

不同方式贮藏对果蔗品质的影响

路贵龙^{1,2}, 仇晓玉³, 连玉珍³

¹西藏自治区农牧科学院蔬菜研究所, 拉萨 850032; ²福建农林大学/国家甘蔗产业技术研发中心, 福州 350002;

³西藏农牧学院高原生态研究所, 西藏林芝 860000)

摘要: 研究不同厚度塑膜贮藏果蔗的质构特性和生理特性变化, 为甘蔗贮藏保鲜提供一定理论基础。本研究以‘拔地拉’为试材, 分别采用室温、室温+0.02 mm 塑膜和室温+0.10 mm 塑膜3种方式贮藏, 测定果蔗在贮藏过程中硬度、可溶性固形物(TSS)、可滴定酸、维生素C、失重率等的变化以及蔗茎开裂、果肉褐变与霉变情况。结果表明, 在贮藏前6周, 室温+0.02 mm 塑膜和室温+0.10 mm 塑膜处理果蔗的硬度、可溶性固形物、Vc、失重率等下降缓慢, 可滴定酸含量上升较缓, 贮藏品质较好, 但贮藏6周后, 这2种处理的果蔗品质下降较快; 在整个贮藏期内塑膜处理的果肉褐变速度较缓; 至贮藏12周时, 3种处理开裂率分别为12.86%、5.71%和4.29%, 但均未发现霉变和芽点萌动现象。综上, 在较低的室温条件下, 塑膜贮藏能够延缓果蔗衰老进程, 但塑膜厚度对贮藏综合品质影响不大。

关键词: 果蔗; 贮藏; 失重率; 霉变; 综合品质

中图分类号: S566.1

文献标志码: A

论文编号: casb20190700459

Storage Methods Affect the Quality of Fruit Sugarcane

Lu Guilong^{1,2}, Qiu Xiaoyu³, Lian Yuzhen³

¹Institute of Vegetables, Tibet Academy of Agricultural and Animal Husbandry Sciences, Lhasa 850032;

²Fujian Agriculture and Forestry University/ Sugarcane Research & Development Center,

China Agricultural Technology System, Fuzhou 350002; ³Research Institute of Tibet Plateau Ecology,

Tibet Agriculture & Animal Husbandry University, Nyingchi Tibet 860000)

Abstract: The changes of texture and physiological characteristics of sugarcane stored in plastic film with different thickness were studied to provide certain references for fresh-keeping of sugarcane. ‘Badila’ was used as the test material, the hardness, soluble solids (TSS), titratable acid, vitamin C, weight loss rate, stem cracking, pulp browning and mildew of sugarcane were determined in 3 storage ways, including room temperature, room temperature+ 0.02 mm plastic film and room temperature+ 0.10 mm plastic film. The results showed that the hardness, soluble solids, Vc and weight loss of sugarcane treated with room temperature+ 0.02 mm plastic film and 0.10 mm plastic film decreased slowly, titratable acid content increased slowly and the storage quality was relatively good in the first 6 weeks, then, the quality of sugarcane treated with these two ways declined rapidly; during the whole storage period, the pulp browning rate of the two treatments with plastic film was slow; and the cracking rate of the three treatments was 12.86%, 5.71% and 4.29%, respectively, at 12 weeks’ storage, but no mildew and bud germination were found. In conclusion, plastic film storage can delay the aging process of sugarcane at lower room temperature, but the thickness of the plastic film has little effect on the comprehensive quality of storage.

