变速率。董金龙等<sup>[16]</sup>研究发现0.03 mm厚的聚乙烯薄膜自发气调包装可

显著地抑制茭白纤维素酶活性、呼吸强度及乙烯释放。朱良其等<sup>[17]</sup>研究发现采用聚乙烯包装袋能有效保持茭白外观品质, 且MDA、纤维素、可溶性固形物含量、呼吸强度、PPO活性等生理生化指标都优于编织袋和麻袋包装。钱炳俊等<sup>[11]</sup>研究表明, 普通聚乙烯袋可以抑制失重率的上升, 延缓茭白纤维化、木质化, 减轻茭白表皮绿变程度, 维生素C降解少, 降低了茭白腐烂机率, 适合带壳茭白的保鲜。前人的研究主要以当地广泛种植的茭白为试验材料来进行贮藏试验, 品种单一, 不能比较全面地反映在同一贮藏条件或同一包装材料中茭白外观商品性和品质的变化。为探讨非岳西本地优良茭白品种在岳西生长采收后的贮藏特性, 作者以6个品种带壳新鲜茭白(包括双季茭白和单季茭白)为试验材料, 在(1±1)℃温度下进行贮藏, 分析随着贮藏时间的变化, 茭白内在品质及外观商品性的变化规律, 以期筛选出耐贮藏品种和最佳贮藏时间, 为茭白的低温保鲜贮藏提供技术参数, 同时也为茭白种质资源改良和茭白产业的可持续发展提供技术支撑。

## 1 材料与方法

### 1.1 材料

双季茭白浙茭2号、3号、6号、7号和台茭于2018年7月25日采于安徽岳西县石关乡, 单季茭白六安茭于2018年8月3日采于安徽岳西县姚河乡, 采收后切除叶片和茎管, 剔除虫茭、病茭和青茭, 装入塑料袋, 放入(2±1)℃冷库预冷12 h以上, 次日运回实验室。试验在安徽省农业科学院园艺研究所园艺作物种质创制及生理生态安徽省重点实验室进行。

### 1.2 方法

**1.2.1 贮藏方法** 将浙茭2号、3号、6号、7号、台茭和六安茭带壳新鲜茭白分别放入克林莱保鲜袋(高密度聚乙烯PE-HD, 厚度0.008 mm, 规格为30 cm×40 cm)中, 封口后放入冰箱冷藏室, 温度设定为(1±1)℃, 每个品种5 kg。

**1.2.2 测定方法** (1)外观商品性。贮藏期间, 每隔15 d对不同品种茭白的外观商品性进行目测, 观察茭壳和茭肉颜色、有无失水、有无病害霉点、茭肉表面光泽度、茭肉横切面颜色和致密度, 有无异味等。目测是由10人单独完成后, 汇总结果, 结果有差异时, 讨论后达成统一意见。目测通过看、闻、手捏, 目测时每个品种随机取6根茭白样品。

(2)品质指标。贮藏期间, 每隔15 d取样1次, 每次随机取6个茭白测定可食用的全肉质部分

还原糖含量、维生素 C 含量、粗蛋白含量、粗纤维含量和含水量, 每个指标 3 次重复。还原糖含量测定参照 NY/T1278—2007, 采用铜还原碘量法测定; 维生素 C 含量测定参照 GB5009.86—2016, 采用 2, 6-二氯靛酚滴定法测定; 粗蛋白含量测定参照 GB/T6432-2018, 采用凯氏定氮法测定; 粗纤维含量测定参照 GB/T5009.10—2003, 采用酸水解法测定; 含水量测定参照 GB/T5009.3—2016, 采用直接干燥方法测定。

### 1.3 数据分析

试验数据在 Microsoft Office Excel 2007 中进行整理并统计分析作图, 采用 DPS 软件进行方差分析, 采用 IBM SPSS Statistics21 统计软件进行相关性分

