

乙醇浸泡对鲜切荸荠贮藏品质变化的影响

范传会^{1,2}, 陈学玲^{1,2}, 王少华¹, 蔡芳¹, 梅新¹, 施建斌¹, 隋勇¹, 蔡沙¹, 何建军^{1,2}

(1. 湖北省农业科学院农产品加工与核农技术研究所, 湖北武汉 430064)

(2. 湖北省水生蔬菜保鲜加工工程技术研究中心, 湖北武汉 430068)

摘要: 本文展开了乙醇浸泡对鲜切荸荠品质变化的研究, 通过分析在贮藏期内鲜切荸荠的多酚氧化酶活性、呼吸速率、硬度、外观色度、气味、菌落总数及大肠菌群数等变化, 确定乙醇浓度对鲜切荸荠品质的影响。结果表明: 浸泡时乙醇浓度对鲜切荸荠中多酚氧化酶活性和荸荠硬度变化不显著, 但对鲜切荸荠的呼吸速率、气味和外观色度影响显著。在贮藏 1 d, 当浸泡用乙醇浓度由 15% 增加到 75% 时, 鲜切荸荠的呼吸速率由 74 $\mu\text{g}/(\text{kg}\cdot\text{h})$ 增加到 134 $\mu\text{g}/(\text{kg}\cdot\text{h})$; 随着贮藏时间的延长, 乙醇处理组鲜切荸荠的呼吸速率呈现下降趋势。色度分析知, 贮藏 0~4 d 浸泡时乙醇浓度对荸荠色泽影响不显著; 随着贮藏时间的延长, 当浸泡乙醇浓度 $\geq 35\%$ 时, 乙醇处理组的鲜切荸荠不产生黄化现象。电子鼻分析浸泡用乙醇浓度越高, 在贮藏过程中生成的甲基类和醇、醛、酮类等物质越多, 其中 75% 乙醇处理组荸荠对代表甲基类和醇、醛、酮类等物质的传感器 R(6) 和 R(8) 响应值分别由 111.13 和 37.10 上升至 270.65 和 121.70。此外, 乙醇可减少鲜切荸荠中的菌落总数和大肠菌群数; 当浸泡时乙醇浓度由 15% 增加到 35% 时, 贮藏至 13 d 荸荠中的菌落总数和大肠菌群数降低到可计数范围内; 当浸泡时乙醇浓度大于 55% 时, 在贮藏期内没有菌落总数和大肠菌群检出。在贮藏温度 4 $^{\circ}\text{C}$ 、贮藏时间为 13 d 的条件下, 用浓度 35%~55% 乙醇对鲜切荸荠进行浸泡处理, 可显著延长鲜切荸荠的贮藏期。

关键词: 鲜切荸荠; 乙醇; 保鲜

文章篇号: 1673-9078(2018)12-122-128

DOI: 10.13982/j.mfst.1673-9078.2018.12.019

Effect of Soaking in Aqueous Ethanol on the Storage Quality of Fresh-cut Water Chestnut

FAN Chuan-hui^{1,2}, CHEN Xue-ling^{1,2}, WANG Shao-hua¹, CAI Fang¹, MEI Xin¹, SHI Jian-bin¹, SUI Yong¹,
CAI Sha¹, HE Jian-jun^{1,2}

(1. Institute for Farm Products Processing and Nuclear-agricultural Technology; Hubei Academy of Agricultural Science, Wuhan 430064, China) (2. Aquatic Vegetable Preservation and Processing Technology Engineering Center of Hubei Province, Wuhan 430068, China)

Abstract: In this study, the changes in the quality of fresh-cut water chestnut caused by the soaking in aqueous ethanol were examined. The changes of polyphenol oxidase activity, respiration rate, hardness, appearance color, odor, total number of colonies and number of coliforms of fresh cut mites during storage were analyzed. The effects of the ethanol concentration on the quality of fresh-cut water chestnut was evaluated through analyzing the activity of polyphenol oxidase, respiratory rate, hardness, color, flavor, total number of colonies and the number of coliforms of the fresh-cut water chestnut. The results showed that the ethanol concentration during soaking did not cause significant changes in the polyphenol oxidase activity and hardness of fresh-cut water chestnuts, but had significant effects on their respiratory rate, flavour and color. During 1 d storage, the respiration rate of fresh-cut water chestnut increased from 74 $\mu\text{g}/(\text{kg}\cdot\text{h})$ to 134 $\mu\text{g}/(\text{kg}\cdot\text{h})$ when the concentration of ethanol was elevated from 15% to 75%; The respiration rate of fresh-cut water chestnut treated with ethanol exhibited a downward trend over the storage. There was no significant change in the color of fresh-cut water chestnut within the first 4 d. With the prolongation of storage time, a high concentration of ethanol ($\geq 35\%$) could prevent the change in the color of fresh-cut water chestnut from white to yellow. Analysis with an electronic nose showed that the higher the concentration of ethanol, the more the methyl groups and alcohols, aldehydes, ketones and other substances formed during storage. The response values of the sensors R(6) and R(8) corresponding to the methyl groups, alcohols, aldehydes,

