

硅窗气调包装对黄秋葵采后贮藏品质的影响

祝贺^{1,2}, 吴健¹, 邢艳霞², 常桂芳², 吴小霞¹, 刘盛钢¹, 蓝彩红¹, 岳凤丽²

(1. 中南林业科技大学食品科学与工程学院, 湖南长沙 410000)

(2. 山东农业工程学院食品科学与工程学院, 山东济南 250100)

摘要: 为探讨不同规格硅窗包装袋处理对黄秋葵的保鲜效果, 以不同硅窗面积热合 PVC 包装袋(空白组、6 cm²、8 cm²、10 cm²) 处理采后黄秋葵, 并对黄秋葵的感官品质(腐烂、锈斑、硬度、色泽)及理化指标(电导率、Vc、L*)进行统计及分析。结果表明: 黄秋葵在 4 °C 贮藏期间, 10 d 时达到最大呼吸强度。硅窗气调包装可以有效改善黄秋葵采后贮藏期间的感官品质, 处理 15 d(80.52%、84.22%、86.34%)与 20 d(75.92%、79.36%、78.26%)时, 6 cm² 与 8 cm²、10 cm² 处理组有显著性差异 ($p < 0.05$), 这一结果与 CO₂ 浓度、O₂ 浓度、电导率、L* 显著性相关 ($p < 0.05$), 即通过气体浓度有效抑制了组织电导率, 提高了 L*, 从而显著提高了黄秋葵贮藏感官品质。从贮藏效果来看, 4 °C 贮藏时, PVC 袋(30 cm×40 cm, 46 μm)热合 8 cm² (0.7 mm 厚)即能够最大程度的减少黄秋葵采后腐败率, 从而达到延长黄秋葵货架期的目的。

关键词: 黄秋葵; 硅窗面积; 贮存保鲜

文章编号: 1673-9078(2019)02-102-108

DOI: 10.13982/j.mfst.1673-9078.2019.2.015

Effect of Silicon Window Packaging on Storage Quality of Okra

ZHU He^{1,2}, WU Jian¹, XING Yan-xia², CHANG Gui-fang², WU Xiao-xia¹, LIU Sheng-gang¹, LAN Cai-hong¹, YUE Feng-li²

(1. Department of Food Science and Engineering Central South University of Forestry and Technology, Changsha 410000, China)

(2. Department of Food Science and Engineering Shandong Agricultural and Engineering University, Jinan 250100, China)

Abstract: In order to investigate the effect of different sizes of silicon window packaging bags on preservation of okra, post-harvest okra was treated with PVC bags with different sizes of silicon windows (blank group, 6 cm², 8 cm², 10 cm²). The sensory quality (decay, rust spot, hardness, color) and physical and chemical indexes (electrical conductivity, Vc, L*) of okra were analyzed. Results showed that the maximum respiratory intensity of okra was found at 10 d at 4 °C. Modified atmosphere packaging with silicon window can effectively improve the sensory quality of okra during postharvest storage. When treated for 15 days (80.52%, 84.22%, 86.34%) and 20 days (75.92%, 79.36%, 78.26%), there were significant differences between 6 cm² and 8 cm², 10 cm² treatments ($p < 0.05$). These results were significantly correlated with CO₂ concentration, O₂ concentration, conductivity and L* ($p < 0.05$). The electrical conductivity of tissues was effectively inhibited and L* was increased by gas concentration, which could significantly improve the sensory quality of Okra during storage. From the storage effect, when stored at 4 °C, PVC bags (30 cm×40 cm, 46 μm) were heated to 8 cm² (0.7 mm thick) to minimize the spoilage rate of okra after harvest, thus prolonging the shelf life of okra.

Key words: okra; silicon window area; preservation

黄秋葵富含蛋白质、不饱和脂肪酸、维生素和黄酮、多糖等人体不可或缺的营养物质。据考证, 黄秋葵不但具备抗疲劳^[1-3]、还具备预防甚至医治皮肤癌的功能,

收稿日期: 2018-10-16

基金项目: 山东省现代农业产业技术体系蔬菜创新团队贮藏加工岗位(SDAIT-05-14)

作者简介: 祝贺(1987-), 男, 在读博士, 研究方向: 农产品加工及贮藏工程; 共同第一作者: 吴健(1995-), 男, 在读硕士, 研究方向: 食品科学与营养

通讯作者: 岳凤丽(1963-), 女, 教授, 研究方向: 农产品加工及贮藏工程

是一种新型健康保健蔬菜^[4,5], 具备很高的食用与药用价值。黄秋葵采后呼吸强度大, 采收后如果处置不当, 极易失水软化、纤维化而失去实用价值, 常温下放置 1~3 d 即萎蔫失去商品价值, 新鲜秋葵放入 0~4 °C 冷库中, 一般可以存放 7 d 左右, 冷冻处理极易发生冷害引起凹陷。常用的黄秋葵贮藏保鲜技术有低温保鲜, 气调保鲜、1-甲基环丙烯(1-MCP)处理, 天然提取物保鲜技术等^[6-8]。陈江萍等人研究结果显示, 由 2.0% N,O-羧甲基壳聚糖、25 μg/mL 6-BA 及 0.1 g/kg 脱氢醋酸钠混合制成的保鲜剂和脱乙烯剂配合使用,