Keywords: fruit sugarcane; storage; weightlessness rate; mildew; comprehensive quality

基金项目: 国家糖料产业技术体系建设项目“甘蔗育种技术与方法”(CARS-17)。

第一作者简介: 路贵龙, 男, 1988年出生, 山东济宁人, 助理研究员, 博士研究生, 主要从事作物遗传育种方向的研究。通信地址: 350002 福建省福州市仓山区上下店路15号 福建农林大学, E-mail: luguilong666@126.com。

收稿日期: 2019-07-20, **修回日期:** 2019-11-08。

0 引言

甘蔗(*Saccharum officinarum*)属禾本科(Poaceae)甘蔗属(*Sacchrum*)多年生实心草本植物,主要生长于热带、亚热带地区,是世界上主要的糖料作物,兼具鲜食、能源、饲用等多种功用^[1]。果蔗是一种水果甘蔗,外形美观、茎脆味美、甘甜多汁,富含Fe、Zn、Ca等人体必需的微量元素,及有益维生素和氨基酸等营养物质,具有清热解毒、滋阴润燥的功效,深受消费者喜爱^[2]。但甘蔗采收后若贮藏不当,则易造成糖分流失、质量损失、品质变差,甚至会霉变产生神经毒素——3-硝基丙酸,不慎食用将对人体产生极大伤害^[3]。随着人们营养健康意识的增强,对果蔬的品质要求也越来越高,应用保鲜技术保鲜果蔬显得尤为重要。

Sole等^[4]发现,通过气调袋贮藏木瓜能够延缓果实软化,减少水分损失,延长贮藏寿命。路贵龙等^[5]研究表明,自发气调袋处理冬枣可以延缓其硬度、可溶性固形物、可滴定酸、Vc含量等下降,保持果实较高的营养品质。韦强^[6]研究认为,塑膜包装可以抑制双孢菇的呼吸作用,提升双孢菇SOD活性,且薄膜厚度越大作用越强,适当厚度的塑膜包装能提高双孢菇的抗超氧阴离子自由基能力和总抗氧化能力。茅林春等^[7]研究显示,甘蔗在贮藏过程中PPO和蔗糖转化酶不断提高,还原糖、酒精和滴定酸含量逐渐增加,而蔗糖和可溶性总糖逐渐减少;采用保鲜处理能有效抑制PPO活性和蔗糖转化酶,明显减少蔗糖的转化分解和滴定酸积累。郑宏海等^[8]用薄膜气调法窖藏保鲜果蔗,认为其能明显延缓果蔗芽眼萌发和果肉腐烂,与传统窖相比芽点和根点的萌发数分别减少72.73%和93.41%,蔗茎腐烂率减少14.4%。众多试验表明,气调贮藏能够抑制果实呼吸速率,延缓果实衰变,从而延长果实货架期^[9-13]。

中国是果蔗鲜食大国,在大众消费上以整株去皮鲜食为主。但令人遗憾的是,消费者在享受果蔗美味时存在潜在风险,至今因误食霉变甘蔗而导致的中毒事件时有发生^[14],因而对果蔗贮藏品质进行研究显得十分必要。近年来,随着西藏人民生活水平的不断提高和对营养健康的重视,对果品需求量越来越大、品质要求越来越高,但本区水果奇缺需外地大量配送,如何利用贮藏保鲜技术延长果品货架期意义重大^[10]。目前,关于果蔗采后生理的研究主要集中在加工工艺、复合保鲜上^[14-15],而对果蔗贮藏品质变化方面的研究却鲜有报道。本研究以鲜食大种‘拔地拉’(*Saccharum officinarum* ‘Badila’)为试材,采用生产上常用厚度0.02 mm和0.10 mm塑膜,探究不同厚度塑膜贮藏果蔗的质构特性和生理特性变

化,以期为甘蔗贮藏保鲜提供理论基础。

1 材料与方法

1.1 材料与试验设置

‘拔地拉’果蔗购于云南临沧,采收当天即装运,于2019年1月24日运抵拉萨实验室,挑选大小均匀、无机械损伤和株高相对一致的蔗株供试验用。试验用厚度0.02 mm和0.10 mm塑膜,购自国家农产品保鲜工程中心。试验设置了3个处理,分别采取室温、室温+0.02 mm塑膜和室温+0.10 mm塑膜3种方式贮藏,每个处理70株,重复3次。每2周随机取10株中部(1.20~1.40 m)测定各指标,并取样置于-80℃低温冰箱中保存备用,直至蔗株丧失商品价值,共贮藏12周。