收稿日期: 2018-07-05

基金项目: 湖北省重大科技创新项目 (2017ABA153); 湖北省农业科学院基金 (2018NKYJJ17)

作者简介: 范传会 (1987-), 女, 博士, 助理研究员, 研究方向: 农产品加工与保鲜

通讯作者: 何建军 (1963-), 男, 研究员, 学士, 研究方向: 水生蔬菜保鲜与加工

ketones increased from 111.13 and 37.10 to 270.65 and 121.70, respectively, when fresh-cut water chestnut treated with 75% ethanol. In addition, the ethanol treatment could reduce the total number of colonies and the number of coliforms in fresh-cut water chestnut. When the concentration of ethanol increased from 15% to 35%, the soaking led to the total number of colonies and the number of coliform in fresh-cut water chestnut (stored for 13 d) decreased to a countable range. When the ethanol concentration was greater than 55%, no colonies and coliforms were detected during the storage period. Thus, the shelf life of the fresh-cut water chestnut could be prolonged if they were soaked in 35%~55% aqueous ethanol and stored at 4 °C for 13 d.

Key words: fresh-cut water chestnut; ethanol; preservation

荸荠富含淀粉、膳食纤维、矿物质和维生素等多种营养物质^[1-3]。荸荠既可作为蔬菜又可作为水果深受大众消费者的喜爱,研究鲜切荸荠的保鲜技术有利于提高荸荠的市场价值。

鲜切果蔬是生鲜产品的重要组成部分,鲜切果蔬已成为果蔬采后研究领域中的重要方向之一。但在鲜切果蔬市场繁荣发展的同时,市场还存在许多弊病,其中保鲜剂的滥用及过量使用问题,已经成为限制鲜切果蔬市场健康发展的关键问题。为此,开发适合鲜切果蔬保鲜且绿色、安全的保鲜剂已成为急需解决的行业问题。乙醇具有杀菌消毒的作用,中国国家卫生和计划生育委员会及美国食品药品监督管理局(FDA)规定用乙醇对水果进行保鲜处理,乙醇使用量不做上限要求,用乙醇保鲜果蔬的研究越来越受到国内外学者的关注,已有将乙醇用于西兰花、鲜切芒果和鲜切甘蔗的报道^[4-8]。用乙醇对鲜切荸荠进行浸泡可起到杀菌消毒的作用,可避免保鲜剂在鲜切荸荠中的乱用和滥用。

目前已有大量关于鲜切荸荠保鲜剂的研究^[9-12]。但是关于乙醇对鲜切荸荠的保鲜效果的研究报道还少见,在国内只有姜悦等人研究不同浓度的乙醇对鲜切荸荠黄化及相关酶的影响;姜悦等人认为乙醇抑制了鲜切荸荠 L^* 值的下降;低浓度(10%和20%)的乙醇在短期内对鲜切荸荠作用效果显著,高浓度(30%和40%)乙醇可达到长期保鲜荸荠的效果^[13]。但是姜悦没有研究乙醇对荸荠硬度、外观及气味等影响的研究。基于此,本文就乙醇对鲜切荸荠的PPO活性、呼吸速率、硬度、色度、气味和初始带菌量等进行研究,旨在分析乙醇浓度对鲜切荸荠的品质的影响,延长鲜切荸荠的贮藏期。本文的研究为开发绿色、安全且适合鲜切荸荠的保鲜剂提供基础数据参考。

1 材料与方法

1.1 原料

1.1.1 材料

荸荠:购置于湖北省武汉市洪山区南湖大道菜市

场。挑选大小均匀、无明显机械伤、无病虫害、成熟度一致的荸荠作为试验材料。

1.1.2 试剂

多酚氧化酶检测试剂盒,南京建成生物工程研究所;菌落总数和大肠杆菌数检测试纸,广东达元绿洲食品安全科技股份有限公司;其他分析纯试剂,均来自国药集团。

1.2 主要仪器

医用4 °C冷藏冰箱HYC-68A,海尔股份有限公司;分光光度计722G,上海精密科学仪器有限公司;呼吸强度仪HM-1022,山东恒美电子科技有限公司;色度计CR-400/410,柯尼卡美能达(中国)投资有限公司;佳能照相机EOS 80D,佳能(中国)有限公司;质构仪TA.XT Plus,英国Stable Micro Systems公司;电子鼻PEN3,德国AIRSENSE公司;恒温培养箱DHG-9082,上海焜南仪器有限公司。

1.3 试验方法

1.3.1 荸荠清洗

将荸荠用大量清水洗去泥土,用去皮刀除去荸荠表面的褐色表皮,将去皮后的荸荠1 kg放置在5 L的玻璃容器中,加无菌水至没过荸荠,浸泡5 min后滤除水分(浸泡时间过长,鲜切荸荠细胞严重失水),反复浸泡清洗三次,滤干水分备用,该种去皮后的荸荠即为鲜切荸荠。

