

高阻隔膜高氧气调包装对桑果品质的影响

陈于陇, 王生有, 徐玉娟, 吴继军, 肖更生, 于茂兰

(广东省农业科学研究院蚕业与农产品加工研究所, 广东省农产品加工公共实验室, 广东广州 510610)

摘要: 本文研究了高阻隔复合膜包装条件下桑果在高氧(100% O₂)气调贮藏过程中品质的变化, 以空气包装作为对照组, 通过测定在4 ℃贮藏条件下, 包装盒中CO₂/O₂浓度的变化、桑果外在品质和营养成分的变化情况, 探讨桑果贮藏期间的品质变化规律。结果表明, 在4 ℃贮藏8 d条件下, 高氧气调包装能够避免桑果的无氧发酵, 而对桑果的硬度、维生素C (Vc)、可溶性糖含量的影响具有一致性, 在贮藏的前4 d含量比对照组要低, 但到了第5 d后, 其含量都要比对照组高一些, 而可溶性蛋白含量在2~4 d急剧下降且贮藏的过程中, 除了第6 d, 其含量均高于空气包装; 但对色差、花青素含量的影响不明显。因此, 桑果高氧气调包装能够减缓其品质下降的速度, 维持其贮藏期间的良好品质, 降低其腐败变质的速度, 有效延长桑果的贮藏保鲜期。

关键词: 桑果; 维生素C; 品质

文章编号: 1673-9078(2014)3-87-92

Effect of High Atmospheric Oxygen Packaging on the Postharvest Quality of Mulberry Fruits

CHEN Yu-long, WANG Sheng-you, XU Yu-juan, WU Ji-jun, XIAO Geng-sheng, YU Mao-lan

(Sericultural & Agro-food Processing Research Institute, Guangdong Academy of Agricultural Science, Guangzhou 510610, China)

Abstract: Under the condition of packaging by high oxygen modified atmosphere (100%) combined with high barrier film, the quality variation of fresh mulberry fruit was investigated. Taking air packaging as control, the CO₂/O₂ concentration of package, the visual and nutritional quality parameters were determined to find out the variation trends of these parameters during storage at 4 ℃. The results showed that the treatment of high oxygen modified atmosphere packaging inhibited the anaerobic respiration in mulberry fruits. The firmness, soluble protein and sugar, vitamin C and sensory quality in fresh mulberry fruits packaged by high oxygen modified atmosphere were better than the control during the last days of storage although these parameters were more inferior than control at the first four days. In addition, the treatment showed little influence on chlorophyll, color, and anthocyanin of the samples. Thus, the quality of fresh mulberry fruit was effectively maintained by high oxygen modified atmosphere packaging.

Key words: mulberry fruits; vitamin C; quality

桑果, 学名桑椹, 富含葡萄糖、果糖、鞣酸、苹果酸、亚油酸、多种维生素和人体必需氨基酸及钾、镁、磷等微量矿质, 营养价值非常高, 现已被卫生部列为“药食同源”的农产品之一。桑树其根、枝、叶、果实均可作为药, 桑果具防病保健功能, 《本草纲目》记载说, 其能“止消渴, 利五脏关节, 通血气。我国桑果资源十分丰富, 并且鲜桑果酸甜可口, 且具诸多滋补功效, 因而广为消费者所喜。近年来, 桑果的研究主要集中在色素的提取, 生理活性成分的分离纯化工艺及其产品开发与应用。Noh^[1]等研究表明, 桑果中花

收稿日期: 2013-11-13

基金项目: “十二五”农村领域国家科技计划项目(2012BAD38B05-5); 公益性农业行业专项(201303077)