析, 用 Duncan's 新复极差法进行差异显著性检验。

## 2 结果与分析

### 2.1 不同品种茭白贮藏期间外观商品性变化比较

不同品种茭白贮藏后, 壳茭和净茭其外观色泽、肉质均呈现一定的变化(表 1)。贮藏 30 d, 供试品种均能保持较好的外观商品性; 贮藏 45 d, 台茭的净茭表面皱缩、无光泽、切面疏松, 无商品性; 贮藏 60 d, 不同品种茭白的壳茭外观商品性从好到差依次为: 六安茭、浙茭 6 号、浙茭 7 号、浙茭 3 号、浙茭 2 号和台茭, 六安茭的净茭还能保持较好的外观商品性, 浙茭 3 号和浙茭 6 号的净茭外观商品性一般, 而浙茭 2 号和浙茭 7 号外观商品性差。

表 1 不同品种茭白不同贮藏时间外观商品性比较

Table 1 Comparison of the changes of external commodity in different varieties of *Zizania latifolia* during storage

品种 Cultivar	贮藏 15 d Storage for 15 days	贮藏 30 d Storage for 30 days	贮藏 45 d Storage for 45 days	贮藏 60 d Storage for 60 days
浙茭 2 号 Zhejiao No.2	茭壳黄绿、无失水、无霉点、无异味, 净茭有光泽、形态饱满略有皱缩、切面组织致密, 商品性好	茭壳黄绿、无失水、无霉点、无异味, 净茭有光泽、形态饱满略有皱缩、切面组织致密, 商品性好	茭壳黄、失水、无霉点、无异味, 净茭下部皱缩严重、失水、切面组织疏松, 外观商品性较差	茭壳黄、失水、有少量霉点、无异味, 净茭光泽度差, 失水、切面组织疏松, 外观商品性差
浙茭 3 号 Zhejiao No.3	茭壳黄绿、无失水、无霉点、无异味, 净茭有光泽、形态饱满略有皱缩、切面组织致密, 商品性好	茭壳黄绿、无失水、无霉点、无异味, 净茭有光泽、形态饱满略有皱缩、切面组织致密, 商品性好	茭壳黄绿, 略有失水、无霉点, 净茭有光泽、形态饱满略有皱缩、切面组织致密, 商品性好	茭壳黄绿, 略有失水、无霉点、无异味, 净茭略有光泽、表面皱缩、切面组织较致密, 商品性一般
浙茭 6 号 Zhejiao No.6	茭壳绿、无失水、无霉点、无异味, 净茭有光泽、形态饱满略有皱缩、切面组织致密, 商品性好	茭壳绿、无失水、无霉点、无异味, 净茭有光泽、形态饱满略有皱缩、切面组织致密, 商品性好	茭壳绿、无失水、无霉点、无异味, 净茭有光泽、形态饱满略有皱缩、切面组织致密, 商品性较好	茭壳黄绿、略有失水、无霉点、无异味, 净茭表面有光泽、略有皱缩、切面组织致密, 商品性一般
浙茭 7 号 Zhejiao No.7	茭壳黄绿、无失水、无霉点、无异味, 净茭有光泽、形态饱满略有皱缩、切面组织致密, 商品性好	茭壳黄绿、略有失水、无霉点、无异味, 净茭有光泽、形态饱满略有皱缩、切面组织致密, 商品性好	茭壳黄绿、略有失水、无霉点、无异味, 净茭有光泽、形态饱满略有皱缩、切面组织致密, 商品性还好	茭壳黄绿、失水、无霉点、无异味, 净茭有光泽、表面皱缩、切面组织疏松, 商品性差
台茭 Taijiao	茭壳黄绿、无失水、无霉点, 净茭有光泽、形态饱满略有皱缩、切面组织致密, 商品性好	茭壳黄绿、略有失水、无霉点, 净茭有光泽、形态饱满略有皱缩、切面组织致密, 商品性好	茭壳黄、略有失水、少量霉点、有异味, 净茭表面皱缩、无光泽、切面疏松, 无商品性	茭壳黄、失水、少量霉点、有异味, 净茭表面皱缩、无光泽、开始腐烂, 无商品性
六安茭 Lu'anjiao	茭壳鲜绿、无失水、无霉点, 净茭有光泽、形态饱满略有皱缩、切面组织致密, 商品性好	茭壳鲜绿、无失水、无霉点, 净茭表面有光泽、形态饱满略有皱缩、切面组织致密, 商品性好	茭壳鲜绿、无失水、无霉点、无异味, 净茭表面有光泽、略有皱缩、切面组织致密, 商品性好	茭壳绿、无失水、无霉点、无异味, 净茭表面有光泽、略有皱缩、切面组织致密, 商品性较好