1.3.2 乙醇溶液的配制

用无水乙醇和无菌水分别配置0%、15%、35%、55%和75%的乙醇溶液(体积比)。

1.3.3 浸泡处理

取上述清洗干净的鲜切荸荠约500 g放入1 L的烧杯中,向烧杯中分别加入750 mL上述不同浓度的乙醇使荸荠完全浸泡在乙醇中,浸泡时间为5 min。将浸泡后的荸荠,用无菌水以50 mL/s的速度淋洗5 min减少乙醇残留。将淋洗后的鲜切荸荠滤干,装入25 cm×28 cm厚度为0.01 mm的PE保鲜袋中放置在4 °C下贮藏。

1.3.4 PPO 活性测定

采用 PPO 试剂盒, 南京建成生物工程研究所。测定鲜切荸荠中的 PPO 活性。

1.3.5 呼吸速率

采用静置法测定一定时间内 CO₂ 生成量, 结果以 μg/(kg·h) 表示, 测定方法见文献^[14]。

1.3.6 色度

用全自动色差计测量鲜切荸荠的 *L*、*a*、*b* 值, 仪器采用标准白板校正。其中, *L* 表示明度、*a* 和 *b* 表示色度。

1.3.7 荸荠图片

用照相机分别拍下贮藏 1 d 和 13 d 的鲜切荸荠外观。

1.3.8 硬度测定

将鲜切荸荠修正为 1.0 cm 厚度的薄片, 用质构仪配以 P/2 探头, 设定测前速度为 5 mm/s, 贯入速度 1 mm/s, 测后速度 5 mm/s, 测定深度为 0.8 cm, 最小感知力 5 g, 测定鲜切荸荠的硬度。

1.3.9 电子鼻气味分析

将 5 g 荸荠用组织捣碎机捣碎后装入玻璃瓶中, 用塑料瓶盖密封。将密封后玻璃瓶放在 25 °C 水浴锅中, 恒温水浴 20 min。取出恒温后的玻璃瓶用电子鼻测定荸荠的气味, 待传感器信号在 120 s 后基本稳定, 选取信号采集时间为 160 s。电子鼻传感器对应的敏感物质类型如表 1。

表 1 化学传感器及其对应的敏感物质类型

Table 1 Chemical sensors corresponding to different types of volatile substances

传感器编号	性能描述
R(1)	芳香成分, 苯类
R(2)	灵敏度大, 对氮氧化合物很灵敏
R(3)	芳香成分灵敏, 氨类
R(4)	主要对氢化物有选择性
R(5)	短链烷烃芳香成分
R(6)	对甲基类灵敏
R(7)	对硫化物灵敏
R(8)	对醇类、醛酮类灵敏
R(9)	芳香成分, 对有机硫化物灵敏
R(10)	对长链烷烃灵敏

1.3.10 大肠菌群和菌落总数测定

用大肠杆菌检测试纸和菌落总数试纸, 采用计数法测定鲜切荸荠中菌落总数和大肠菌群数, 测定步骤参见^[15,16]。

1.4 数据处理

所有数据均平行测定 3 次, 取平均值。采用 Excel 2013 软件对数据进行方差分析并绘制相关图。

2 结果与讨论

2.1 乙醇对鲜切荸荠中 PPO 活性的影响

PPO 是广泛存在于动植物组织中一类含有铜金属离子的酶, 在一些果蔬中 PPO 可导致果蔬味道、营养和颜色的改变^[17]。由图 1 知, 在清水对照组和乙醇处理组中, 鲜切荸荠的 PPO 活性无显著变化, 在贮藏期内一直维持了 10 U/g 左右。PPO 活性低于已有报道的 PP 活性, 其原因是报道中所用的 PPO 活性是提取后的粗酶活性, 本文中测定的酶活是鲜切荸荠组织的酶活^[9]。有报道表明荸荠中总多酚含量较低, PPO 维持在较低水平并认为 PPO 不是引起荸荠黄化的原因^[18]。新鲜荸荠中总多酚含量与荸荠的品种有关, 新鲜荸荠中总多酚含量在 6.6~18.3 mg/g f.w. 之间, Qian Li 等报到了产至中国河北的新鲜荸荠 (Zaofeng) 中总多酚含量为 2.24 mg/g d.m.^[19,20]。但关于荸荠中多酚种类和含量还不清晰。由图 1 结果知, 乙醇处理组 PPO 活性与清水处理组 (乙醇浓度 0%) PPO 活性无显著差异 ($p>0.05$)。产生上述实验结果的原因可能是乙醇处理对鲜切荸荠的 PPO 活性无显著影响, 也可能是因为荸荠中缺少 PPO 专一作用的底物; 关于荸荠中 PPO 性变化的原因将在后续实验中展开研究。