作者简介: 陈于陇(1968-), 男, 副研究员, 研究方向: 果蔬贮藏与保鲜

青素的主要成分是矢车菊-3-葡萄糖苷(C₃G)和矢车菊-3-芸香苷(C₃Y)。郭玉霞等^[2]采用有机溶剂超声提取药桑中白藜芦醇, 并确立了提取的最佳条件。

但桑果含水量达80%以上, 且没有坚硬的外皮, 时间稍长就会腐烂, 不便于长途运输和储藏, 极大地限制了其在国内外水果市场上的竞争力, 因此其保鲜的研究重要性就很重要了。目前桑果的保鲜技术的研究主要有不同保鲜剂贮藏结合冷藏等技术。气调包装是指通过改变包装袋内的气体组成, 使鲜切果蔬的呼吸作用和生理活动受到抑制, 从而延长储藏保鲜期的一种包装方式。1996年英国学者Day^[3]首次报道高氧(浓度大于70%)气调包装的相关研究, 随后国内外有关高氧对果蔬采后生理及品质变化的研究逐渐增多。高氧气调包装可以避免低氧气调技术形成无氧酵

解, 积累大量乙醛、乙醇等异味物质, 对果蔬外观品质和风味产生不良影响的缺陷。因此, 本文以桑果为实验材料, 选用高阻隔复合膜高氧包装的方式, 测定包装袋内氧气及二氧化碳、桑果品质的变化情况, 探讨高氧气调包装内桑果品质的变化规律, 以期桑果保鲜在生产上的应用奠定理论基础。

1 材料与amp;方法

1.1 实验原料

桑果原料, 采于广州宝桑园生态科技有限公司基地, 选取当日采摘、成熟度一致、无病虫害和损伤的桑果作为实验材料, 进行气调包装实验。每份称取 200 g, 置于聚乙烯包装盒 (300×100×30 mm) 中, 用高阻隔复合包装膜[二氧化碳和氧气的透过率分别为 46.243 和 6.9170 mL/(24 hm²·kPa) (25 °C, 0% RH); 透湿度为 20 g/(24 hm²) (30 °C, 90% RH)] 包装, 高氧含量>90%, 以空气包装的桑果为对照组。将包装好的桑果样品于 4 °C 贮藏, 每处理设 3 个重复。每 2 d 测量其色差、硬度和气体成分 (O₂/CO₂) 变化, 然后用液氮处理样品并粉碎后, 测定其它品质指标。

1.2 主要仪器与设备

气调包装机、包装盒, 上海炬钢机械制造有限公司; 高阻隔复合包装膜, 广东威孚包装材料有限公司; 纯氧, 广州信和气体有限公司; Checkpoint I 型顶空气体分析仪, 丹麦 PBI 公司; TN-375 型手持式红外线二氧化碳分析仪, 广州泰纳电子科技有限公司; 荧光分光光度计, 澳大利亚 VARIAN 公司; 岛津 UV-1800 型紫外-可见分光光度计, 日本岛津公司。

1.3 主要药品与试剂

考马斯亮蓝 G-250、葱酮乙酸乙酯试剂、浓硫酸、邻苯二胺、磷酸氢二钠、柠檬酸、KCl 等均为国产分析纯。

1.4 实验方法

1.4.1 包装袋内 O₂/CO₂ 含量的测定

利用顶空气体分析仪测定不同气调包装条件下包装盒内 O₂/CO₂ 含量; 在包装盒内四周及中部分别取样测定, 其样品测定值为 5 次测定的平均值。

1.4.2 色差

采用全自动色差计 (北京晶光仪器) 测定桑果的颜色变化; 主要以亮度值 L* (lightness)、色度值 H (hue angle) 和颜色饱和度 C* (color saturation) 来表示。选

择果实大小均一、果实颜色相近的桑果, 随机取样进行测定。每个处理重复 3 次。

1.4.3 硬度

用 TA-XT 质构分析仪测定穿刺强度。探头型号 A/WEG, 测前速度 1 mm/s, 测试速度 1 mm/s, 测后速度 10 mm/s, 位移 5 mm, 触发力 5 g, 硬度单位用 g 表示。选择果实大小均一、果实颜色相近的桑果, 随机取样进行测定, 测定值为 10 次测定的平均值; 每个处理重复 3 次。

