

1-MCP 处理对脱壳茭白木纤化与细胞结构的影响^{*}

宋丽丽 郜海燕 房祥军 毛金林 周拥军 陈杭君

(浙江省农业科学院食品加工研究所, 杭州 310021)

【摘要】 研究了不同体积分数 1-MCP 处理对常温和低温贮藏期间脱壳茭白木纤化以及细胞超微结构的影响。结果发现:0.5 $\mu\text{L/L}$ 的 1-MCP 处理可较好保持常温和低温条件下茭肉的外观品质,抑制乙烯的产生,减少纤维素含量的增加,抑制可溶性果胶含量的下降和原果胶含量的增加,减轻茭肉木纤化过程。用透射电镜观察常温贮藏 6 d 后的茭肉超微结构,发现 1-MCP 处理的细胞较对照细胞内含物丰富,胞间连丝仍然清晰,证实了 1-MCP 处理可延缓脱壳茭白的衰老过程。

关键词: 茭白 1-MCP 木纤化 超微结构

中图分类号: TS255.3 **文献标识码:** A **文章编号:** 1000-1298(2010)01-0111-06

Effect of 1-methylcyclopropene (1-MCP) on Lignification and Cell Ultrastructure of Peeled Water Bamboo Shoot

Song Lili Gao Haiyan Fang Xiangjun Mao Jinlin Zhou Yongjun Chen Hangjun

(Institute of Food Processing, Zhejiang Academy of Agricultural Science, Hangzhou 310021, China)

Abstract

The effect of 1-MCP treatments on lignification and cell ultrastructure of peeled water bamboo shoot was investigated under the storage conditions of normal and low temperature. The results indicated that 0.5 $\mu\text{L/L}$ of 1-MCP treatment could keep good sensory quality and inhibit the ethylene production rate. It could also markedly reduce the increase of cellulose content, the decrease of water soluble pectin content, and the increase of protopectin content, and inhibit the lignification of peeled water bamboo shoot. Transmission electron microscope was used to observe the ultrastructure of peeled water bamboo shoot under the storage conditions of normal temperature. The results showed that the cell inclusions of peeled water bamboo shoot treated with 1-MCP were rich and the degradation of plasmodesma was inhibited compared with the control, which further indicated the inhibition of 1-MCP on lignification of peeled water bamboo shoot.

Key words Water bamboo shoot, 1-MCP, Lignification, Ultrastructure

引言

茭白属禾本科宿根性多年水生草本植物,在我国的长江流域及以南地区有广泛栽植。茭白的食用部分是幼嫩的茎部,采后常温下 3 d 左右就失水、软化,出现“木纤化”,茭肉品质变劣^[1]。茭白脱壳后虽便于运输、且食用方便,但肉质茎更易木质化和纤

维化,质地粗糙,口感变差,商品价值很快下降。

采用化学方法如赤霉素、2,4-二氯苯氧基乙酸、6-苄基腺嘌呤和苯甲酸钠等虽对采后茭白的木纤化有一定的抑制作用^[1-4],但激素和化学杀菌剂会带来环境和食品污染。周涛等^[5]报道贮前热处理对延缓茭白老化,保持茭肉的嫩度效果较好。但不适当的热处理会造成果蔬组织的伤害,反而加重后续

贮藏中的腐烂^[6]。

1-甲基环丙烯(1-methylcyclopropene,简称1-MCP)是一种新型乙烯作用抑制剂,属环丙烯类的小分子化合物,以气体状态存在,具有无毒、高效、稳定等特点,通过与乙烯受体的不可逆结合,阻断了乙烯对受体的诱导作用,调控果蔬的成熟和衰老。研究表明,1-MCP可抑制绿芦笋叶绿素的增加,推迟老化,保持芦笋较好的品质^[7]。Luo等^[8]也指出1-MCP处理抑制了竹笋的褐变,减轻了竹笋的木质化。但1-MCP在采后茭白上的应用还未见报道。本文以脱壳茭白为材料,研究1-MCP处理对脱壳茭白常温 and 低温贮藏期间的木纤化发生以及细胞超微结构的影响,以期茭白保鲜技术的发展提供理论依据。