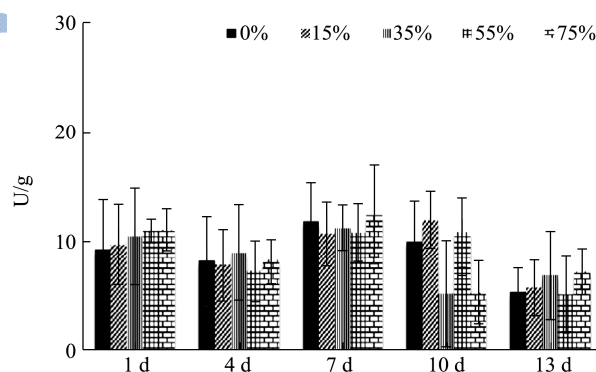


图 1 乙醇对鲜切荸荠中 PPO 活性变化的影响

Fig.1 Effects of ethanol treatment on PPO activity of fresh-cut water chestnut

2.2 乙醇对鲜切荸荠呼吸速率的影响

呼吸作用是果蔬采后生命活动的主导过程。呼吸作用需要能量, 会消耗果蔬组织中营养物质^[21]。由图 2 知乙醇浸泡显著影响鲜切荸荠的呼吸速率, 且与浸泡所用的乙醇浓度有关 ($p<0.05$)。在贮藏第 1 d, 随着乙醇浓度由 15% 上升到 75%, 鲜切荸荠的呼吸速率分别由 74 μg/(kg·h) 增大到 134 μg/(kg·h); 贮藏至第 13

d, 35%、55%和 75%乙醇处理组中鲜切荸荠的呼吸速率分别由 163 $\mu\text{g}/(\text{kg}\cdot\text{h})$ 、159 $\mu\text{g}/(\text{kg}\cdot\text{h})$ 和 134 $\mu\text{g}/(\text{kg}\cdot\text{h})$ 降低为 11 $\mu\text{g}/(\text{kg}\cdot\text{h})$ 、89 $\mu\text{g}/(\text{kg}\cdot\text{h})$ 和 87 $\mu\text{g}/(\text{kg}\cdot\text{h})$ 。本文中用保鲜袋包装鲜切荸荠,保鲜袋内氧气含量一定,与外界存在微量气体交流。有氧条件下,鲜切荸荠进行有氧呼吸,产生的二氧化碳较多,测得的呼吸速率大;当保鲜袋内氧气耗尽后,鲜切荸荠的呼吸方式转变为无氧呼吸,测得的呼吸速率小。结合后文电子鼻结果知,在贮藏过程中鲜切荸荠甲基类和醇、醛、酮类物质增大,也说明鲜切荸荠在贮藏过程中发生了无氧呼吸。而清水对照组和 15%的乙醇处理组中鲜切荸荠在贮藏过程中呼吸速率差异不大,都维持在 60~80 $\mu\text{g}/(\text{kg}\cdot\text{h})$ 之间,说明乙醇浓度越低,对荸荠呼吸速率的影响不显著。

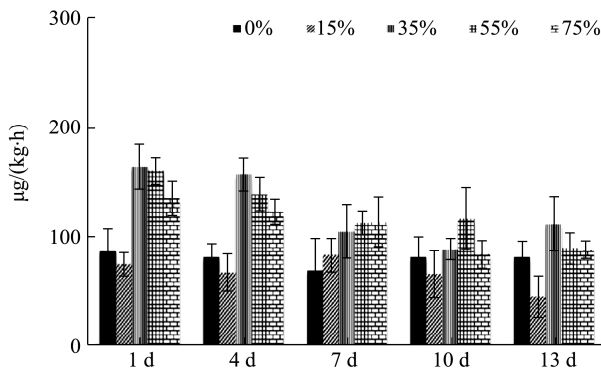


图2 乙醇对鲜切荸荠呼吸速率的影响

Fig.2 Effects of ethanol treatment on respiration rate of fresh-cut water chestnut

2.3 乙醇对鲜切荸荠色度的影响

果蔬外观色泽的变化,侧面反应了果蔬品质的变化。黄化现象是鲜切荸荠品质变化的重要指标之一。由图 3 知在 13 d 的贮藏期内,乙醇对鲜切荸荠亮度无显著影响 ($p>0.05$)。该结果与姜悦等的研究结果一致^[13]。

蓝黄值 b 为正数,说明荸荠偏黄。方差分析知贮藏时间对鲜切荸荠的蓝黄值 b 影响显著 ($p<0.05$)。在贮藏 0~4 d 内,清水对照组中鲜切荸荠的黄色变化不显著,色度值 b 维持在 12 左右。贮藏至 13 d,清水对照组中鲜切荸荠的 b 值由 11.78 增加为 22.18,说明清水对照组中鲜切荸荠在发生黄化现象且随着贮藏期的延长黄化现象日趋严重。贮藏 0~10 d 内,乙醇处理组中鲜切荸荠黄度基本不变,贮藏 10~13 d, 15%乙醇处理组中鲜切荸荠 b 值由 12.14 增加到 15.16,说明 15%乙醇处理组荸荠在贮藏后期发生了黄化现象。该变化趋势与姜悦等人的研究一致^[13]。当浸泡所用乙醇浓度 $\geq 35\%$ 时,在贮藏 10~13 d 内乙醇处理组中鲜切荸荠 b