### 2.2 不同品种茭白在贮藏过程中的品质变化比较

**2.2.1 不同品种茭白在贮藏过程中还原糖含量变化比较** 糖类是果蔬的主要营养物质组分之一, 随着贮藏时间的延长, 不同品种茭白的还原糖含量均呈现逐渐下降的趋势(图 1)。在供试茭白品种中, 六安茭的起始还原糖含量最高, 为  $1.87 \text{ g} \cdot 100 \text{ g}^{-1}$ , 最

低为台茭  $0.80 \text{ g} \cdot 100 \text{ g}^{-1}$ 。贮藏 30 d 时, 还原糖含量由高到低依次为浙茭 6 号 > 六安茭 > 浙茭 3 号 > 浙茭 7 号 > 浙茭 2 号 > 台茭; 贮藏 45 d 时, 浙茭 3 号、浙茭 6 号、六安茭还原糖含量均高于其他品种, 其中浙茭 3 号、浙茭 6 号还原糖含量均为  $0.71 \text{ g} \cdot 100 \text{ g}^{-1}$ , 六安茭还原糖含量降幅最大, 为 65.24%, 之后

六安茭的下降速度变缓,降幅低于10.0%。经过60 d贮藏后(台茭已开始腐烂,没有取样,无测定数据,下图同),还原糖含量最高的是六安茭,为0.48 g·100 g<sup>-1</sup>,最低的是浙茭2号,为0.35 g·100 g<sup>-1</sup>,其中变化幅度最大的为浙茭6号,降幅为75.17%,变化幅度最小的为浙茭7号,降幅为58.71%。浙茭2号、6号和7号分别在贮藏1~15 d期间的还原糖含量与贮藏30~60 d相比,均有极显著差异( $P < 0.01$ ),浙茭3号、六安茭分别在各贮藏时间的还原糖含量之间均存在极显著差异( $P < 0.01$ )。

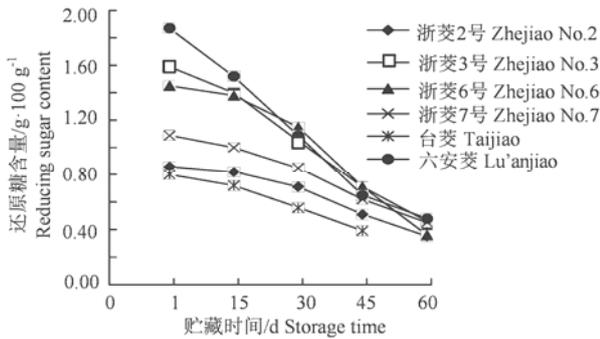


图1 贮藏过程中不同品种茭白还原糖含量的变化

Figure 1 Changes of reducing sugar contents in *Zizania latifolia* during storage