1 材料与方 法

1.1 材料与处理

茭白品种为“浙茭2号”,采自浙江省杭州市余杭区,采后6h内运回实验室,均匀铺开放置过夜,次日进行处理。选取成熟度适中、大小均匀、无机机械损伤、肉质白嫩的茭白。剔除老茭、虫茭、病茭和青茭,剥去外壳并切去质量较差的尖端和基部,清洗后凉干备用。

将茭白直接放入密封容器中,分别用0.1、0.5和5.0 $\mu\text{L/L}$ 的1-MCP对茭白进行熏蒸处理,处理时间20h,处理温度20 $^{\circ}\text{C}$,以暴露于空气中的茭白作为对照。以上各个处理的茭白用厚度0.01mm的聚乙烯袋包装,挽口,以透气保湿,每袋0.5kg左右,然后转入常温(20 \pm 1) $^{\circ}\text{C}$ 或低温(2 \pm 1) $^{\circ}\text{C}$ 、环境相对湿度为85%~95%的条件下通风避光贮藏,每个处理所用茭白质量为10kg,3次重复。

1-MCP的配制与处理:称取一定量的1-MCP与混合碱液(NaOH、KOH和水以质量比0.75:0.75:100配制)按照1:2.5(质量(g)与体积(mL)的比例)混合于小玻璃器皿中,立即将玻璃器皿置于密闭容器中,1-MCP释放的空间体积为密闭容器的体积减去茭白所占的体积。

1.2 仪器与设备

气相色谱仪(SP-6890型,山东鲁南瑞虹化工仪器有限公司),紫外分光光度计(Cintra-20型,澳大利亚GBC公司),透射电子显微镜(JEM-1230型,日本JEOL公司)。

1.3 测定方法

(1)感观评价:参照邵海燕等^[9]的茭白感观质量评分标准并修改。组织致密,形态饱满,无失水、

水浸斑点,表面及横切面纯白色为3分;组织致密,形态饱满,表皮略微黄绿、少许水浸斑点,切口白色为2分;组织失水皱缩,有水浸斑点,表皮中度黄绿,切口微黄为1分;组织失水或水浸严重,斑点较多、表面严重黄绿,切口黄为0分。

(2)乙烯产生速率的测定:随机取1kg大小一致的茭白置于5L容器中密闭,2h后抽取1mL顶部气体,参照罗自生等^[10]方法用气相色谱仪检测乙烯含量。结果以鲜重进行计算。

(3)纤维素含量的测定:随机从10个茭白中称取10g茭肉,纤维素含量的测定参照郑炳松等^[11]的方法,结果均以相对鲜重表示。

(4)原果胶和可溶性果胶含量的测定:参照许安邦等^[12]的方法,采用咔唑比色法测定原果胶和可溶性果胶的含量,以 α -D-半乳糖醛酸(Gal)为标样。

(5)茭肉解剖结构的观察:选取茭白中部的茭肉组织,分别对新鲜茭白、对照(20 $^{\circ}\text{C}$,贮藏6d)和1-MCP处理(20 $^{\circ}\text{C}$,贮藏6d)的肉质茎细胞超微结构进行观察和研究。操作步骤如下:取样 \rightarrow 样品用双面刀切成0.5mm薄片,然后用2.5%戊二醛4 $^{\circ}\text{C}$ 下固定 \rightarrow 磷酸盐缓冲液漂洗数次 \rightarrow 2%锇酸固定 \rightarrow 磷酸盐缓冲液漂洗数次 \rightarrow 50%、70%、90%、100%乙醇梯度脱水 \rightarrow 100%丙酮脱水 \rightarrow 环氧树脂包埋 \rightarrow 梯度烘干 \rightarrow 超薄切片,厚度30nm \rightarrow 醋酸铀和柠檬酸铅双染色 \rightarrow 透射电镜观察、拍照。