1.2 测定指标与方法

1.2.1 硬度 采用GY-4-J数显水果硬度计(浙江托普云农科技股份有限公司)测定蔗株中部去皮硬度(探头直径为7.9 mm,深10 mm),仪器显示硬度值的2倍即为实际水果硬度值。每个处理测定10株,单株重复2次。

1.2.2 可溶性固形物(TSS) 采用Atago PR101(日本Atago公司)于蔗株中部去皮测2次,每个处理10株。

1.2.3 可滴定酸 采用NaOH溶液滴定法,取10 mL蔗汁,加2滴酚酞试剂,用0.01 mol/L NaOH标准溶液滴定至出现微红色30 s不褪色,记录所消耗NaOH体积^[16]。以乳酸计,计算如式(1)。

$$\text{可滴定总酸} = \frac{0.09CV}{10} \dots\dots\dots (1)$$

其中,C为标准NaOH溶液浓度(mol/L),V为消耗NaOH溶液体积(mL),0.09为转换系数(g/mmol)。

1.2.4 Vc含量 采用2,6-二氯酚钠盐滴定法,计算如式(2)。

$$Vc_{\text{总量}} = \frac{V \times (V_1 - V_0) \times \rho}{V_s \times m} \times 1000 \dots\dots\dots (2)$$

式中,V₁为样品滴定消耗染料体积(mL),V₀为空白滴定消耗染料体积(mL),ρ为1 mL染料溶液相当于抗坏血酸的质量(mg/mL),V_s为滴定时所取样品溶液体积(mL),V为样品提取液总体积(mL),m为样品质量(g)。

1.2.5 失重率 计算如式(3)。

$$\text{失重率} = \frac{\text{采收时质量} - \text{贮后质量}}{\text{采收时质量}} \times 100\% \dots (3)$$

1.2.6 开裂/霉变率 计算如式(4)。

$$\text{开裂/霉变率} = \frac{\text{开裂或霉变的个数}}{\text{总数}} \times 100\% \dots (4)$$

1.3 数据处理

采用Excel 2010(Microsoft公司)进行数据处理和作图,采用DPS(Version 7.05,中国)软件进行数据的统计分析。

2 结果与分析

2.1 不同方式贮藏对果蔗硬度的影响

由图1可以看出,果蔗的硬度在整个贮藏过程中逐渐降低,室温贮藏处理的下降速度较快,而采用室温+0.02 mm 塑膜和室温+0.10 mm 塑膜2种处理果蔗硬度下降较为缓慢,且贮藏后期明显高于CK,差异显著,但塑膜处理之间差异不显著。在贮藏12周时,CK、室温+0.02 mm 塑膜和室温+0.10 mm 塑膜3个处理果蔗的硬度分别下降了17.98%、13.53%、12.42%。结果表明,采用塑膜贮藏果蔗的硬度下降较为缓慢,塑膜贮藏处理可以延缓果蔗软化,但不同厚度塑膜处理之间差异不显著。

2.2 不同方式贮藏对果蔗可溶性固形物的影响

由图2可以看出,果蔗中可溶性固形物含量在贮藏过程中呈先升高而后逐渐降低的趋势,CK处理在贮藏2周时其含量达到峰值,而后迅速下降;室温+0.02 mm 塑膜和室温+0.10 mm 塑膜处理的果蔗在贮藏4周时达到峰值,而后缓慢下降,之间差异不显著。在贮藏12周时,CK、室温+0.02 mm 塑膜和室温+

0.10 mm 塑膜3个处理的可溶性固形物含量分别降低了15.23%、11.26%、9.27%。结果显示,采用塑膜贮藏果蔗的可溶性固形物降低较小,表明塑膜贮藏可较好地保持果蔗品质。