1.4.4 可溶性蛋白质含量

采用考马斯亮蓝 G-250 法测定, 并作适当修改。称取鲜样 1.2 g, 共 3 份, 用 5 mL 蒸馏水或缓冲液研磨成匀浆, 然后定容 25 mL 容量瓶后, 离心后取上清液 1.0 mL, 加入 5 mL 考马斯亮蓝 G-250 溶液, 充分混合, 放置 2 min 后在 595 nm 下测定吸光度。最后用牛血清蛋白所作的标准曲线定量。

1.4.5 可溶性总糖含量

采用葱酮比色法测定。称取 3 份样品, 每份 0.20 g。分别加入 5 mL 蒸馏水, 塑料薄膜封口, 于沸水中提取 30 min (提取 3 次), 提取液过滤入 25 mL 容量瓶中, 多次清洗试管和残渣, 定容至刻度。吸取提取液 0.5 mL, 加蒸馏水 1.5 mL, 葱酮乙酸乙酯试剂 0.5 mL 和 5 mL 浓硫酸, 充分振荡, 立即将试管放入沸水浴中保温 1 min, 以空白为对照, 在 630 nm 波长下测定其吸光度。最后用蔗糖所作的标准曲线定量。

1.4.6 总 Vc 含量的测定

参照 AOAC^[4] 的方法, 并作适当修改。精确称取 3 份样品, 每份样品 0.5 g。加入适量 2% 草酸, 充分研磨后过滤。取样品滤液 5 mL, 加 0.2 g 已处理好的活性炭, 充分振荡 10 min 后过滤。分别吸取已被活性炭充分氧化处理后的样品滤液 1 mL 于 A 管 (样品管), B 管 (样品空白管)。在 A 管中加入 250 g/L 乙酸钠溶液 1 mL; 在 B 管中加入 30 g/L 硼酸-250 g/L 乙酸钠溶液 1 mL, 充分混匀, 在暗处放置 20 min。在避光条件下, 准确迅速地向各试管加入 1 mL 0.2 g/L 邻苯二胺溶液, 充分混匀, 在暗室中避光反应 40 min。在激发波长 355 nm、发射波长 425 nm 下, 测定各管的荧光强度和空白荧光强度, 样品荧光强度减去样品空白荧光强度, 即为测定样品的荧光强度。最后用 Vc 所作的标准曲线定量。

1.4.7 花色苷含量

精确称取 3 份样品, 每份 1.25 g。每份样品中加入 7 mL 1% HCl, 充分研磨, 浸提 1 h 后, 将滤液定容至 25 mL; 取 1 mL 滤液, 分别加入 0.4 mol/L HCl-KCl 缓冲液 (pH 1.0) 和 0.4 mol/L 柠檬酸-Na₂HPO₄ 缓冲液 (pH 5.0) 4 mL, 混匀后, 以蒸馏水为对照, 测定 510 nm 下的吸光

度值D510。花色素苷含量(mg/g)= $\Delta OD \times 5 \times 0.1 \times 1000 \times 445.2 / (29600 \times 5)$; $\Delta OD = OD(pH 1.0) - OD(pH 5.0)$; 第一个5为稀释倍数, 后一个5为果皮质量(g); 0.1为浸提液体积(L); 445.2为矢车菊素-3-葡萄糖苷的相对分子质量; 29600为矢车菊素-3-葡萄糖苷的摩尔比吸收系数。

1.4.8 感官品质评价

贮藏0~8 d桑果的感官品质, 由5人组成的感官评价小组, 随机抽样, 分别对其鲜味、汁度、甜味、苦味指标进行评价, 每项指标的量化打分采取0~10分的方式; 9~10分表示品质很好, 接近自然品质; 8~9分表示品质好; 7~8分表示品质较好, 6~7分表示品质勉强可以接受; <6分表示失去商品价值。最后的评价分值为5人的均值。