(6)数据差异性分析:本实验数据为3次重复的平均值和相应的标准误差。采用SPSS 10.0软件进行数据统计和差异显著性分析。

2 结果与分析

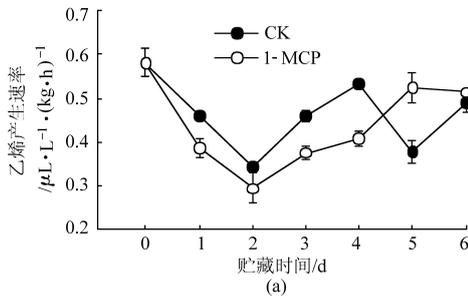
2.1 1-MCP处理对茭白常温 and 低温贮藏期间外观品质的影响

茭白常温 and 低温分别贮藏至6d和35d后,茭肉表面黄化,皱缩严重,褐色斑点较多,触摸感觉较软,茭肉横切面出现空心症状(表1),这与张美玲^[4]在高山茭白上得到的结果一致。采用0.5 $\mu\text{L/L}$ 的1-MCP处理后,茭肉外观品质较好,在常温6d and 低温35d后,茭肉黄化较轻,形态饱满,触摸感觉较硬,无明显失水,褐色斑点较少,茭肉横切面组织致密,无明显空心,切面较白,有光泽;而采用0.1 $\mu\text{L/L}$ 或5 $\mu\text{L/L}$ 的1-MCP对茭白常温 or 低温的贮藏效果较差,茭肉失水、水浸严重,褐斑较多(表1),表明适宜体积分数的1-MCP处理可较好地保持茭肉的外观品质。以下结果中1-MCP均采用效果较好的0.5 $\mu\text{L/L}$ 。

表 1 1-MCP 处理对茭白常温和低温贮藏期间外观品质的影响

Tab.1 Effects of different concentrations of 1-MCP on sensory quality of peeled water bamboo shoot under the storage conditions of normal and low temperature

1-MCP 体积比/ $\mu\text{L}\cdot\text{L}^{-1}$	茭白在常温 20℃、6 d 和低温 2℃、35 d 的外观品质	评分
0	表面严重黄化,水浸严重,斑点较多,触摸感觉较软;茭肉横切面黄、空心	0
0.1	失水、水浸现象,表皮中度黄绿,切口微黄、空心	1
0.5	组织致密,形态饱满,无失水、水浸,表皮略微黄绿,切口白色、无明显空心	2
5.0	失水、水浸现象严重,斑点较多,与对照相似	0
贮前	组织致密,形态饱满,无失水、水浸,表面及横切面纯白色	3



2.2 1-MCP 处理对茭白常温和低温贮藏期间乙烯产生速率的影响

茭白刚脱壳后乙烯产生速率较高,随着贮藏时间的延长,室温和低温贮藏的茭白乙烯产生速率先下降,后上升,常温 4 d 和低温 10 d 达到峰值,之后下降(图 1);0.5 $\mu\text{L}/\text{L}$ 1-MCP 处理后,20℃ 贮藏下的乙烯高峰推迟至第 5 天出现,但乙烯的峰值影响不大(图 1a);2℃ 贮藏条件下,1-MCP 处理虽然对乙烯高峰出现时间没有影响,但明显降低了低温贮藏期间乙烯的峰值,仅为对照的 69%(图 1b)。可见,1-MCP 处理可抑制茭白常温和低温贮藏条件下乙烯的产生。