2.3 不同方式贮藏对果蔗可滴定酸的影响

由图3可以看出,不同方式贮藏果蔗中可滴定酸含量均呈不同程度的上升,在12周时,CK、室温+0.02 mm 塑膜和室温+0.10 mm 塑膜3个处理的可滴定酸含量分别升高了3.38、3.85、4.40倍。研究表明,CK贮藏果蔗中可滴定酸含量在前6周上升速度较快,显著快于其他处理;而室温+0.02 mm 塑膜和室温+0.10 mm 塑膜贮藏的果蔗中可滴定酸含量前4周变化最小,但6周后迅速升高,但两者之间差异不显著。

2.4 不同方式贮藏对果蔗Vc含量的影响

由图4可以看出,果蔗中Vc含量在整个贮藏过程逐渐减少,而CK贮藏果蔗中Vc含量前6周下降速度最快,明显快于其他处理。在贮藏6周后,室温+0.02 mm 塑膜和室温+0.10 mm 塑膜2个处理的Vc含量下降较快,后期明显低于CK,但不同厚度塑膜处理

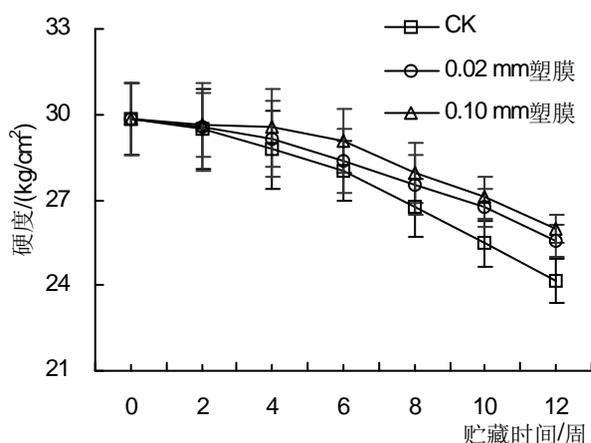


图1 不同方式贮藏对果蔗硬度的影响

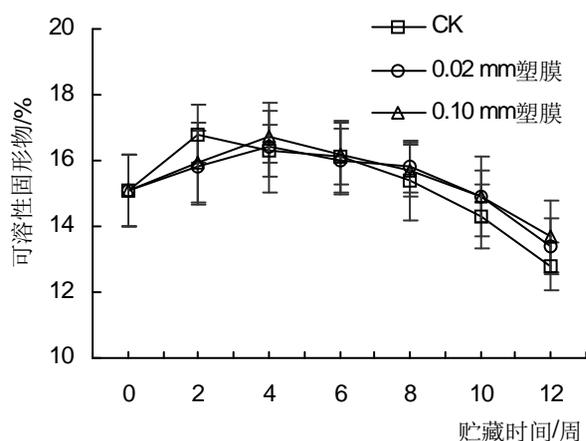


图2 不同方式贮藏对果蔗可溶性固形物的影响

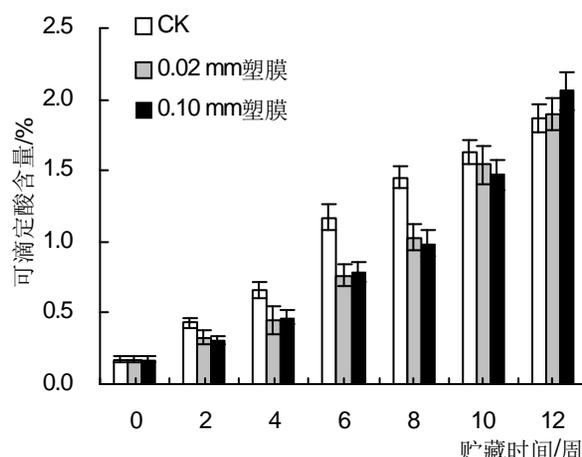


图3 不同方式贮藏对果蔗可滴定酸含量的影响

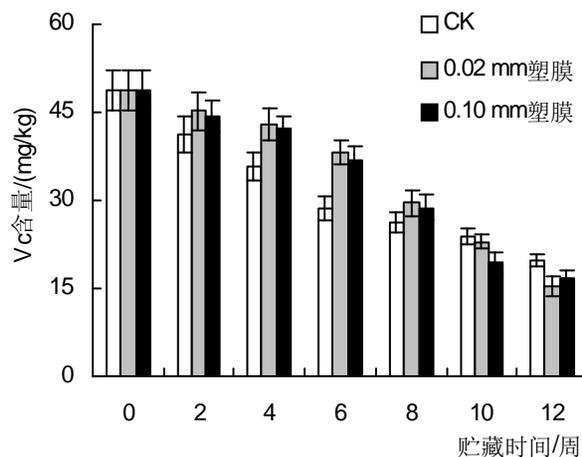


图4 不同方式贮藏对果蔗Vc含量的影响