值下降,其中 75%乙醇处理组中鲜切荸荠色度下降最为显著,色度 b 值由 9.70 下降为 1.88。荸荠色度如图 3 中所示。

姜悦等认为鲜切荸荠荸荠的黄化现象的发生与荸荠中黄酮的氧化有关^[13]新鲜荸荠中总黄酮含量高达 2.62 mg/g ^[20]。用不同浓度的乙醇溶液浸泡鲜切荸荠,可使荸荠表面黄酮类化合物溶解在乙醇溶液中,减少表面黄酮类化合物与氧气的接触量,从而抑制黄酮类化合物的氧化,减少黄化现象的发生。后文实验数据表明,鲜切荸荠黄化现象的产生与鲜切荸荠表面带菌量呈负相关性。在植物组织中大部分黄酮类化合物多以苷类形式存在,只有少部分天然黄酮类化合物以游离态存在^[22]。微生物产生的代谢产物可能将黄酮苷类转化为游离态的黄酮,可能会加速产生黄化现象^[23]。

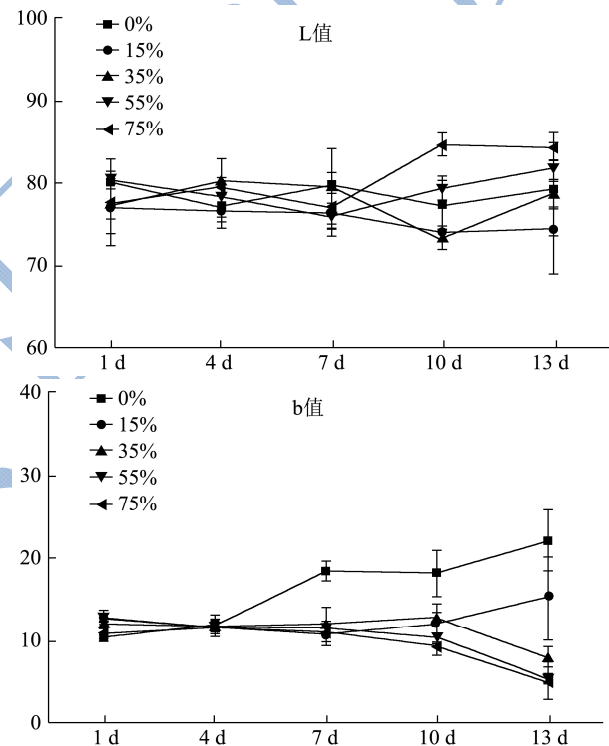


图3 乙醇对鲜切荸荠色度的影响

Fig 3 Effects of ethanol treatment on color value of fresh-cut water chestnut

2.4 乙醇对鲜切荸荠硬度的影响

硬度反应了果蔬的组织结构变化,果蔬组织的软化与组织中纤维素和果胶等存在形式有关^[24]。由图 5 知 4 $^{\circ}\text{C}$ 、13 d 的贮藏期内,鲜切荸荠的硬度变化不显著 ($p>0.05$),硬度都维持在 600 g 到 900 g 之间。荸荠个体差异显著,考虑误差范围可认为在贮藏期 13 d 内鲜切荸荠的组织结构没有发生显著改变。对比不同乙醇处理组的鲜切荸荠硬度知,乙醇处理对鲜切荸荠硬度的影响不显著。鲜切荸荠硬度的变化反映了荸荠

组织结构和细胞结构的变化。本文中浸泡时间为 5 min, 时间短。影响荸荠组织结构的纤维素属于水不溶性物质, 浸泡只会使鲜切荸荠表面少量的水溶性物质溶解在乙醇溶液中, 且浸泡只会使荸荠表面细胞微量失水, 不会对细胞结构产生破坏。因此乙醇浸泡对鲜切荸荠的硬度影响不显著。

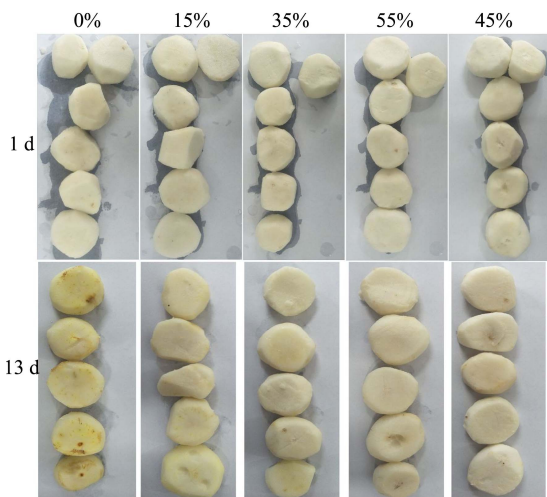


图 4 不同处理组鲜切荸荠在贮藏期 1 d 和 13 d 的外观图
Fig.4 Images of fresh-cut water chestnut treated with ethanol stored for 1 d and 13 d