1~3 ℃保鲜周期延长至 30 d^[9]。郑亚琴等人研究结果认为, 9 ℃条件下, 使用 1-MCP (200 nL/L) 保鲜, 在不使用包装袋裹包情况下, 可将黄秋葵保鲜周期延长至 8 d^[10]。但是, 利用保鲜剂或复合保鲜剂方法对黄秋葵采后保鲜, 成本较高, 工艺复杂, 且具有潜在食品安全风险。

硅窗气调包装(MA 气调包装)具有保鲜成本低、贮藏品质好、易于管理的特点^[8], 研究黄秋葵的硅窗气调贮藏保鲜具有重要意义。许俊齐等人^[11]研究了黄秋葵 MAP 技术保鲜过程中的成分变化, 但对与不同面积硅窗 MA 处理黄秋葵的研究却没有涉及。王志超等人^[12]也研究过秋葵 MAP 贮藏保鲜工艺, 研究的主要内容是通过研究不同 PVC 包装袋厚度、包装袋大小对秋葵品质影响。相关研究证实, 硅窗 PVC 包装袋对于黄秋葵采后保鲜确有显著作用。但控制不同硅窗/包装袋比例(即不同 PVC 包装硅窗面积), 对黄秋葵的贮藏品质影响是关键, 不适当的硅窗比例会造成保鲜效果显著差异。本文通过 PVC 材料包装袋热合不同面积硅窗(空白组、6 cm²、8 cm²、10 cm²)包装黄秋葵后, 在相对湿度为 90%~95%的冷库、温度为 4±2 ℃的环境中处理, 研究黄秋葵在此贮藏期间的品质变化, 反映不同硅窗面积 PVC 包装袋对黄秋葵贮藏品质的影响, 旨在为硅窗 PVC 包装袋应用于黄秋葵贮藏保鲜提供理论依据和参考。

1 材料与方法

1.1 材料与仪器

黄秋葵购自海南三亚文昌种植基地, 运至实验室后立即分选处理, 选取大小一致, 色泽均匀的无物理损伤与病虫害的个体, 分装冷藏。

硅窗 PVC 袋和无硅窗 PVC 袋(30 cm×40 cm)均为中华全国供销合作总社济南果品研究院提供, 厚度均为 2 丝(46 μm), 硅窗厚度 0.7 mm。

BS-201 分析天平, 北京赛多利斯天平有限公司; HH-2 数显恒温水浴锅, 江苏省金坛市荣华仪器制造有限公司; WSC-S 测色色差计, 上海精密科学仪器有限公司; DDS-307A 型电导率仪, 上海仪电科学仪器股份有限公司; JA2003 型电子天平, 上海天平仪器厂; PLT400 气体检测仪, 深圳普利通科学仪器股份有限公司; SF-400 台式手压封口机, 浙江省永康市源高包装机械有限公司。

1.2 实验试剂

草酸: 色谱纯, Fisher 公司; 碳酸氢钠: 分析纯,

上海试剂厂; 2,6-二氯酚靛酚: 高纯, 99%, 上海如吉生物科技发展有限公司; 抗坏血酸标准品: 99%, 北京百奥莱博科技有限公司。

1.3 实验方法

设置不同硅窗与 PVC 包装袋进行热合, A1 组黄秋葵包装于有硅窗包装袋中(A1 组黄秋葵包装于 6 cm²硅窗包装袋中, A2 组黄秋葵包装于 8 cm²硅窗包装袋中, A3 组黄秋葵包装于 10 cm²硅窗包装袋中), B 组黄秋葵包装于无硅窗包装袋中, C 组黄秋葵无包装常规贮藏。按需分装, 每袋黄秋葵均为 500 g。分装完成后放入冷藏库中冷藏。每隔 5 d 进行一轮检测, 直至 20 d 每轮分别测得各指标三次平行数据求平均值, 试验完成后绘制规律曲线图进行统计及分析。

1.3.1 测定指标与方法

1.3.1.1 电导率测定

相对电导率(%)=静置 30 min 的黄秋葵电导率/煮沸 30 min 的黄秋葵电导率×100% (1)

1.3.1.2 气体成分测定

采用 PLT400 气体检测仪测定, 该设备对 O₂ 的分辨率为 0.01%, 对 CO₂ 分辨率为 1×10⁻⁶, 响应时间均小于 20 s。样品从冷库中取出后迅速将测试探针插入包装袋内进行抽气测定, 测定时包装袋与探针之间采用泡沫纸胶贴密封, 防止外部空气进入影响测试结果, 测定时重复测定数次, 待测定值稳定后记录所得数值, 结果记为各包装袋内的 O₂ 和 CO₂ 浓度百分比(%)。