之间差异不显著。在贮藏12周时,CK、室温+0.02 mm 塑膜和室温+0.10 mm 塑膜3个处理的Vc含量分别下降了59.59%、68.32%、73.76%,结果表明,塑膜处理6周内可较好保持果蔗中Vc含量。

2.5 不同方式贮藏对果蔗失重率的影响

由图5可知,果蔗在整个贮藏过程中失重率呈上升趋势,在贮藏12周时,CK、室温+0.02 mm 塑膜和室

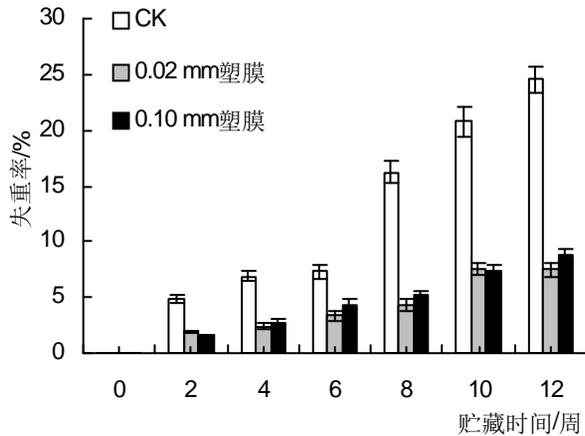


图5 不同方式贮藏对果蔗失重率的影响

温+0.10 mm 塑膜3个处理的失重率分别为24.55%、7.52%、8.71%。结果表明,室温贮藏处理的失重率最高,而塑膜贮藏处理的失重率较低,且不同厚度塑膜处理之间差异不显著,这可能与塑膜气调能够调节袋内气体成分,抑制果蔗的呼吸作用,减少与外界环境的气体交换,从而使水分损失减少有关^[1]。

2.6 不同方式贮藏对果蔗外观及内在品质的影响

如图6可知,果蔗贮藏初时果肉洁白鲜亮,但在贮藏过程中果肉逐渐发生褐变,其中CK处理在贮藏6周时开始有明显褐变,室温+0.02 mm 塑膜和室温+0.10 mm 塑膜处理在贮藏8周时方渐渐褐变,在贮藏12周时3种处理几乎全部褐变。由表1可知,果蔗在贮藏6周时CK处理蔗梢部有明显褶皱现象,这可能与蔗梢组织幼嫩易失水有关,而塑膜处理在贮藏10周时才较为严重,这与塑膜贮藏可较好保持组织水分有关。此外,在贮藏时蔗茎中上部存在开裂现象,尤以CK较为严重,在贮藏12周时,CK、室温+0.02 mm 塑膜和室温+0.10 mm 塑膜3个处理的开裂率分别为12.86%、5.71%和4.29%。至贮藏12周时,3种处理均未发现霉变和芽点萌动现象。