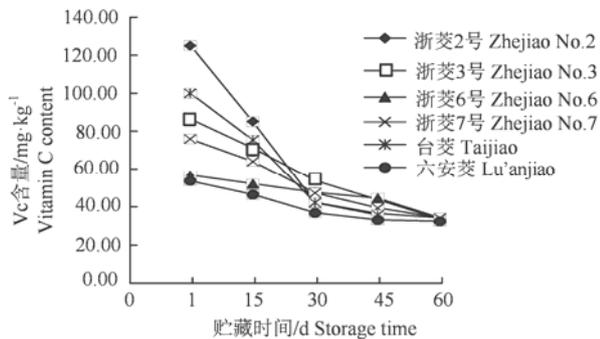


图2 贮藏过程中不同品种茭白维生素C含量的变化

Figure 2 Changes of vitamin C contents in *Zizania latifolia* during storage

**2.2.2 不同品种茭白在贮藏过程中维生素C含量变化比较** 维生素C是广泛存在于蔬菜中的重要微量营养成分,同时也是蔬菜中最重要的抗氧化成分<sup>[4]</sup>。随着贮藏时间的延长,不同品种茭白的维生素C含量均呈现逐渐下降的变化趋势(图2),其中浙茭2号和台茭在贮藏15 d时维生素C含量下降幅度最大,下降速度最快,贮藏30 d时,二者下降幅度分别达到66.23%和57.83%,之后浙茭2号、浙茭7号、台茭和六安茭维生素C含量变为缓慢下降阶段。浙茭6号在贮藏45~60 d期间,维生素C含量下降

幅度较前期快。经过60 d贮藏后,维生素C含量变化幅度最大的是浙茭2号,降幅为72.69%,变化幅度最小的是六安茭,降幅为39.55%。浙茭2号在贮藏1~30 d期间的维生素C含量与贮藏45~60 d相比,存在极显著差异( $P < 0.01$ ),贮藏45~60 d之间有显著差异( $P < 0.05$ ),浙茭3号、浙茭6号、浙茭7号和台茭分别在各贮藏时间的维生素C含量之间均存在极显著差异( $P < 0.01$ ),六安茭在贮藏1~15 d期间维生素C含量与贮藏30~60 d相比,存在极显著差异( $P < 0.01$ ),贮藏45~60 d之间无显著差异( $P > 0.05$ )。

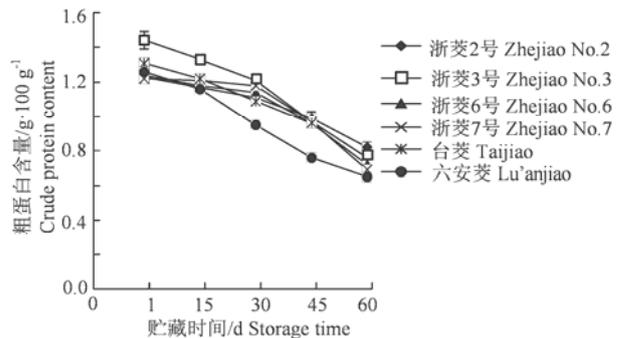


图3 贮藏过程中不同品种茭白粗蛋白含量的变化

Figure 3 Changes of crude protein contents in *Zizania latifolia* during storage

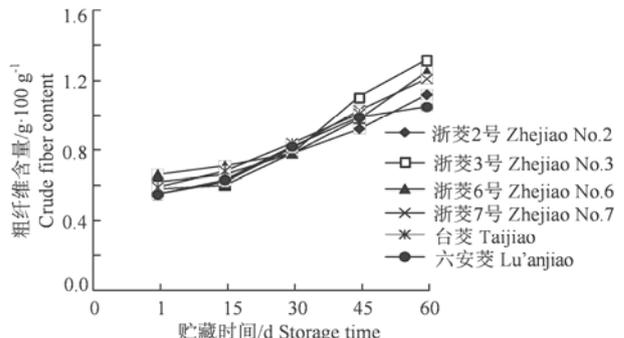


图4 贮藏过程中不同品种茭白粗纤维含量的变化

Figure 4 Changes of crude fiber contents in *Zizania latifolia* during storage

**2.2.3 不同品种茭白在贮藏过程中粗蛋白含量变化比较** 由图3可知,随着贮藏时间的延长,不同品种茭白的粗蛋白含量均呈现下降的变化趋势,其中浙茭2号、6号和7号在贮藏30 d时粗蛋白含量降幅显著( $P < 0.05$ )低于其他品种,贮藏45 d时,浙茭3号和六安茭粗蛋白含量降幅均超过30.0%;在贮藏45~60 d期间,六安茭粗蛋白含量降幅最小,下降速度变缓。经过60 d贮藏后,粗蛋白含量最高的是浙茭2号,为0.82 g·100 g<sup>-1</sup>,最低的是六安茭,