1.3.1.3 色差测定

采用 WSC-S 测色色差计测定黄秋葵的 L 值、a 值和 b 值。L 为亮度值, a 和 b 表示色方向: +a 为红色方向, -a 为绿色方向, +b 为黄色方向, -b 为蓝色方向。测定黄秋葵中部的表皮色差, 每个测定 3 次求取平均值^[13]。

1.3.1.4 Vc 含量测定

采用 2,6-二氯酚靛酚染料滴定法测定^[14]。

$$W(\text{mg}/100 \text{ mg})=(V-V_1)\times A\times b\times 100/(B\times a) \quad (2)$$

1.3.2 感官评定

参照陈江萍等^[9]的评定方法, 略有改动。由 10 名食品专业人员组成感官品质评定小组, 分别从腐烂程度、锈斑、硬度、色泽 4 方面对黄秋葵进行感官品质评价, 满分为 50 分(各指标分数总值分别为腐烂 15 分、锈斑 10 分、硬度 15 分、色泽 10 分)。表观衰老程度测定采用定时观察法, 记录其硬度、木质化程度、萎蔫等情况以及长霉、锈斑、腐烂、色泽等外观变化, 再综合评分, 评完后, 检测值相加获得每个样品的平均感官得分总值然后计算商品化率, 评分标准见表 1。

表1 黄秋葵感官评定评分标准

Table 1 The sense of grading standard for okra

项目	评分标准	分数分布
腐烂(15分)	无腐烂	15
	腐烂面积<1 cm ²	12
	腐烂面积<整个嫩荚的 1/10	9
	腐烂面积<整个嫩荚的 1/5	6
	腐烂面积>整个嫩荚的 1/5	3
锈斑(10分)	无锈斑	10
	表面有少量微小褐色斑点	8
	较多微小褐色斑点, 轻度凹陷	6
	较大斑点, 明显凹陷	4
	锈斑连片, 最大纵径>1.5 cm	2
硬度(15分)	脆硬	15
	一端折起<90°, 断裂	12
	90°<一端折起<180°, 断裂	9
	对折断裂	6
	对折不断裂, 非常软	6
色泽(10分)	鲜绿	10
	绿	8
	轻微褪色	6
	严重褪色	4
	变黄	2

商品化率也可以通过表 1 得分获得, 参照以下公式:

$$\text{商品化率} = \text{感官得分} / \text{感官总分} (50) \times 100\% \quad (3)$$

1.3.3 数据统计

数据均采用 SPSS 2.2 软件进行相关性分析和多重差异性分析 (Duncan's 法)。

2 结果与讨论

2.1 不同硅窗面积 PVC 包装袋对黄秋葵贮藏

感官品质影响

由表 2 可见, 黄秋葵贮藏期间商品化率呈下降趋势, 处理组黄秋葵的商品化率显著优于空白组 ($p < 0.05$)。处理组间的商品化率在 0~10 日内, 没有显著性差异。15 d, 20 d 时硅窗面积 (A2 8 cm²组、A3 10 cm²组) 显著优于 A1 6 cm²硅窗处理组, A2 组与 A3 组两组间没有显著性差异 ($p < 0.05$)。

硅窗处理对黄秋葵采后贮藏效果影响显著, 原因是硅窗调节气体组成导致的。组间差异, 原因可能是不同硅窗比例, 通过硅窗包装袋调节气体能力差异, 导致贮藏能力差异, 这一结果与 Rangel EC 及 Mansouri J 等人^[15,16]的研究结果一致。

表 2 不同硅窗面积 PVC 包装袋对黄秋葵贮藏商品化率

Table 2 The sense score for okra in different Silicon window area of PVC packaging

得分	贮藏时间				
	0 d	5 d	10 d	15 d	20 d
B(空白)	50	38.21	30.23	27.34	11.07
A1(6 cm ²)	50	47.16	43.21	40.26	37.96
A2(8 cm ²)	50	48.25	44.98	42.11	39.68
A3(10 cm ²)	50	48.01	44.22	43.17	39.13
商品化率/%					
B	100	76.42±1.23 ^{a**}	60.46±1.36 ^{a**}	54.68±1.25 ^{a*}	22.14±1.48 ^{a**}
A1	100	94.32±1.21 ^{b*}	86.42±1.51 ^{b**}	80.52±1.64 ^{b*}	75.92±1.57 ^{b*}
A2	100	96.5±1.23 ^{b*}	89.96±1.34 ^{b**}	84.22±1.24 ^{c*}	79.36±1.34 ^{c*}
A3	100	96.02±1.25 ^{b*}	88.44±1.67 ^{b**}	86.34±1.36 ^{c*}	78.26±1.51 ^{c*}

注: 同一贮藏期同列不同字母表示差异显著 ($p < 0.05$), 不同时间水平间*表示显著差异 ($p < 0.05$), **表示极显著差异 ($p < 0.01$)。