表1 不同方式贮藏对果肉外观及内在品质的影响

时间	处理/名称	褐变	褶皱	开裂率/%	霉变	芽点萌动情况
贮藏0周	CK	—	—	—	—	—
	0.02 mm 塑膜	—	—	—	—	—
	0.10 mm 塑膜	—	—	—	—	—
贮藏2周	CK	—	—	—	—	—
	0.02 mm 塑膜	—	—	—	—	—
	0.10 mm 塑膜	—	—	—	—	—
贮藏4周	CK	轻微	—	—	—	—
	0.02 mm 塑膜	—	—	—	—	—
	0.10 mm 塑膜	—	—	—	—	—
贮藏6周	CK	中度	轻微	2.86	—	—
	0.02 mm 塑膜	—	—	—	—	—
	0.10 mm 塑膜	—	—	—	—	—
贮藏8周	CK	中度	中度	7.14	—	—
	0.02 mm 塑膜	轻度	轻微	2.86	—	—
	0.10 mm 塑膜	轻度	轻微	1.43	—	—
贮藏10周	CK	严重	严重	10	—	—
	0.02 mm 塑膜	中度	轻微	4.29	—	—
	0.10 mm 塑膜	中度	轻微	2.86	—	—
贮藏12周	CK	严重	严重	12.86	—	—
	0.02 mm 塑膜	严重	轻微	5.71	—	—
	0.10 mm 塑膜	严重	轻微	4.29	—	—

注:“—”表示试验中未发现该现象。

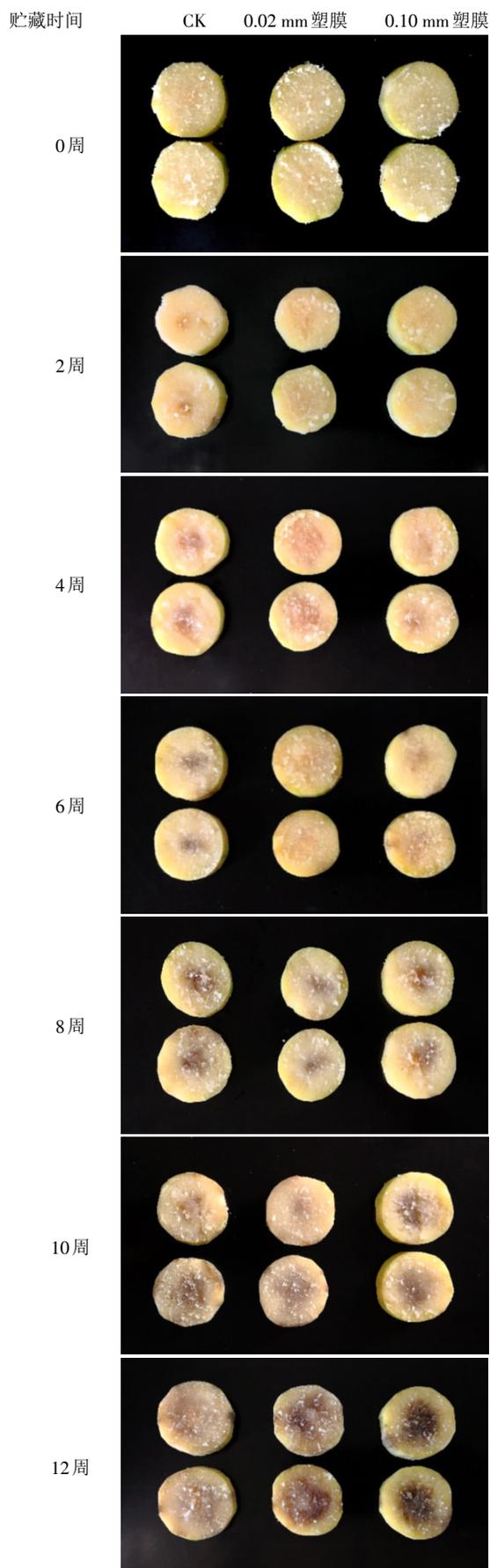


图6 不同方式贮藏对果肉褐变的影响

3 结论

笔者初步研究了不同厚度塑膜贮藏对果蔗品质的影响,研究表明,在贮藏前6周,室温+0.02 mm 塑膜和室温+0.10 mm 塑膜处理果蔗的硬度、可溶性固形物、Vc、失重率等下降缓慢,可滴定酸含量上升较缓,贮藏品质较好,但贮藏6周后,这2种处理的果蔗品质却下降较快;在整个贮藏期内塑膜处理的果肉褐变速度较缓;至贮藏12周时,3种处理开裂率分别为12.86%、5.71%和4.29%,但均未发现霉变和芽点萌动现象。综上,在较低的室温条件下,塑膜贮藏能够延缓果蔗衰老进程,但塑膜厚度对贮藏综合品质影响不大。