为  $0.65 \text{ g} \cdot 100 \text{ g}^{-1}$ , 其中变化幅度最大的是六安茭, 降幅为 48.41%, 变化幅度最小的是浙茭 2 号, 降幅为 33.33%。浙茭 2 号、浙茭 7 号分别在贮藏 1~30 d 期间的粗蛋白含量与贮藏 45~60 d 相比, 存在极显著差异 ( $P < 0.01$ ), 浙茭 3 号、台茭和六安茭分别在各贮藏时间的粗蛋白含量之间均存在极显著差异 ( $P < 0.01$ )。

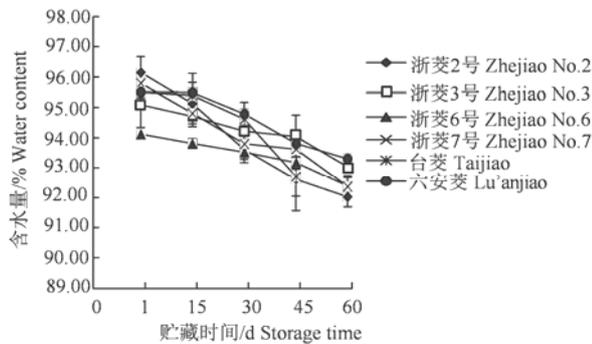


图 5 贮藏过程中不同品种茭白含水量的变化

Figure 5 Changes of water contents in *Zizania latifolia* during storage

**2.2.4 不同品种茭白在贮藏过程中粗纤维含量变化比较** 随着贮藏时间的延长, 供试品种茭白的粗纤维含量均呈现逐渐升高的变化趋势 (图 4)。贮藏 15 d 时, 浙茭 2 号、3 号和 6 号粗纤维含量增加幅度低于 10.0%, 浙茭 7 号、台茭、六安茭粗纤维含量增加幅度在 12.72%~15.25%。贮藏 30 d 时, 浙茭 7 号和六安茭粗纤维含量增加幅度接近 50.0%; 浙茭 3 号和浙茭 7 号在贮藏 30~45 d 期间粗纤维含量增长速度较快; 在贮藏 60 d 时粗纤维含量增幅均超过 100.0%, 其中浙茭 3 号在贮藏 60 d 时粗纤维含量达到最大值, 为  $1.32 \text{ g} \cdot 100 \text{ g}^{-1}$ , 增幅为 127.58%, 变化幅度最大,

变化幅度最小的是浙茭 2 号, 增幅为 80.64%。浙茭 2 号、3 号、6 号、7 号及台茭分别在贮藏 1~15 d 期间的粗纤维含量与贮藏 30~60 d 相比, 存在极显著差异 ( $P < 0.01$ ), 六安茭在贮藏 45~60 d 期间, 粗纤维含量无显著差异 ( $P > 0.05$ )。

### 2.2.5 不同品种茭白在贮藏过程中含水量变化比较

含水量是茭白的一个重要的生理指标。随着贮藏时间的延长, 不同品种茭白的含水量呈现缓慢下降趋势 (图 5), 均表现为略微失水, 外观表现为表面皱缩。其中浙茭 2 号起始含水量最大, 为 96.15%, 浙茭 6 号的起始含水量最低, 为 94.12%。贮藏 30 d 时, 浙茭 3 号、浙茭 6 号、台茭和六安茭含水量下降幅度均低于 1.0%, 浙茭 2 号和浙茭 7 号含水量降幅较明显。贮藏 45 d 时, 浙茭 3 号、浙茭 6 号和六安茭含水量下降幅度在 1.00%~1.78%, 贮藏 60 d 后, 供试品种茭白的含水量变化在较低水平, 其中变化幅度最大的是浙茭 2 号, 降幅为 4.29%, 变化幅度最小的是浙茭 6 号, 降幅为 1.83%, 差异性不显著 ( $P > 0.05$ )。