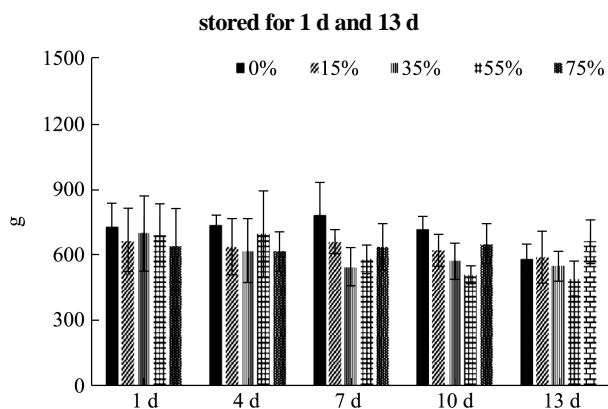


图 5 乙醇对鲜切荸荠硬度的影响

Fig.5 Effects of ethanol treatment on hardness of fresh-cut water chestnut

2.5 乙醇对鲜切荸荠气味的影响

电子鼻客观的反应了果蔬贮藏过程中气味变化, 用雷达图可判断果蔬风味物质的化学属性^[25]。由雷达图 6 知, 4℃下贮藏 1 d 和 13 d, 荸荠中的气味物质对传感器 R(6)和 R(8)的相应值显著不同, 说明传感器 R(6)和 R(8)代表的物质在含量上存在显著差异。对比表 1 不同传感器对应敏感类物质知, 在贮藏过程中乙醇处理组中鲜切荸荠中甲基类和醇、醛、酮类等化合物含量发生改变。将贮藏期由 1 d 延长至 13 d, 随着乙醇浓度的增大, 传感器 R(6)和 R(8)的响应值都增大; 其中传感器 R(6)的响应值分别由 36.92、73.55、94.46、

111.13 增加至 93.35、154.82、189.89、270.65, 传感器 R(8)的响应值分别由 10.79、20.49、28.35、37.10 增加至 34.64、66.37、88.53、121.70, 说明在贮藏过程中甲基类、醇、醛、酮类化合物含量在增大。引起该种变化的原因可能与荸荠的无氧呼吸有关。植物无氧呼吸的过程中需要葡萄糖及乙醇脱氢酶等多种酶的参与^[26]。荸荠中含有大量淀粉, 但荸荠中葡萄糖单体含量相对较少^[27]。高浓度乙醇可能激活了荸荠中淀粉酶及与无氧呼吸相关酶, 使荸荠的无氧呼吸速率加速, 从而产生甲基类和醇、醛、酮类物质。高浓度乙醇浸泡会诱发甲基类、醇、醛、酮类物质的生成, 不利于鲜切荸荠保持原有气味。

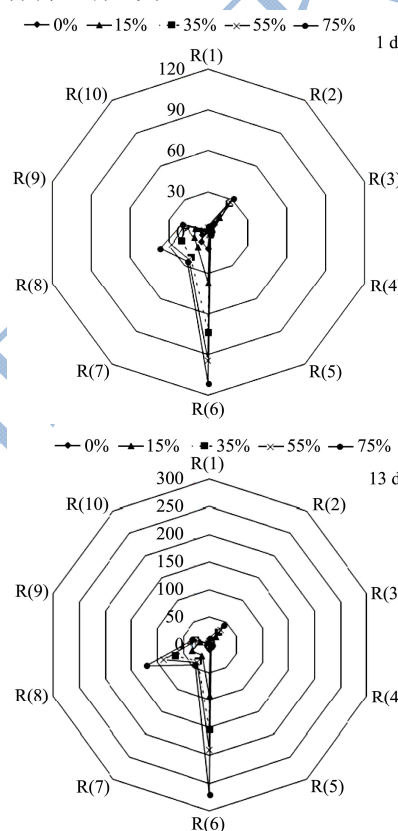


图 6 不同处理组荸荠在贮藏期 1 d 和 13 d 雷达图

Fig.6 Radar chart of fresh-cut water chestnut treated with ethanol stored for 1 d and 13 d

2.6 乙醇对鲜切荸荠中菌落总数和大肠菌群数的影响

乙醇作为常用的食品添加剂, 具有杀菌作用^[28]。由表 2 和表 3 知, 贮藏至第 4 d, 清水对照组和 15% 乙醇处理组的鲜切荸荠中开始有大肠菌群检出, 15% 乙醇处理组鲜切荸荠中的菌落总数也增加至 1.5×10^3 。贮藏至第 7 d, 15% 乙醇处理组鲜切荸荠中菌落总数和大肠菌群数分别上升至 6.9×10^4 和 1.8×10^2 , 超出满意

范围^[29]。贮藏至第 13 d, 15%乙醇处理组鲜切荸荠中菌落总数不可计; 大肠菌群数增至 2.83×10^4 , 35%乙醇处理组鲜切荸荠中的菌落总数增至 4.9×10^4 , 大肠菌群数开始检出; 而 55%和 75%乙醇处理组的鲜切荸荠在 13 d 的贮藏期内一直无菌落总数和大肠菌群检出。荸荠作为生命个体, 自身就带有大量微生物, 去皮及清洗可以减少其初始带菌量, 但是去皮和清洗不能完全去除鲜切荸荠表面的微生物和致病菌。乙醇作为常用的杀菌消毒剂, 其杀菌效果与浓度显著相关^[30]。结合本文研究的结果知, 浓度大于 35%的乙醇浸泡鲜切荸荠即可起到很好的杀菌效果, 比对乙醇浓度知, 鲜切荸荠中的菌落总数和大肠菌群数随着乙醇浓度的增加而减少, 说明乙醇浓度越高, 杀菌效果越显著。但高浓度乙醇浸泡会增加鲜切荸荠在贮藏过程中的甲基类、醇、醛, 酮类物质的生成量。在保持杀菌效果的前提下, 降低乙醇浓度, 有利于保持鲜切荸荠的原有风味。结合前文中鲜切荸荠的色度分析, 发现浓度大于等于 35%乙醇浸泡可显著抑制鲜切荸荠黄化现象的发生。观察发现无黄化现象发生的鲜切荸荠中, 大肠菌群和菌落总数检出较少或无检出, 鲜切荸荠的黄化现象与鲜切荸荠的初始带菌量和大肠菌群数呈负相关性。