2.2 对 CO₂ 浓度影响

本实验对黄秋葵进行挑选, 包装, 热封口处理后, 以上环节时间近 3~5 min, 黄秋葵已经在袋内进行有氧呼吸, 初检测时 (0 d 时), O₂ 浓度及 CO₂ 浓度已经与空气成分不同, 初始浓度分别为 7%及 10%左右。

过高的 CO₂ 浓度, 虽然可以降低有氧呼吸作用, 降低微生物繁殖的能力, 但也会导致无氧呼吸和对色

素的破坏, 比如可能导致 CO₂ 与水结合生成碳酸, 对蔬菜表面进行腐蚀, 尤其是对蔬菜表面的原花色素或者类黄酮等物质的破坏^[17], 加速腐败。

由图 1 可知, 4 °C 贮存时, 随着贮藏时间的延长, CO₂ 浓度呈上升趋势, 尤其是 10 d 时, B、A1、A2、A3 组 CO₂ 浓度达到最高峰 (34.91、33.23、33.04、32.92), 即呼吸高峰出现在 10 d, 这一结果与张英慧^[18]等人的研究结果一致。A1、A2、A3 三组袋内 CO₂ 浓

度在 20 d 的测量期内, 不同时间段, 组间浓度均显著小于空白组 B 组 ($p < 0.05$)。贮存前期, 0 d, 5 d、10 d 时, A1、A2、A3 三组袋内 CO_2 浓度组间无显著性差异。贮藏后期, 15 d、20 d 时 A1 CO_2 浓度显著性高于 A2、A3 组 ($p < 0.05$), 20 d 时, A1 组 CO_2 浓度为 31.17%, 而 A2、A3 组的 CO_2 浓度低于 30%, 分别为 29.54%、29.41%。这表明硅窗处理包装袋将袋内 CO_2 浓度进行了扩散转移, 但因硅窗膜面积不同产生 CO_2 浓度组间差异 CO_2 浓度, 尤其是在贮藏后期, 而这种差异可能是导致贮藏品质差异的主要原因。这与 JIANG Ai-li 等人^[19]的研究结果一致, 原因可能是硅窗膜扩散 CO_2 能力差异而导致的。

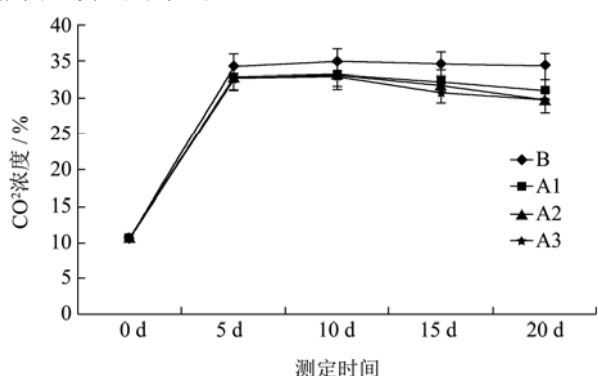


图1 不同硅窗处理包装袋内 CO_2 成分变化

Fig.1 Effects of different silicone area treatment on CO_2

2.3 对 O_2 浓度影响

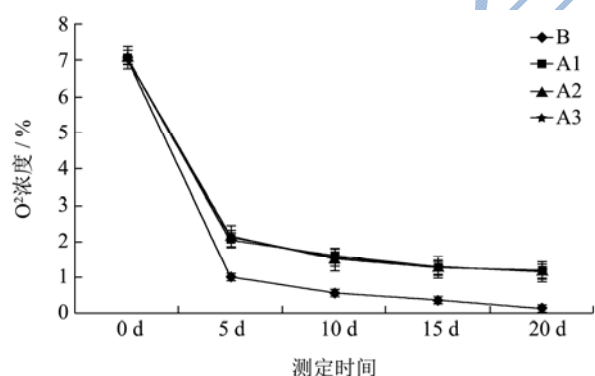


图2 不同硅窗处理包装袋内 O_2 成分变化

Fig.2 Effects of different silicone area treatment on O_2

由图 2 可知, 随着贮藏时间的延长, O_2 浓度呈现下降趋势, O_2 浓度下降显著。贮藏期间, A1、A2、A3 组组间的 O_2 浓度无显著性差异, 直到贮藏后期, 10 d、15 d、20 d 时, O_2 浓度比例均高于 1%, 不同时间段, 显著性均高于 B 组 ($p < 0.05$)。贮藏 10 d 时, 浓度比例 (%) 分别为 1.87、1.79、1.76, 而同期 B 组为 0.37。这表明, 呼吸最高峰时, 包装袋通过硅窗调节 O_2 浓度的缓释。贮存后期, 20 d 时, 硅窗组组间 O_2 浓度比例 (%) 分别为 1.07、1.11、1.09, 且无显著