2.3 1-MCP 处理对茭白常温和低温贮藏期间纤维素含量的影响

20℃ 和 2℃ 贮藏条件下茭白纤维素含量的变化如图 2a 和 2b 所示。在 2 种贮藏条件下,对照的纤

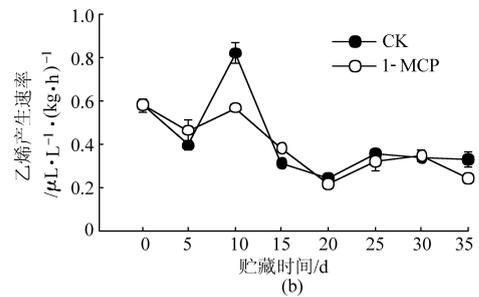


图 1 1-MCP 处理对茭白常温和低温贮藏期间乙烯产生速率的影响曲线

Fig.1 Effects of 1-MCP treatment on ethylene production rate of peeled water bamboo shoot under the storage conditions of normal and low temperature

(a) 常温贮藏 (b) 低温贮藏

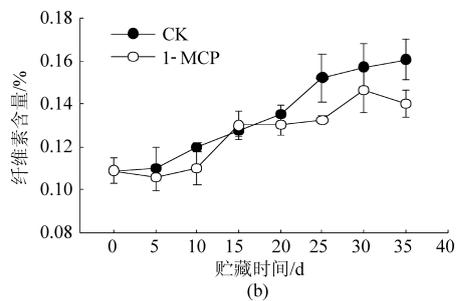
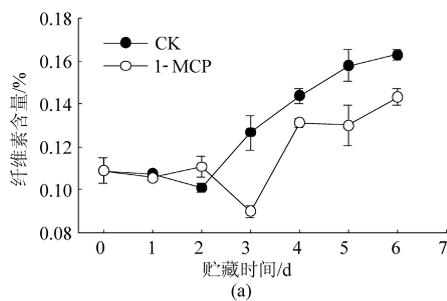


图 2 1-MCP 处理对茭白常温和低温贮藏期间纤维素含量的影响曲线

Fig.2 Effects of 1-MCP treatment on lignin contents and cellulose contents of peeled water bamboo shoot under the storage conditions of normal and low temperature

(a) 常温贮藏 (b) 低温贮藏

纤维素含量很快增加,常温 6 d 和低温 35 d 后,纤维素含量均达 0.16% 左右,茭肉出现木纤化,咀嚼有渣汁感;1-MCP 处理明显抑制纤维素含量的增加,常温和低温分别贮藏至 6 d 和 35 d 时,1-MCP 处理的茭肉纤维素含量的增加明显降低,仅为对照的 87% 左右,且肉质细嫩,表明 1-MCP 处理减轻了茭肉的木纤化过程。

2.4 1-MCP 处理对茭白常温和低温贮藏期间原果胶和可溶性果胶含量的影响

采后茭白常温和低温贮藏期间可溶性果胶的变化总体上都呈下降的趋势,虽然 20℃ 下的可溶性果胶含量第 1 天增加,但随后迅速下降;1-MCP 处理后,2 种不同贮藏温度下茭白的可溶性果胶含量均较未处理茭白要高(图 3a,3b)。与可溶性果胶的变

化趋势相反,随着贮藏时间的延长,2种不同贮藏温度下的原果胶含量出现明显增加,具体表现为:20℃下,原果胶在贮藏的前2 d迅速增加,随后增加缓慢;2℃下,原果胶的含量在前25 d增加较少,25 d

后增加迅速;相比对照,1-MCP处理的茭白在2种不同贮藏条件下的原果胶含量增加缓慢,尤其是在常温3 d和低温25 d后,原果胶含量的增加幅度要慢得多(图3c、3d)。