4 讨论

气调贮藏是果蔬保鲜的常用方式,能够较长时间保持果蔬营养品质^[17-19]。本研究采用塑膜贮藏处理果蔗的硬度、可溶性固形物、维生素C等下降缓慢,这与Caleb等^[20]、吴忠红等^[21]、钱卉莘等^[22]研究结果基本一致;但室温+0.02 mm 塑膜和室温+0.10 mm 塑膜处理之间差异不显著,这与韦强^[6]塑膜包装处理双孢菇认为薄膜厚度越大作用越强的研究结果不一致,这可能与本研究所选用的试验材料、试验温度、塑膜厚度梯度变化均与之不同有关。果蔗在贮藏中可滴定酸含量逐渐升高,与茅林春等^[7]研究的结果一致,酸度增加可能与甘蔗贮藏中酸性蔗糖转化酶活性的转化有关。塑膜处理的果蔗在整个贮藏过程中损失水分较少,表明塑膜贮藏能够较好地保持果蔗组织水分,但厚度对其影响不大。

感官品质也是果蔬重要质量品质之一^[23-25]。本研究发现,果蔗贮藏初时果肉洁白鲜亮,但在贮藏过程中果肉褐变逐渐严重,前期尤以CK处理较为严重,这可能与拉萨冬春季温度较冷^[26],果蔗易受冷害,而室温+0.02 mm 塑膜和室温+0.10 mm 塑膜处理由于薄膜的保温作用较好保护了果蔗,而后期果肉均逐渐变褐可能与多酚氧化酶大量积累有关^[18];至贮藏12周时3种处理均未发现芽点萌动现象,这与郑宏海等^[8]研究的结果不一致,可能是果蔗在贮藏过程中酸度增强、有害物质积累使蔗株活性受到抑制及外界环境不适萌动所致^[15,18]。果蔗贮藏后期有明显的褶皱和开裂现象,尤以CK较为明显,这可能与果梢组织幼嫩易失水有关。令人意外的是,直到贮藏结束,3种处理均未发现霉变现象,这可能与蔗株本身未携带病菌或虽有但由于外界条件不适宜霉菌生长而未发病有关。此外,塑膜贮藏与鲜切保鲜方法相比,保鲜时间更长、方法简便易行、成本低,适合大规模保贮^[14,27]。本试验数据是在冬春室温较低条件下取得的,对于恒温恒湿贮藏及恒温