### 2.3 相关性分析

通过对 6 个不同品种茭白还原糖、维生素 C、粗蛋白、粗纤维及含水量等品质指标进行相关性分析发现, 还原糖与维生素 C 呈显著负相关, 相关系数为 -0.820, 与粗蛋白、含水量呈负相关, 相关系数分别为 -0.477、-0.059, 与粗纤维呈正相关, 相关系数为 0.548; 维生素 C 与粗蛋白、含水量呈正相关, 相关系数分别为 0.793、0.047, 与粗纤维呈负相关, 相关系数为 -0.243; 粗蛋白与粗纤维、含水量呈正相关, 相关系数分别为 0.080、0.036; 粗纤维与含水量呈负相关, 相关系数为 -0.682 (表 2)。

表 2 不同品质指标之间的相关性分析

Table 2 The correlation analysis of different quality indexes

品质指标 Quality indexes	还原糖 Reducing sugar	维生素 C Vitamin C	粗蛋白 Crude protein	粗纤维 Crude fiber	含水量 Water content
还原糖 Reducing sugar	1				
维生素 C Vitamin C	-0.820*	1			
粗蛋白 Crude protein	-0.477	0.793	1		
粗纤维 Crude fiber	0.548	-0.243	0.080	1	
含水量 Water content	-0.059	0.047	0.036	-0.682	1

注: “\*”表示在 0.05 水平上显著相关

Note: “\*” indicates significant difference at 0.05 probability level

## 3 讨论与结论

营养成分对生鲜蔬菜品质的好坏起着决定性影响, 是蔬菜外观商品性得以维持的物质基础。生鲜

蔬菜采收后在贮藏保鲜过程中会引起内部营养成分和含水量发生变化, 从而引起蔬菜感官性状和营养价值的降低, 超过一定阈值, 蔬菜就会出现衰老、霉变甚至腐烂现象, 进而失去营养价值和商品价值。

糖类物质是评价蔬菜新鲜程度的一个重要指标<sup>[18]</sup>,对其食用品质有一定的影响,还原糖主要包括葡萄糖、果糖、乳糖、半乳糖和麦芽糖等。本试验研究发现,在贮藏过程中,不同品种茭白的还原糖含量在整个贮藏期间持续下降且后期下降幅度比前期大,这与罗海波<sup>[4]</sup>的研究结果一致。还原糖含量的下降一部分因茭白呼吸作用而消耗,可能有一部分通过代谢已转化为其他物质,同时还原糖含量的下降说明在贮藏过程中茭白的内在品质也在逐渐下降。

维生素C是果蔬中最重要的维生素之一,具有抗氧化能力,在抗坏血酸—谷胱甘肽循环(ascorbate-glutathione cycle)消除 $H_2O_2$ 系统中起着至关重要的作用。维生素C含量的高低可以用来衡量果蔬生理状况和保鲜效果<sup>[10]</sup>。采收后的茭白呼吸强度较高,在代谢过程中需要消耗自身的养分,本试验发现在贮藏1~15 d期间,不同品种茭白维生素C含量下降幅度为8.05%~32.06%,贮藏60 d时供试品种的维生素C含量在32.4~34.2 mg·kg<sup>-1</sup>之间,这与袁森的试验结果不一致,可能与贮藏方式、茭白基因型差异等有关。罗海波<sup>[4]</sup>研究表明,在(1±0.5)℃贮藏12 d后,完整茭白的维生素C含量下降了18.2%。姜文利等<sup>[19]</sup>研究发现叶菜类蔬菜在不同贮藏条件下,维生素C含量下降速度的快慢可能与蔬菜组织的结构和致密度有关。

蛋白质是构成生命体的物质基础,同时也是营养物质,其含量和种类是衡量蔬菜品质以及了解蔬菜总代谢的重要指标<sup>[20]</sup>。本试验在贮藏1~30 d期间,粗蛋白含量在0.95~1.44 g·100 g<sup>-1</sup>之间变化,贮藏后期的下降幅度比前期大。说明其作为营养物质被不断消耗,营养流失导致内在品质逐渐下降,其中浙茭3号、6号、7号和六安茭降幅在40.0%左右,而张美玲<sup>[21]</sup>研究表明新鲜茭白贮藏20 d和40 d后,蛋白质含量呈现缓慢下降的变化趋势。