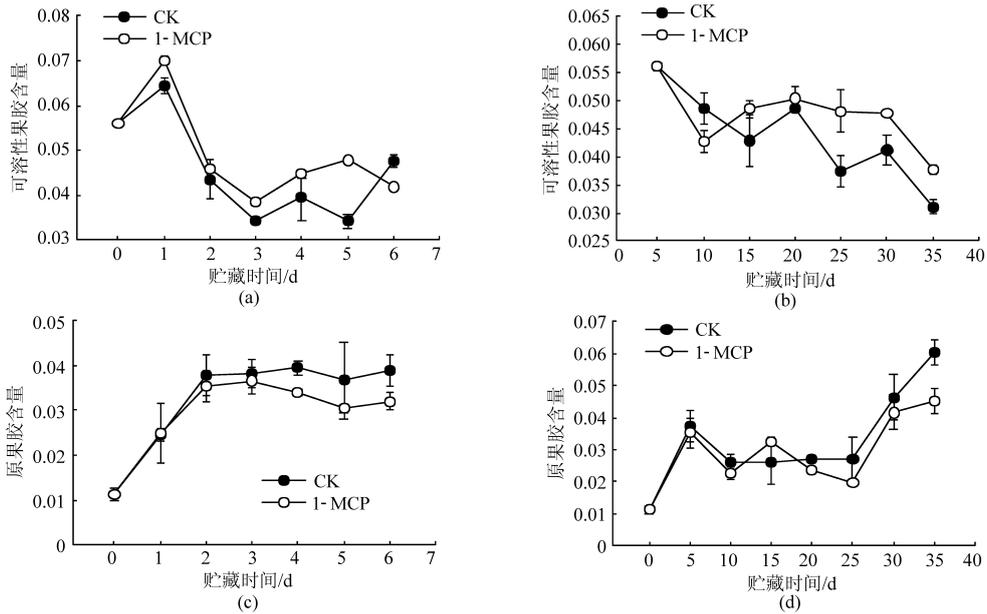


图 3 1-MCP 处理对茭白常温和低温贮藏期间原果胶和可溶性果胶含量的影响曲线

Fig. 3 Effects of 1-MCP treatment on water soluble pectin contents and protopectin contents of peeled water bamboo shoot under the storage conditions of normal and low temperature

(a)可溶性果胶,常温 (b)可溶性果胶,低温 (c)原果胶,常温 (d)原果胶,低温

2.5 1-MCP 处理对茭白常温贮藏期间茭肉解剖结构的变化

用透射电镜观察茭肉采后贮藏过程中的解剖结构,发现新鲜茭白内含物较为丰富,细胞壁、线粒体、质体清晰可见。常温贮藏6 d后,对照细胞壁变得狭而细长,内含物较少。而经1-MCP处理后,常温

贮藏6 d后茭肉细胞的内含物仍然较为丰富(图4)。而从胞间连丝的解剖结构中可看出,新鲜茭白的胞间连丝清晰可见,常温贮藏6 d后,对照的胞间连丝已经出现明显降解,胞间连丝变得模糊不清,而1-MCP处理的胞间连丝仍然清晰(图5),这进一步证实了1-MCP处理延缓茭白衰老的作用。