表 2 乙醇对荸荠中菌落总数的影响

Table 2 Effects of ethanol treatment on the total number of colonies of fresh-cut water chestnut

乙醇浓度	1 d	4 d	7 d	10 d	13 d
0%	0	3400	21800	>100000	>100000
15%	0	1700	6900	>100000	>100000
35%	0	500	3000	23200	49000
55%	0	0	0	0	0
75%	0	0	0	0	0

表 3 乙醇对荸荠中大肠杆菌数的影响

Table 3 Effects of ethanol treatment on the number of coliforms of fresh-cut water chestnut

乙醇浓度	1 d	4 d	7 d	10 d	13 d
0%	0	10	1690	>100000	>100000
15%	0	3	180	3300	28300
35%	0	0	2	3	3
55%	0	0	0	0	0
75%	0	0	0	0	0

3 结论

3.1 实验结果表明用乙醇作为鲜切荸荠的保鲜剂, 其保鲜效果与乙醇浓度有关。当乙醇浓度大于 35%时, 才能显著抑制鲜切荸荠的黄化现象的发生, 结合微生物

物指标知所用乙醇浓度最佳范围为 35%~55%。

3.2 呼吸速率分析知, 乙醇浸泡可增加鲜切荸荠贮藏前期的呼吸速率; 电子鼻分析知, 高浓度乙醇浸泡后, 在贮藏过程中鲜切荸荠中甲基类和醇、醛、酮类物质会显著增加, 不利于保持鲜切荸荠的原有风味。

3.3 作为绿色、安全的杀菌消毒剂, 乙醇杀菌与冷藏保鲜技术相结合可满足鲜切荸荠的短期保鲜要求。该种保鲜方法有望用于鲜切荸荠的冷藏保鲜中, 解决鲜切荸荠短期保鲜的难题。与其他保鲜方法相比, 乙醇保鲜方法操作简单、成本低廉且安全性高, 有利于保持鲜切荸荠的品质, 提高鲜切荸荠的商品价值。

参考文献

- [1] Wang Lan, Zhihua Yin, Wu Jia, et al. A study on freeze-thaw characteristics and microstructure of Chinese water chestnut starch gels [J]. *Journal of Food Engineering*, 2008, 88(2): 186-192
- [2] Lichao Zhao, Xin Mao, Li Hua Huang, et al. Study on extraction of dietary fiber from water chestnut pericarp by zymochemistry method [J]. *Science & Technology of Food Industry*, 2009, 30(11): 244-246
- [3] 王光亚, 杨月欣, 潘兴昌. 中国食物成分表[M]. 北京大学医学出版社, 2009
WANG Guang-ya, YANG Yue-xin, PAN Xing-chang. China food composition [M]. Peking University Medical Press, 2009
- [4] Feng Xu, Xuehong Chen, Peng Jin, et al. Effect of ethanol treatment on quality and antioxidant activity in postharvest broccoli florets [J]. *European Food Research & Technology*, 2012, 235(5): 793-800
- [5] Anne Plotto, Jinhe Bai, Jan Narciso, et al. Ethanol vapor prior to processing extends fresh-cut mango storage by decreasing spoilage, but does not always delay ripening [J]. *Postharvest Biology & Technology*, 2006, 39(2): 134-145
- [6] Mamoun A. Homaida, Shoulei Yan, Hong Yang. Effects of ethanol treatment on inhibiting fresh-cut sugarcane enzymatic browning and microbial growth [J]. *LWT-Food Science and Technology*, 2017, 77: 8-14
- [7] Jia Gao, Yaguang Luo, Ellen Turner, et al. Mild concentration of ethanol in combination with ascorbic acid inhibits browning and maintains quality of fresh-cut lotus root [J]. *Postharvest Biology & Technology*, 2017, 128: 69-177
- [8] 食品安全国家标准, 食品添加剂使用标准[S]. 中华人民共和国国家卫生和计划生育委员会, 2014
National Standards of the People's Republic of China,