纤维素是细胞壁的重要组成成分,细胞壁中纤维素含量的高低对维持组织特征起着重要作用。罗海波<sup>[4]</sup>研究发现贮藏期间完整茭白和鲜切茭白纤维素含量均表现为上升趋势,贮藏12 d时纤维素含量比入贮时分别增加了51%和82%,纤维化程度显著提高,质地变得粗糙。王骄阳<sup>[3]</sup>研究发现,茭白采收后衰老进程加快,导致茭白质地变得粗糙,肉质出现木纤维化现象,表现为茭肉发绵,在(0±0.5)℃贮藏条件下可减缓茭肉木纤维化现象。王庆新<sup>[22]</sup>研究表明,随着贮藏时间的延长,茭白的纤维素含量呈不断上升的趋势,贮藏60 d时可增加31.7%,茭白质地变得粗糙,口感受到严重影响。袁森<sup>[10]</sup>认为茭

白在冷库运输时间超过72 h后,能显著抑制纤维素和木质素含量的增加,更好地保留了茭白爽脆的口感。本试验发现,在整个贮藏期间各品种的粗纤维含量均呈上升趋势,其中浙茭3号在贮藏60 d时的纤维素含量比入贮时增加了127.58%,纤维素含量的增加有利于提高植物组织细胞壁的完整性,但过多的纤维素积累也会造成茭白质地下降,口感粗糙,食用品质下降。

茭白为含水量极高的水生蔬菜,水分损失或蒸腾作用对其品质有着重要的影响。大多数蔬菜水分损失达总重的一定比例后,组织就会出现明显的萎蔫与表皮起皱现象,同时也会导致组织硬度的下降<sup>[23]</sup>,失水萎蔫破坏了细胞正常的代谢过程,水解作用加强,细胞膨压下降从而造成结构特性改变<sup>[24]</sup>,失去新鲜度,同时会引起一系列不良生理反应<sup>[25]</sup>,使茭白外观和内在品质发生变化。董金龙等<sup>[16]</sup>认为茭白采收后贮藏至35 d时,其失重率可达到15%。王庆新<sup>[22]</sup>研究表明,微加工后的茭白贮藏至5 d时,其失重率会达到10.9%。袁森<sup>[10]</sup>研究发现,冷库运输能显著抑制茭白的失重率,最终失重率仅为0.583%,并能最大程度上保留了维生素C,抑制PPO与POD活性,同时还能很好地提高茭白的持水性。本试验中不同品种茭白在整个贮藏期间含水量保持缓慢下降趋势,说明密封和低温保鲜贮藏对茭白含水量具有一定的保持作用,在一定程度上可以延长茭白货架期。

相关性分析表明,6个不同品种茭白在贮藏过程中,还原糖含量与维生素C含量、粗蛋白含量、含水量呈负相关,与粗纤维呈正相关,说明还原糖含量和粗纤维含量的变化可以共同影响维生素C含量、粗蛋白含量及含水量的变化,同时还还原糖含量和粗纤维含量可作为贮藏过程中影响茭白品质好坏的重要指标。

综合比较,在该试验贮藏条件下,贮藏30 d,各供试品种均能保持较好的商品性,但品质均有不同程度的下降;贮藏45 d,虽然浙茭6号、浙茭3号和六安茭还能保持较好的外观商品性,但粗蛋白、还原糖及维生素C含量下降,粗纤维含量增多,品质下降较明显;贮藏60 d,只有六安茭还能保持较好的外观商品性,但品质变差。此外,根据本试验结果能否推断出单季茭白比双季茭白更耐贮藏,还需更深入的研究。