性差异, 而空白组测不到氧气浓度。Lopez-B riones, G 等人^[14]研究认为, 贮藏蘑菇 *Agaricus* 的适宜 O_2 浓度是 1%~2%, Kupferman E.和 Saltveit M. E.^[20,21]研究结果也认为, 贮藏苹果和某些蔬菜的最低适宜 O_2 浓度为 1%, 果蔬储藏时, 在不同的贮藏温度条件下, 只有当包装袋内的 O_2 浓度低于 1% 时, 贮藏的果蔬才会改变其呼吸性质, 从有氧呼吸变成厌氧呼吸, 不少研究也认为, 硅窗面积增加到一定程度就可以控制 O_2 浓度略高于 1%, 避免无氧呼吸, 满足果蔬贮藏要求^[22]。结果显示, 硅窗袋可以调节黄秋葵包装袋内的 O_2 浓度比例, 且可以使贮藏期间 O_2 浓度比例高于 1%, 硅窗袋的大小并没有导致包装袋内 O_2 浓度差异。

2.4 L* 值

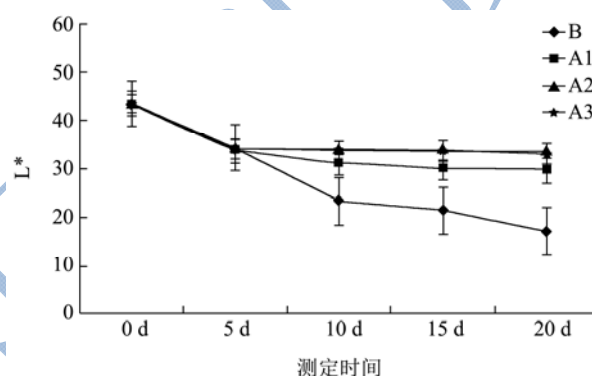


图3 不同硅窗处理对黄秋葵 L* 值的影响

Fig.3 Effects of different silicone area treatment on L* value of okra

贮藏期间不同硅窗处理组与空白组黄秋葵 L* 值均成下降趋势。在贮藏前 5 d, 四组组间无显著性差异。与其他果蔬相比, 采后黄秋葵呼吸相对旺盛, 且黄秋葵属于高耐 CO_2 果蔬, 一定的 CO_2 可以维持黄秋葵果实硬度, 对一直微生物繁殖有一定的作用, 延长黄秋葵的贮藏时间。但过高的 CO_2 浓度可能会导致黄秋葵的无氧呼吸, 以及可能通过 CO_2 的碳酸作用, 腐蚀原花青素、类黄酮等显色物质。10 d、15 d、20 d 时, A1、A2、A3 组黄秋葵 L* 值均显著高于空白 B 组, 这可能就是由于 CO_2 的碳酸作用引起的。许学勤等人^[23]在研究水芹菜硅窗袋保鲜时也发现, 低 O_2 浓度有利于水芹菜护色, 应该是通过抑制酶促褐变, 影响水芹菜色泽品质。

2.5 电导率

组织电导率反映了细胞膜透性, 细胞膜透性与溶液的电导率成正相关关系, 一般来说膜透性随着贮藏时间延长而增加。电导率也是反映感官品质中腐烂、硬度的主要理化指标。

包装袋内黄秋葵电导率随贮藏时间的变化如图 4 所示。

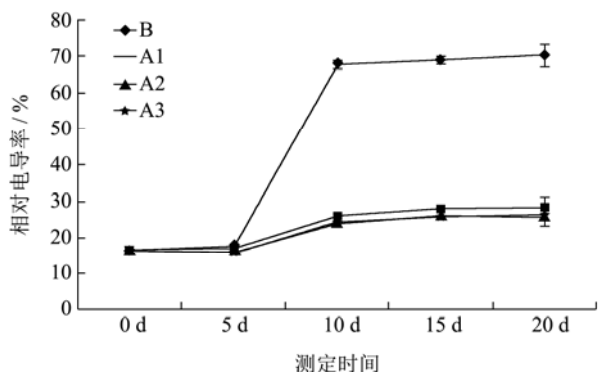


图 4 不同硅窗处理对黄秋葵电导率的影响

Fig.4 Effects of different silicone area treatment on conductivity of okra

贮藏期间,所有处理组电导率呈逐渐上升的趋势。贮藏前期,5 d时,B、A1、A2、A3 组组间黄秋葵电导率无显著性差异。10 d、15 d、20 d时,A1、A2、A3 组黄秋葵细胞膜透性稳定在约占 B 组膜透性的 33%左右,电导率显著低于 B 组 ($p < 0.05$),但 A1、A2、A3 组组间无显著性差异。郭风军,李家政^[24,25]等人的研究认为,较高的 CO₂ 浓度/O₂ 浓度比例,可能造成较高的碳酸环境,虽然增加了抑菌效果,但同时破坏了与之接触的植物细胞膜成分,增加了植物细胞膜透性,造成腐烂或硬度下降的现象,这是 B 组腐败速度较快的主要原因。这主要是由于黄秋葵皮孔、气孔发达,贮藏过程中因细胞膜透性容易发生改变,极易失水,且易造成敏感物质(原花色素、类黄酮、Vc)等与环境接触比表面积增大,发生氧化反应。郑亚琴等人^[10]认为,15 °C、8 d 时黄秋葵即发生商品率下降至 45%的现象。