1.5 数据统计分析

应用 SPSS 软件对所有试验数据进行方差分析(ANOVA), 用 Duncan 多重比较分析差异的显著性。计算最小显著差数 LSD(P<0.05)值。

2 结果与讨论

2.1 包装盒内 O₂/CO₂ 含量的变化

采摘后的桑果生理活动加强, 呼吸作用和新陈代谢速度加快, 此时桑果包装盒内气体成分处在不断变化之中。在 4 °C 贮藏温度下, 桑果包装盒内 O₂/CO₂ 含量的变化情况如图 1 所示。结果表明, 无论是空气包装还是高氧气调包装, O₂ 含量都被迅速消耗, 而 CO₂ 含量迅速增加; 而且在 4 °C 下储藏 6 d, 高氧包装袋内的 CO₂ 含量均已经超过 90%, 而 O₂ 含量极低, 说明包装盒内氧气消耗迅速, 且得不到有效的补充,

桑果已完全处在无氧呼吸的状态。高氧气调包装的桑果, O₂ 消耗速度及 CO₂ 生成速度高于空气包装, 贮藏前期(0~3 d)高氧包装 O₂ 消耗速度高于空气包装, 而 CO₂ 生成速度均低于空气包装, 贮藏中期(3~5 d)空气包装 O₂ 含量呈水平趋势, CO₂ 呈上升趋势, 到贮藏后期(5 d)气体成分处于平衡状态。在 4 °C 高氧包装条件下, Odriozola-Serrano 等^[5]研究高氧包装对鲜切草莓贮藏期间品质的变化时发现, 在贮藏后期(11~21 d)时鲜切草莓的呼吸达到了平衡状态, 其中氧气含量恒定在 40%左右, 二氧化碳恒定在 45%左右。在本实验中, 对照组和实验组均未能达到平衡状态, 可能是由于所选用的高阻隔性膜的氧气和二氧化碳的透过率较差, 导致包装盒内的气体不能及时的与外界气体进行交换, 氧气得不到外界的补充, 二氧化碳不能及时的排出。因此, 选择氧气和二氧化碳透气率合适的包装膜十分必要。

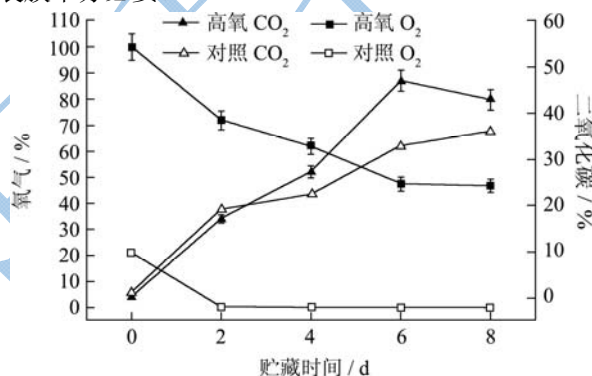


图1 4 °C贮藏下桑果包装盒内O₂和CO₂含量变化

Fig.1 The Change of O₂ and CO₂ concentrations at storage of 4 °C

2.2 包装盒内桑果外观品质变化

表1 高氧气调包装对桑果色度的影响

Table 1 Effect of high oxygen modified atmosphere packaging on the color of mulberry fruit

色度变化		贮藏时间/d				
		0	2	4	6	8
亮度值(L*)	高氧	111.70±0.09 ^d	110.70±0.06 ^c	110.00±0.07 ^b	108.70±0.07 ^a	109.63±0.06 ^c
	对照	111.70±0.09 ^d	110.60±0.07 ^c	109.90±0.07 ^b	108.7±0.07 ^a	109.10±0.06 ^c
红绿值(a*)	高氧	14.90±0.07 ^d	14.92±0.08 ^d	14.49±0.08 ^c	12.14±0.08 ^a	12.36±0.06 ^b
	对照	14.90±0.07 ^d	14.75±0.07 ^d	14.45±0.07 ^c	12.08±0.08 ^a	12.53±0.07 ^b
饱和度(C*)	高氧	26.82±0.01 ^d	26.75±0.02 ^{cd}	26.68±0.02 ^b	26.82±0.01 ^d	26.32±0.02 ^a
	对照	26.82±0.01 ^d	26.65±0.01 ^{cd}	26.61±0.01 ^{bc}	26.74±0.02 ^{cd}	26.32±0.02 ^a