## 参考文献:

- [1] 严龙. 苏州茭白资源的初步调查[J]. 中国蔬菜, 1994,

- 1(2): 38-40.
- [2] 房祥军, 郜海燕, 宋丽丽, 等. 减压贮藏保持茭白采后品质及调控细胞壁物质代谢[J]. 农业工程学报, 2013, 29(12): 257-263.
- [3] 王骄阳. 茭白贮藏保鲜技术研究[D]. 杭州: 浙江大学, 2013.
- [4] 罗海波. 鲜切茭白品质劣变机理及控制技术研究[D]. 南京: 南京农业大学, 2011.
- [5] 邹小欠, 段依梦, 张卫华, 等. 不同保鲜剂对茭白后熟衰老进程的影响[J]. 食品工业科技, 2019, 40(16): 237-242.
- [6] 林晨. 一氧化氮和自发气调对冷藏茭白品质和生理代谢的影响[D]. 扬州: 扬州大学, 2017.
- [7] 郜海燕, 杨剑婷, 陈杭君, 等. 保鲜剂和保鲜膜处理对净菜茭白贮藏效果的影响[J]. 浙江农业学报, 2003, 15(3): 181-184.
- [8] 朱锐, 周文芳, 肖青青, 等. 鲜切茭白的气调保鲜工艺优化[J]. 食品工业, 2018, 39(5): 162-165.
- [9] 杨相政, 吴立忠, 王达, 等. 气调处理对茭白保鲜效果的影响[J]. 保鲜与加工, 2018, 18(4): 39-42.
- [10] 袁森. 茭白冷链物流保鲜关键技术研究[D]. 杭州: 浙江农林大学, 2015.
- [11] 钱炳俊, 邓云, 陈骏, 等. 不同直径微孔保鲜袋保鲜茭白效果研究[J]. 食品与机械, 2011, 27(6): 215-218, 236.
- [12] 项玉英, 朱良其, 潘仙鹏, 等. 贮藏温度对茭白保鲜效果的影响[J]. 上海农业科技, 2007(4): 96-97.
- [13] 邓云, 王焱东, 肖晨龙, 等. 不同薄膜包装对茭白贮藏过程中品质变化的影响[J]. 上海交通大学学报(农业科学版), 2010, 28(1): 87-90.
- [14] 周涛, 许时婴. MAP 对轻度加工茭白贮藏过程中生理变化的影响[J]. 食品科学, 2006, 27(10): 564-567.
- [15] 周涛, 许时婴, 王璋, 等. MAP 对轻度加工茭白品质的影响及其模型建立[J]. 食品科学, 2006, 27(3): 235-238.
- [16] 董金龙, 蔡晓东, 陈萍冰, 等. 茭白自发气调贮藏过程生理及相关酶活性的变化[J]. 漳州师范学院学报(自然科学版), 2006, 19(4): 116-118.
- [17] 朱良其, 潘仙鹏, 赵永彬, 等. 包装袋对贮藏茭白保鲜效果的影响[J]. 浙江农业科学, 2008, 49(3): 265-267.
- [18] 韩志平, 陈志远, 黄蕊, 等. 1-MCP 对黄花菜贮藏保鲜效果的研究[J]. 山西大同大学学报(自然科学版), 2012, 28(6): 49-51.
- [19] 姜文利, 刘金光, 孙艳, 等. 低温加湿保鲜对叶菜类蔬菜贮藏品质的影响[J]. 保鲜与加工, 2018, 18(4): 43-48.
- [20] 马佳佳, 王毓宁, 隋思瑶, 等. 气调贮藏对金针菜外观色泽和营养品质的影响[J]. 食品工业科技, 2017, 38(9): 339-342.
- [21] 张美玲. 施肥与保鲜对高山茭白嫩茎品质生理的影响[D]. 合肥: 安徽农业大学, 2008.
- [22] 王庆新. 超高压处理对微加工茭白货架期影响的研究[D]. 无锡: 江南大学, 2008.
- [23] 韩雅珊. 食品化学实验指南[M]. 北京: 北京农业大学出版社, 1992.
- [24] LEONARDI C, GUICHARD S, BERTIN N. High vapour pressure deficit influences growth, transpiration and quality of tomato fruits[J]. *Sci Hort*, 2000, 84(3/4): 285-296.
- [25] MAHAJAN P V, OLIVEIRA F A R, MACEDO I. Effect of temperature and humidity on the transpiration rate of the whole mushrooms[J]. *J Food Eng*, 2008, 84(2): 281-288.