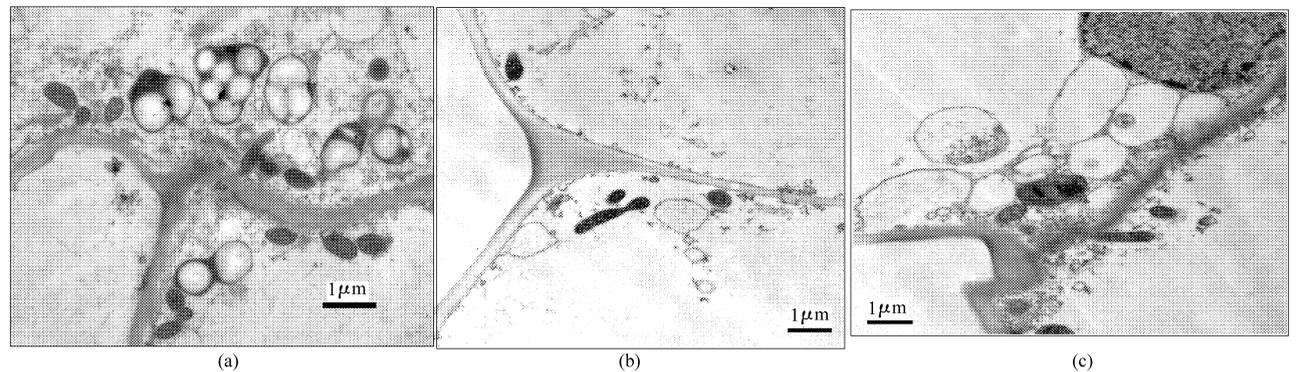


图 4 茭白细胞的超微结构图

Fig. 4 Cell ultrastructure of fresh peeled water bamboo shoot

(a)新鲜茭白 (b)20℃贮藏6 d,对照 (c)20℃贮藏6 d,1-MCP处理

3 讨论

采用不同浓度的1-MCP处理对脱壳茭白的贮藏效果不同,其中以0.5 μL/L的1-MCP处理效果

最好,常温放置6 d和低温贮藏35 d后,脱壳茭白仍形态饱满,无明显失水,表皮微绿,褐色斑点较少;同时茭肉横切面较白,组织致密,无明显空心(表1)。本实验也发现,1-MCP处理推迟了常温贮藏下乙烯

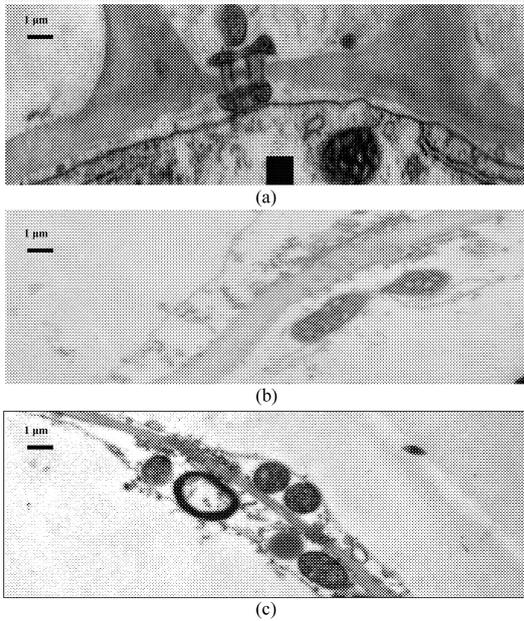


图 5 茭白胞间连丝超微结构图

Fig. 5 Plasmodesma ultrastructure of fresh peeled water bamboo shoot

(a) 新鲜茭白 (b) 20℃ 贮藏 6 d, 对照
(c) 20℃ 贮藏 6 d, 1-MCP 处理

高峰的出现的的时间,降低了低温贮藏期间乙烯产生的峰值,2℃贮藏 35 d 后,0.5 μL/L 1-MCP 处理脱壳茭白的乙烯峰值仅为对照的 69% (图 1b),表明适宜浓度的 1-MCP 对于提高脱壳茭白的贮藏品质、减轻木纤化具有较好的效果。Luo 等^[8]和 Cai 等^[13]分别在冷藏竹笋和枇杷时也发现,适宜浓度的 1-MCP 处理可有效抑制组织的木质化,延缓果蔬衰老。脱壳茭白无论在常温还是低温贮藏过程中均存在组织的木纤化,表现出纤维素含量的增加(图 2),水溶性果胶的降低和原果胶含量的增加(图 3),最终引起茭肉品质的下降。采用 1-MCP 处理可明显抑制纤维素含量的增加、可溶性果胶含量的下降和原果胶含量的增加。果蔬组织的木质化是由于细胞壁水解

酶如纤维素酶、果胶甲酯酶和多聚半乳糖醛酸酶活性下降,使纤维素、木质素和原果胶等细胞壁组分不能正常分解,出现逆向积累。本实验发现,2 种贮藏温度条件下脱壳茭白的纤维素含量出现明显的增加,常温 6 d 和低温 35 d 后,纤维素含量均达 0.16% 左右,茭肉出现木纤化;1-MCP 处理明显抑制纤维素含量的增加,常温和低温分别贮藏至 6 d 和 35 d 后,1-MCP 处理的茭肉纤维素含量仅为对照的 87% 左右(图 2),且肉质细嫩,咀嚼无渣汁感,茭肉的木纤化过程明显缓解。Luo 等^[8]也报道 1-MCP 具有抑制竹笋贮藏期间纤维素含量增加的作用。