恒湿+不同塑膜贮藏对果蔗品质的具体影响仍有待于进一步研究。

参考文献

- [1] 吴多广,谢静,王勤南,等. 中国甘蔗生产发展趋势分析[J]. 广东农业科学,2017,44(7):154-160.
- [2] 肖祎,吕达,陈道德. 我国果蔗研究新进展[J]. 中国糖料,2018,40(1):62-67.
- [3] 赵秀勉,徐玮,张海红. 变质甘蔗中毒病原菌节菱孢霉菌及其毒素国内研究进展[J]. 河北医科大学学报,1995(3):183-184.
- [4] Sole D, Henriod R, Diczbalis Y, et al. Modified atmosphere packaging effects on the postharvest quality of papaya fruit[J]. *Acta Horticulturae*,2016,43:119-124.
- [5] 路贵龙,张新富,郑博文,等. 冰温和保鲜袋贮藏对冬枣质构及生理特性的影响[J]. 现代食品科技,2014,30(8):219-224.
- [6] 韦强. 不同厚度薄膜包装对双孢菇采后生理生化的影响[J]. 蔬菜,2017(8):60-62.
- [7] 茅林春,刘卫晓. 甘蔗采后生理变化及其保鲜技术的研究[J]. 中国农业科学,2000,33(5):41-45.
- [8] 郑宏海,张瑞翔,费鸣毅,等. 薄膜气调法在果蔗贮藏保鲜中的应用初探[J]. 亚热带农业研究,2006,2(1):74-76.
- [9] Özkaya O, Yildirim D, Dunda Ö, et al. Effects of 1-methylcyclopropene (1-MCP) and modified atmosphere packaging on postharvest storage quality of nectarine fruit[J]. *Scientia Horticulturae*,2016,198(1):454-461.
- [10] 路贵龙,代安国,土旦吉热,等. 采前套袋及气调袋贮藏对拉萨‘新红星’苹果品质的影响[J]. 西北农业学报,2018,27(6):839-845.
- [11] Li J, Song W, Margaret B, et al. Effect of modified atmosphere packaging (MAP) on the quality of sea buckthorn berry fruits during postharvest storage[J]. *Journal of Food Quality*,2014,38(1):13-20.
- [12] Romphopak T, Siriphanich J, Promdang S, et al. Effect of modified atmosphere storage on the shelf life of banana ‘Sucrier’ [J]. *Journal of Horticultural Science & Biotechnology*,2015,79(4):659-663.
- [13] Mendoza R, Castellanos D A, Garcia J C, et al. Ethylene production, respiration and gas exchange modelling in modified atmosphere packaging for banana fruits[J]. *International Journal of Food Science & Technology*,2016,51(3):777-788.
- [14] 张贤亮,王巧静,卜龙飞,等. 果蔗产品超长期复合保鲜技术研究[J]. 甘蔗糖业,2015(6):38-44.
- [15] 康孟利,凌建刚,沈均波,等. 即食果蔗加工工艺及货架期研究[J]. 北方园艺,2013(18):131-133.
- [16] 范雨航,李少华,许青莲,等. 气调保鲜对采后柠檬贮藏品质的影响[J]. 食品工业科技,2017(5):324-328.
- [17] Techavuthiporn C, Boonyaritthongchai P. Effect of prestorage short-term Anoxia treatment and modified atmosphere packaging on the physical and chemical changes of green asparagus[J]. *Postharvest Biology and Technology*,2016,117:64-70.
- [18] 董玉玲. 气调包装对鲜切马铃薯货架期品质的影响[D]. 呼和浩特:内蒙古农业大学,2014:6-8.
- [19] Beiay Z A, Caleb O J, Opara U L. Modelling approaches for designing and evaluating the performance of modified atmosphere packaging (MAP) systems for fresh produce: a review[J]. *Food Packaging and Shelf Life*,2016,10:1-15.
- [20] Caleb O J, Opara U L, Witthuhn C R. Modified Atmosphere Packaging of Pomegranate Fruit and Arils: A Review[J]. *Food and Bioprocess Technology*,2012,5(1):15-30.
- [21] 吴忠红,杜鹃,潘伊气,等. 气调处理对骏枣贮藏品质的影响[J]. 食品工业科技,2015(22):339-343.
- [22] 钱卉苹,王亮,韩艳文,等. 气调贮藏对早酥梨果实品质的影响[J]. 保鲜与加工,2016(2):22-26.
- [23] 敖静,张昭其,黄雪梅. 不同薄膜自发气调包装对西兰花的保鲜效果[J]. 广东农业科学,2015,42(2):77-81.
- [24] 周晓媛,蔡佑星,邓靖,等. 果蔬保鲜膜的保鲜机理与研究进展[J]. 食品研究与开发,2008,29(11):148-152.
- [25] 敖静,黄雪梅,张昭其. 蔬菜气调贮藏保鲜技术研究进展[J]. 保鲜与加工,2015,15(5):72-76.
- [26] 黄晓清. 拉萨最高和最低气温的气候变化特征[J]. 气象,2000,26(3):47-50.
- [27] 陈明媚. 鲜切果蔗生理生化特性及贮藏保鲜技术研究[D]. 桂林:广西师范大学,2005.