注: 每列数据后面的不同字母(a, b, ...)表示在(P<0.05)水平差异显著。

本文以代表其色度变化的三个指标, 即亮度值 L* (luminance)、红绿值 a*和颜色饱和度 C* (color saturation) 作为桑果色泽的评价标准; L*表示各种色彩由明到暗的变化程度; a*表示桑果由红色到绿色的

递变过程, 是正值, 表示偏红, 负值表示偏绿; 而 C* 反映色彩接近自然色光的程度, 越小越接近自然色, 纯度越高, 反之越低。研究发现高氧会影响这些色素物质的合成与降解, 使果蔬的色泽发生变化。由表 1

可知,随着贮藏时间的延长,两种包装方式下新鲜桑果亮度值均呈下降的趋势,表明桑果颜色由深红变浅,可能是花色素降解的原因。在整个贮藏过程中,高氧气调包装的桑果亮度值均高于空气包装,但差异不显著 ($P>0.05$);高氧气调包装和空气包装桑果颜色饱和度的差异也不显著,均随贮藏时间延长呈先升高然后下降的趋势;红绿值呈现先降低到后期略有升高的趋势,贮藏的 0~6 d,高氧气调包装的桑果红绿值均高于空气包装,差异不显著 ($P>0.05$)。表明,在贮藏的过程中,花色素在逐渐降解。相关的研究也有报道。龚吉军^[6]研究臭氧与高氧处理对采后草莓品质的影响发现,单独采用臭氧对草莓进行处理,对其色泽几乎没有影响,而单独采用高氧则影响较大;说明高氧可以较好的保持 L^* 、 C^* ,有效抑制了草莓色泽劣变的进程。Aharoni 等^[7]发现用 60~100% O_2 MAP 处理蓝莓 35 d 后,颜色加深。说明高氧可加快蓝莓的后熟作用。硬度反映了果蔬组织细胞膨压的大小,细胞膨压大,则果蔬硬度就大。高氧气调包装对桑果硬度的影响如图 3 所示。

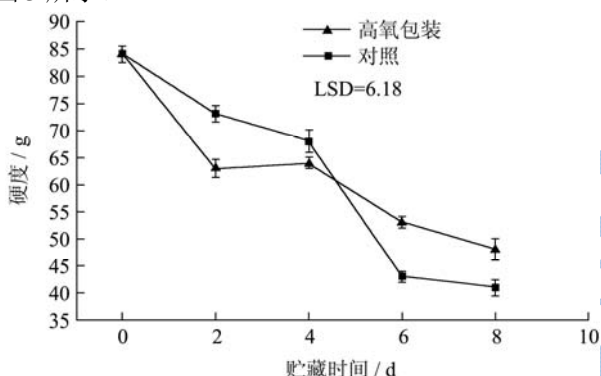


图2 高氧气调包装对桑果硬度的影响

Fig.2 Effect of high oxygen modified atmosphere packaging on the firmness of mulberry fruit

结果表明:随着贮藏时间的延长,两种包装方式下,桑果硬度均呈下降的趋势;在贮藏前期(0~4 d),高氧气调包装的桑果硬度均低于空气包装;其中在贮藏期的第 2 d 时,差异显著 ($P<0.05$);贮藏的第 4 d 时,差异不显著 ($P>0.05$);而在贮藏的 (6~8 d),高氧包装的桑果的硬度高于对照,且差异显著 ($P<0.05$)。表明随着贮藏时间的延长,高氧气调包装可有效维持桑果硬度,延缓贮藏期间外观品质的下降,有利于桑果的贮藏保鲜,并且贮藏期越长其保鲜效果越明显。高氧对果蔬品质的影响已经有相关的报道。魏文毅^[8]发现采用 90%高氧处理脆桃,在 2 °C 下贮藏到 7 d 时仍能够保持较高的硬度,并在出库后正常软化。Kader^[9]发现采用 30% O_2 和 50% O_2 气调包装可促进番果实软化,而 80% O_2 和 100% O_2 则抑制这一过程。以上