为了进一步证实 1-MCP 对采后茭白的木纤化作用,采用透射电镜观察了常温下脱壳茭白的细胞超微结构和胞间连丝的变化,发现常温贮藏 6 d 后,未经 1-MCP 处理的茭肉细胞胞间连丝出现明显的降解,胞间连丝变得模糊不清,而 1-MCP 处理的胞间连丝仍然清晰可见(图 5),这进一步证实了 1-MCP 处理延缓茭白衰老的作用。

4 结束语

0.5 μL/L 的 1-MCP 处理可较好保持常温和低温贮藏条件下茭肉的外观品质,抑制乙烯的产生、可溶性果胶含量的下降和原果胶含量的增加,明显抑制纤维素含量的增加,且肉质细嫩,表明 1-MCP 处理减轻了茭肉木纤化。透射电镜观察发现,1-MCP 处理的茭肉常温贮藏 6 d 后细胞内含物仍较为丰富,胞间连丝清晰可见,进一步证实了 1-MCP 处理延缓茭白衰老的作用。

参 考 文 献

- 席琦芳, 罗自生, 胡麒星. 赤霉素对茭白采后生理的影响[J]. 江西农业大学学报, 2001, 23(2): 197 ~ 199.
Xi Yufang, Luo Zisheng, Hu Qixing. Effect of GA3 on postharvest physiology of water bamboo shoot[J]. Acta Agriculturae Universitatis Jiangxiensis, 2001, 23(2): 197 ~ 199. (in Chinese)
- 陈文煊, 郜海燕, 周拥军, 等. 植物生长调节剂对保鲜茭白生理品质的影响[J]. 浙江农业学报, 2003, 15(3): 185 ~ 188.
Chen Wenxuan, Gao Haiyan, Zhou Yongjun, et al. Effects of plant growth regulators on physiological quality of preserves Jiabai, *Zizania caduciflora* L. [J]. Acta Agriculturae Zhejiangensis, 2003, 15(3): 185 ~ 188. (in Chinese)
- 席琦芳, 罗自生, 朱勇, 等. 茭白保鲜技术的研究[J]. 中国果菜, 2001(3): 23.
- 张美玲, 朱世东, 王建. 不同保鲜剂处理对岳西高山茭白贮藏效果的影响[J]. 中国农学通报, 2008, 24(2): 110 ~ 114.
Zhang Meiling, Zhu Shidong, Wang Jian. Effects of different preservatives on the storage quality of fewflower wildrice grown on the mountains in Yuexi County[J]. Chinese Agricultural Science Bulletin, 2008, 24(2): 110 ~ 114. (in Chinese)