结果表明,4 °C 保存时,通过合适的气体浓度比例可以降低无氧呼吸造成的细胞膜损伤,减少因无氧呼吸而导致的细胞膜透性增加造成的腐烂或硬度下降的现象。这可能是包装内微环境中,O₂ 浓度维持在 1% 以上,黄秋葵采后呼吸作用仍在缓慢进行,细胞膜中

磷脂双分子层结构中的疏水性蛋白仍然起到有效的运输水分作用,并没有完全失活,这与 Li Y F 等人^[26]的研究结论一致。

2.6 Vc 含量

Vc 是一种己糖醛基酸,广泛地存在于新鲜水果和蔬菜的植物组织中,其中抗坏血酸(Vc)是主要的抗氧化物质,有研究显示,Vc 的损失导致植物低于活性氧损伤能力的降低^[27],容易造成新鲜水果发生 Vc 褐变后的锈斑。

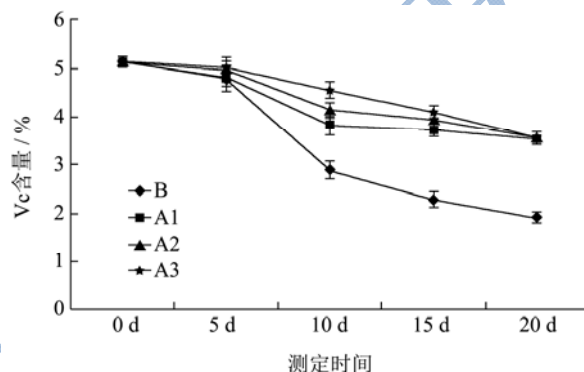


图 5 不同硅窗处理对黄秋葵中 Vc 的影响

Fig.5 Effects of different silicone area treatment on Vc of okra

贮藏期间,黄秋葵 Vc 含量随贮藏时间的变化如图 5 所示,采后黄秋葵 Vc 含量约为 5.221 mg/100 g。贮藏前期,5 d 时,黄秋葵 Vc 含量的均下降但不显著。贮藏 10 d、15 d、20 d,A1、A2、A3 黄秋葵 Vc 含量均显著高于 B 组。贮藏 10 d 时,A1、A2、A3 组间,Vc 含量差异显著 ($p < 0.05$),均值分别为 3.77、3.91、4.33 mg/100 g,但 15 d、20 d 的 Vc 含量均无显著差异。20 d 时,A1、A2、A3 组 Vc 含量分别为 3.51、3.6、3.55 mg/100 g,组间无差异。这与王丹、周会玲等^[28,29]的研究结果一致,这种 Vc 变化趋势可能与高 CO₂ 浓度、低 O₂ 浓度有关,有待进一步研究。

2.7 相关性分析

表3 各变量的相关系数矩阵

Table 3 Correlation coefficient matrix of each variable

项目	商品化率	CO ₂ 浓度	O ₂ 浓度	L*	电导率	Vc
商品化率	1	0.717**	0.831**	0.843**	0.765**	0.017
CO ₂ 浓度	0.717**	1	0.881**	0.936**	0.573*	0.907**
O ₂ 浓度	0.831**	0.881**	1	0.769**	0.521*	0.213
L*	0.843**	0.936**	0.769**	1	0.698**	0.107
电导率	0.765**	0.573*	0.521*	0.698**	1	0.519*
Vc	0.017	0.962**	0.213	0.107**	0.519*	1

注: *表示达显著水平 ($\alpha=0.05$), **表示达极显著水平 ($\alpha=0.01$)。

通过对三种不同硅窗膜处理的黄秋葵贮藏期间的品质指标测定,综合各项指标,进行相关系数分析。

通过计算相关性矩阵(见表3)发现,商品化率与CO₂浓度、O₂浓度、L*、电导率彼此强相关,相关系数分别为0.717、0.831、0.843、0.765。与这些指标相比,Vc含量变化趋势与CO₂浓度及电导率变化趋势更接近。由此可见,黄秋葵的包装袋通过不同的硅窗处理,显著影响了CO₂浓度、O₂浓度,并通过气体浓度显著影响电导率及L*,但Vc含量并没有受到低O₂浓度影响,而可能通过高CO₂浓度抑制了Vc氧化酶的活性,这与许俊齐等人^[1]的研究结果一致,贮藏期间,黄秋葵的Vc含量受CO₂浓度的影响显著。另外,Vc含量并没有显著影响L*,证明黄秋葵的贮藏感官品质,主要受到气体浓度、电导率等因素的影响。