- Chinese standards for food additives [S]. The National Health and Family Planning Committee of China, 2014
- [9] Litao Peng, Shuzhen Yang, Qiong Li, et al. Hydrogen peroxide treatments inhibit the browning of fresh-cut Chinese water chestnut [J]. *Postharvest Biology and Technology*, 2008, 47(2): 260-266
- [10] Litao Peng, Yueming Jiang. Exogenous salicylic acid inhibits browning of fresh-cut Chinese water chestnut [J]. *Food Chemistry*, 2006, 94(4): 535-540
- [11] Litao Pen, Yueming. Jiang. Effects of chitosan coating on shelf life and quality of fresh-cut Chinese water chestnut [J]. *LWT - Food Science and Technology*, 2003, 36(3): 359-364
- [12] Yueming Jiang, Litao Pen, Jianrong Li. Use of citric acid for shelf life and quality maintenance of fresh-cut Chinese water chestnut [J]. *Journal of Food Engineering*, 2004, 63(3): 325-328
- [13] 姜悦,何凤平,钟慧玲,等.乙醇处理对鲜切荸荠黄化及相关酶的影响[J].*食品工业科技*,2017, 38(10): 326-330
JANG Yue, HE Feng-ping, ZHONG Hui-ling, et al. Effect of ethanol treatment on fresh-cut Chinese water chestnut etiolation and the related enzymes [J]. *Science and Technology of Food Industry*, 2017, 38(10): 326-330
- [14] 上海植物生理学会.植物生理学实验手册[M].上海科学技术出版社,1985
Shanghai Plant Physiology Society. Manual of plant physiology experiments [M]. Shanghai Science and Technology Press, 1985
- [15] GB/T4789.38-2008,食品卫生微生物学检验-大肠杆菌计数[S]
GB/T 4789.38-2008, Microbiological examination of food hygiene- examination of *Escherichia coli* [S]
- [16] GB/T4789.2-2008,食品卫生微生物学检验-菌落总数测定[S]
GB/T4789.2-2008, Microbiological examination of food hygiene-detection of aerobic bacterial count [S]
- [17] Dhanashree Panadare, Virendra K. Rathod. extraction and purification of polyphenol oxidase: A Review [J]. *Biocatalysis and Agricultural Biotechnology*, 2018, 14: 431-437
- [18] 潘永贵.鲜切荸荠/莲藕特异性变色机理及其控制研究[D].广州:华南农业大学,2006
PAN Yong-gui. Studies on the mechanism and the control of special discoloration of fresh-cut Chinese water-chestnut and lotus root during storage [D]. Guangzhou: South China Agricultural University, 2006
- [19] Maria do Carmo Barbosa Mendes de Vasconcelos, Richard Bennett, Eduardo A S Rosa, et al. Industrial processing effects on chestnut fruits (*Castanea sativa* Mill.). 2. Crude protein, free amino acids and phenolic phytochemicals [J]. *International Journal of Food Science & Technology*, 2010, 44(12): 2613-2619
- [20] Li Qian, Xianhe Shi, Qiaojiao Zhao, et al. Effect of cooking methods on nutritional quality and volatile compounds of Chinese chestnut (*Castanea mollissima* Blume) [J]. *Food Chemistry*, 2016, 201: 80-86
- [21] 吴敬须,李龙章.果蔬采后生理与贮藏保鲜[M].农业出版社,1990
WU Jing-xu, LI Long-zhang. Postharvest physiology and storage of fruits and vegetables [M]. Agricultural Press, 1990
- [22] 高锦明.植物化学.第2版[M].科学出版社,2012
GAO Jin-ming. Phytochemistry version 2 [M]. Science Press, 2012
- [23] Shenghai Zhang, Yingzi Wang, Fanyun Meng, et al. Studies of the microbial metabolism of flavonoids extracted from the leaves of *Diospyros kaki* by intestinal bacteria [J]. *Archives of Pharmacal Research*, 2015, 38(5): 614-619
- [24] 邓云,吴颖,李云飞.果蔬在贮运过程中的生物力学特性及质地检测[J].*农业工程学报*,2005,4:1-6
DENG Yun, WU Ying, LI Yun-fei. Biomechanical properties and texture detection of fruits and vegetables during storage and transportation [J]. *Transactions of the CSAE*, 2005, 4: 1-6
- [25] Donglu Fang, Wenjian Yang, Kimatu Benard Muinde, et al. Comparison of flavour qualities of mushrooms (*Flammulina velutipes*) packed with different packaging materials [J]. *Food Chemistry*, 2017, 232: 1-9
- [26] 王淼,吕晓玲.食品生物化学[M].中国轻工业出版社,2009
WANG Miao, LYU Xiao-ling. Food biochemistry [M]. China Light Industry Press, 2009
- [27] Akao, Satoshi, Maeda, et al. Cascade utilization of water chestnut: recovery of phenolics, phosphorus, and sugars [J]. *Environmental Science & Pollution Research International*, 2013, 20(8): 5373-5378
- [28] Lilian Ji, Yuming Luo, Guilong Yan. Studies on the antimicrobial activities of extracts from *Eupatorium lindleyanum* DC against food spoilage and food-borne pathogens [J]. *Food Control*, 2008, 19(10): 995-1001
- [29] 刘芳,兰全学,李碧芳,等.国内外即食食品微生物限量标准解析[J].*食品与生物技术学报*,2017,36(2):215-223
LIU Fang, LAN Quan-xue, LI Bi, et al. Comparative analysis on domestic and international microbiological limits for

ready-to-eat foods [J]. Journal of Food Science and Biotechnology, 2017, 36(2): 215-223

[30] Zhong Zhang, Bin Jiang, Xiaojun Liao, et al. Inactivation of bacillus subtilis spores by combining high-pressure thermal sterilization and ethanol [J]. International Journal of Food Microbiology, 2012, 160(2): 99-104