- 5 周涛, 许时婴, 王璋, 等. 热处理对微加工茭白的质构与色泽的影响[J]. 无锡轻工大学学报, 2002, 21(3): 281 ~ 284.
Zhou Tao, Xu Shiyong, Wang Zhang, et al. Effect of heat treatment on texture and color changes in minimally processed water bamboo[J]. Journal of Wuxi University of Light Industry, 2002, 21(3): 281 ~ 284. (in Chinese)
- 6 Lurie S. Postharvest heat treatments[J]. Postharvest Biol. Technol., 1998, 14(3): 257 ~ 269.
- 7 刘尊英, 吕艳春, 姜微波. 1-甲基环丙烯及乙烯对绿芦笋采后品质的影响[J]. 中国农业大学学报, 2003, 8(6): 26 ~ 28.
Liu Zunying, Lü Yanchun, Jiang Weibo. Effects of 1-MCP and ethylene on postharvest quality of green asparagus[J]. Journal of China Agricultural University, 2003, 8(6): 26 ~ 28. (in Chinese)
- 8 Luo Z S, Xu X L, Cai Z Z, et al. Effects of ethylene and 1-methylcyclopropene (1-MCP) on lignification of postharvest bamboo shoot[J]. Food Chem., 2007, 105: 521 ~ 527.
- 9 郝海燕, 杨剑婷, 陈杭君, 等. 气调小包装对去壳茭白品质的影响[J]. 中国农业科学, 2004, 37(12): 1990 ~ 1994.
Gao Haiyan, Yang Jianting, Chen Hangjun, et al. Studies on the effect of peeled fewflower wildrice storage with atmosphere-controlled small package[J]. Scientia Agricultura Sinica, 2004, 37(12): 1990 ~ 1994. (in Chinese)
- 10 罗自生, 徐晓玲, 严碧芳. 热处理对轻度加工竹笋品质和生理的影响[J]. 农业机械学报, 2008, 39(1): 64 ~ 67.
Luo Zisheng, Xu Xiaoling, Yan Bifang. Influence of heat treatment on quality and physiology of lightly processed bamboo shoot[J]. Transactions of the Chinese Society for Agricultural Machinery, 2008, 39(1): 64 ~ 67. (in Chinese)
- 11 郑炳松. 现代植物生理生化研究技术[M]. 北京: 气象出版社, 2006: 65 ~ 66.
- 12 许安邦, 林维宣. 食品分析[M]. 北京: 中国轻工出版社, 1994: 211 ~ 213.
- 13 Cai C, Chen K S, Xu W P, et al. Effect of 1-MCP on postharvest quality of loquat fruit[J]. Postharvest Biol. Technol., 2006, 40(2): 155 ~ 162.

~~~~~

(上接第 110 页)

- 13 彭源德, 郑科, 杨喜爱, 等. 苧麻纤维质酶降解生产生物燃料乙醇的工艺[J]. 农业工程学报, 2007, 23(4): 6 ~ 10.  
Peng Yuande, Zheng Ke, Yang Xiai, et al. Technology for producing bio-ethanol from ramie lignocellulosic degradation with enzymes[J]. Transactions of the CSAE, 2007, 23(4): 6 ~ 10. (in Chinese)
- 14 Mazutti M, Bender J P, Treichel H, et al. Optimization of inulinase production by solid-state fermentation using sugarcane bagasse as substrate[J]. Enzyme Microb. Technol., 2006, 39(1): 56 ~ 59.
- 15 Borzani W, Vario M L R. Quantitative adsorption of methylene blue by dead yeast cells[J]. J. Bacteriol., 1958, 76(3): 251 ~ 255.
- 16 Alfenore S, Molina-Jouve C, Guillouet S E, et al. Improving ethanol production and viability of *Saccharomyces cerevisiae* by a vitamin feeding strategy during fed-batch process[J]. Appl. Microbiol Biotechnol., 2002, 60(1 ~ 2): 67 ~ 72.
- 17 Ohta K, Hamada S, Nakamura T. Production of high concentrations of ethanol from inulin by simultaneous saccharification and fermentation using *Aspergillus niger* and *Saccharomyces cerevisiae*[J]. Appl. Environ. Microbiol., 1993, 59(3): 729 ~ 733.
- 18 Ge X Y, Zhang W G. A shortcut to the production of high ethanol concentration from Jerusalem artichoke tubers[J]. Food Technol. Biotechnol., 2005, 43(3): 241 ~ 246.
- 19 刘振, 王金鹏, 张立峰, 等. 木薯干原料同步糖化发酵生产乙醇[J]. 过程工程学报, 2005, 5(3): 354 ~ 356.  
Liu Zhen, Wang Jinpeng, Zhang Lifeng, et al. Production of ethanol by simultaneous saccharification and fermentation from cassava[J]. The Chinese Journal of Process Engineering, 2005, 5(3): 354 ~ 356. (in Chinese)
- 20 Stenberg K, Galbe M, Zacchi G. The influence of lactic acid formation on the simultaneous saccharification and fermentation (SSF) of softwood to ethanol[J]. Enzyme Microb. Technol., 2000, 26(1): 71 ~ 79.