3 结论

3.1 硅窗保鲜已经成为采后黄秋葵重要的保鲜技术,随着科技进步和黄秋葵产业的发展,急需进行适合黄秋葵硅窗保鲜技术的研究,以适应市场的需求,如何进行合适的硅窗包装处理,是目前迫切的黄秋葵采后保鲜的需求。

3.2 不同硅窗处理均可以提高黄秋葵的商品化率,抑制Vc的降解和组织电导率,提高了L*,从而保持了产品的品质。从贮藏结果上看,贮藏后期,硅窗面积(A2 8 cm²组、A3 10 cm²组)商品化率显著优于A1 6 cm²硅窗处理组,A2组与A3组两组间没有显著性差异($p < 0.05$),这一结果与CO₂浓度、O₂浓度、电导率、L*均显著相关。但硅窗处理虽然提高贮藏期Vc含量,但并没有通过Vc含量的变化影响商品的感官品质(商品化率)。

3.3 对于黄秋葵的硅窗保鲜处理,4℃贮存,PVC袋(30 cm×40 cm, 46 μm)热合8 cm²(0.7 mm厚)以上的硅窗面积可以达到最好的保鲜效果。对于硅窗面积对黄秋葵的保鲜效果的影响,对黄秋葵等果树的抗氧化性或成分、以及抑制褐变的机理,为我国现阶段果蔬硅窗保鲜产业提供有利的理论基础。

参考文献

- [1] 任丹丹,陈谷.响应面法优化黄秋葵多糖超声提取工艺[J].食品科学,2011,32(8):143-146
REN Dan-dan, CHEN Gu. Response surface method was used to optimize the extraction process of polysaccharide from okra [J]. Food Science, 2011, 32(8):143-146
- [2] 王君耀,周峻,汤谷平,等.黄秋葵抗疲劳作用的研究[J].中国现代应用药学杂志,2003,20(4):316-317
WANG Jun-yao, ZHOU Jun, TANG Gu-ping, et al. Study on the antifatigue effect of okra [J]. China Modern Journal of Applied Pharmacy, 2003, 20(4): 316-317
- [3] 金忠尧,林建龙,等.治疗皮肤癌的苗头中草药-秋葵的摘要[C]//全国中西医结合皮肤性病学术会议论文汇编.2010, 29(10):2256
JIN Zhong-jiao, LIN Jian-long, et al. A summary of okra, a Chinese herb used to treat skin cancer [C]// Proceedings of the National Conference on Integrated Chinese and Western Medicine in Skin Diseases. 2010, 29(10): 2256
- [4] 陈湘宁,艾启俊,黄漫青,等.HACCP在净菜加工中的应用初探[J].粮油加工与食品机械,2003,4:59-62
CHEN Xiang-ning, AI Qi-jun, HUANG Man-qin, et al. Application of HACCP in the processing of clean vegetables [J]. Grain and Oil Processing and Food Machinery, 2003, 4: 59-62
- [5] 李建华,陈珊.黄秋葵水提液抗疲劳的药效学观察[J].中国运动医学杂志,2004,23(2):196-197
LI Jian-hua, CHEN Shan. Pharmacodynamic observation of anti-fatigue effect of water extract of okra [J]. Chinese Journal of Sports Medicine, 2004, 23(2): 196-197
- [6] Salunkhe D K, Desai B B. Postharvest biotechnology of vegetable [M]. Boca Raton, Fla: CRC Press, 1984
- [7] Phillips, C A. Review: Modified atmosphere packaging and its effects on the microbiological quality and safety of produce [J]. International Journal of Food Science and Technology, 1996, 31: 463-47
- [8] Cliffe-Byrnes, V D. O'eim effects of chlorine treatment and packaging on the quality and shelf-life of modified atmosphere (MA) packaged coleslaw mix [J]. Food Control, 2005, 16: 707-716
- [9] 陈江萍.黄秋葵保鲜贮藏技术的研究[J].食品研究与开发, 2010,31(8):186-189
CHEN Jiang-ping. Study on preservation technology of okra [J]. Food Research and Development, 2010, 31(8): 186-189
- [10] 郑亚琴,于军香,冯宪民.1-MCP对秋葵荚果贮藏品质的影响[J].食品科学,2012,33(20):331-333
ZHENG Ya-qin, YU Jun-xiang, FENG Xian-min. Effect of 1-MCP on the storage quality of okra pods [J]. Food Science, 2012, 33(20): 331-333
- [11] 许俊齐,童斌,王瑞,等.不同预冷方式对采后黄秋葵保鲜效果的影响[J].食品工业科技,2014,35(9):312-316
XU Jun-qi, TONG Bin, WANG Rui, et al. Effects of different precooling methods on preservation of postharvest okra [J]. Science and Technology of Food Industry, 2014, 35(9):

- 312-316
- [12] 王志超.秋葵 MAP 贮藏保鲜技术研究[D].山东烟台:烟台大学,2015
WANG Zhi-chao. Study on gumbo MAP storage and preservation technology [D]. Yantai University, 2015
- [13] 王鸿飞,邵兴锋.果品蔬菜贮藏与加工实验指导[M].北京:科学出版社,2012
WANG Hong-fei, SHAO Xing-feng. Experimental guidance on storage and processing of fruits and vegetables [M]. Beijing: Science Press, 2012
- [14] Lopez-B riones, G, Varoquaux, P, Ch amb roy, Y, et al. Storage of common mushroom under controlled atmospheres [J]. International Journal of Food Technology, 1992, 27: 493-505
- [15] Rangel E C, Gadioli G Z, Cruz N C. Investigations on the stability of plasma modified silicone surfaces [J]. Plasmas & Polymers, 2004, 9(1): 35-48
- [16] Mansouri J, Wood C A, Roberts K, et al. Investigation of the ceramifying process of modified silicone-silicate compositions [J]. Journal of Materials Science, 2007, 42(15): 6046-6055
- [17] Jones B M, Kaiser R I, Strazzulla G. Carbonic acid as a reserve of carbon dioxide on icy moons: The formation of carbon dioxide (CO₂) in a polar environment [J]. Astrophysical Journal, 2014, 788(2): 22
- [18] 张英慧,上官国莲,任吉君,等.温度对红秋葵采后生理和品质的影响[J].食品科学,2003,24(2):144-146
ZHANG Ying-hui, SAHNG GUAN Guo-lian, REN Ji-jun, et al. Effects of temperature on postharvest physiology and quality of red okra [J]. Food Science, 2003, 24(2): 144-146
- [19] Jiang A L, Tian S P, Yong X U, et al. Effects of different atmospheres on the postharvest physiology and quality of the sweet cherry [J]. Scientia Agricultura Sinica, 2002, 1(5): 555-561
- [20] Kupferman E. Controlled atmosphere storage of apples [C]// Seventh international controlled atmosphere research conference. University of California, Davis: 1997, 2(17): 1-30
- [21] Saltveit M E. A summary of CA and MA requirements and recommendations for harvested vegetables [C]// Seventh international controlled atmosphere research conference. University of California, Davis: 1997, 18(4): 98-117
- [22] 李晓芳.基于草莓自发气调包装的聚乳酸薄膜的气体透过性的调节[D].内蒙古:内蒙古农业大学,2017
LI Xiao-fang. Gas permeability adjustment of polylactic acid film based on strawberry spontaneous atmosphere packaging [D]. Inner Mongolia Agricultural University, 2017
- [23] 许学勤,张烜,唐峰.水芹菜硅窗袋气调保鲜初始气体成分的优化研究[J].食品工业科技,2007,28(12):187-188
XU Xue-qin, ZHANG Xuan, TANG Feng. Study on optimization of the original gas composition of air conditioner fresh-keeping in silicon window bag of water celery [J]. Science and Technology of Food Industry, 2007, 28(12): 187-188
- [24] 郭风军.冬枣活性包装贮藏及物流保鲜技术研究[D].烟台:烟台大学,2013
GUO Feng-jun. Study on active package storage and logistics preservation technology of winter jujube [D]. Yantai: Yantai University, 2013
- [25] 李家政.微孔保鲜膜制备方法与应用[J].保鲜与加工,2007, 3(7):25-27
LI Jia-zheng. Preparation methods and applications of Microporous cling film. [J]. Preservation and Processing, 2007, 3(7): 25-27
- [26] Li Y F, Zhao Y F, So I S, et al. Water and nonelectrolyte permeability of plant cell membranes after short term application of amino acids and phosphorylated amino acids [J]. Journal of Plant Biology, 1999, 42(3): 232-238
- [27] 刘杰超,张春岭,陈大磊,等.不同品种枣果实发育过程多酚类物质,Vc 含量的变化及其抗氧化活性[J].食品科学,2015, 36(17):94-98
LIU Jie-chao, ZHANG Chuan-ling, CHEN Da-lei, et al. The content of polyphenols and V_C and its antioxidant activity in the development of different varieties Jujube fruits [J].Food Science, 2015, 36(17): 94-98
- [28] 王丹,李雪,马越,等.不同清洗剂对鲜切西兰花贮藏期间品质的影响[J].食品与机械,2013,29(5):190-193
WANG Dan, LI Xue, MA Yue, et al. Effects of different cleaning agents on the quality of fresh cut broccoli during storage [J]. Food and Machinery, 2013, 29(5): 190-193
- [29] 周会玲,唐爱均,王祥明.不同清洗剂对切割生菜品质的影响[J].西北农业学报,2010,19(11):115-118
ZHOU Hui-ling, TANG Ai-jun, WANG Xiang-ming. Effects of different washing agents on the quality of fresh-cut lettuce [J]. Acta Agriculturae Boreali-occidentalis Sinica, 2010, 19(11): 115-118