结果均说明高氧包装可有效延缓果蔬硬度的下降,保证其外观品质,并延长其保鲜期。

2.3 包装盒内桑果营养品质变化

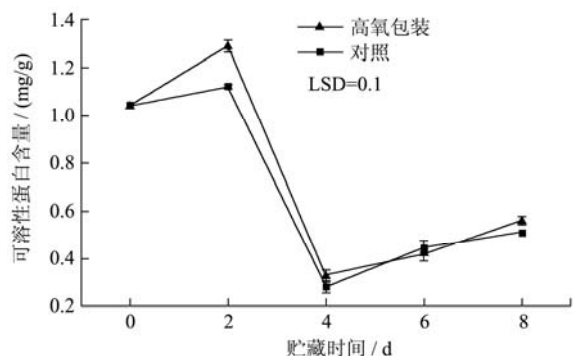


图3 高氧气调包装对桑果可溶性蛋白质含量的影响

Fig.3 Effect of high oxygen modified atmosphere packaging on the content of soluble protein of mulberry fruit

高氧气调包装对桑果组织中可溶性蛋白质含量的影响结果见图 3。由图可知,随着贮藏时间的延长,两种包装方式下,新鲜桑果可溶性蛋白含量均呈先升高、后下降、再升高的趋势,除了 5~7 d 外,高氧气调包装的新鲜桑果的可溶性蛋白质含量均显著高于空气包装。因此在 4 °C 下,高氧气调包装的新鲜桑果可溶性蛋白质损失率最小。以上结果说明,高氧气调包装可有效延缓新鲜桑果可溶性蛋白下降速度,对于维持其一定的营养价值具有重要作用。本实验结果与王惠惠的实验结果相一致,都表明高氧对可溶性蛋白质有一定的保护作用^[20]。

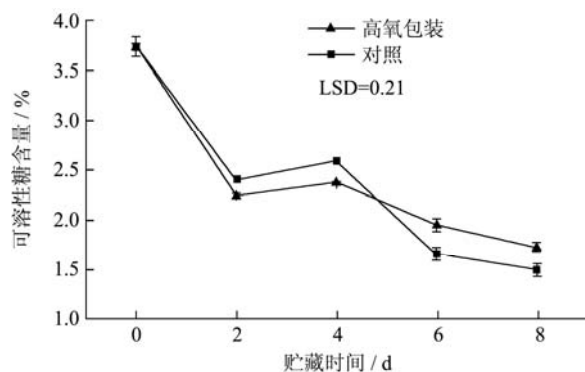


图4 高氧气调包装对桑果可溶性糖含量的影响

Fig.4 Effect of high oxygen modified atmosphere packaging on the contents of soluble sugar in mulberry fruits

高氧气调包装对桑果可溶性糖含量的影响见图 4。结果表明:随着贮藏时间的延长,高氧和空气包装条件下,桑果可溶性糖含量均呈下降趋势。在贮藏初期(0~4 d),高氧气调包装的新鲜桑果可溶性糖含量均低于空气包装,且差异更显著 ($P<0.05$);而在贮藏期(6~8 d),高氧气调包装的新鲜桑果可溶性糖含量

均高于空气包装,且差异更显著 ($P < 0.05$)。因此,以上结果表明,高氧气调包装可有效延缓桑果可溶性糖下降速度,维持其营养价值具有重要作用。Heimdal^[10]对鲜切莴苣进行高氧包装,在贮藏过程其可溶性糖含量下降速度明显加快;而 Amanatidou^[11]用 50% $O_2 + 30\% CO_2$ 和 90% $O_2 + 10\% CO_2$ 包装的鲜切胡萝卜条,其糖含量下降却受到了明显抑制。而本研究结果与 Amanatidou 的结果相似,说明高氧对果蔬可溶性糖含量的影响,主要受果蔬品种的影响。

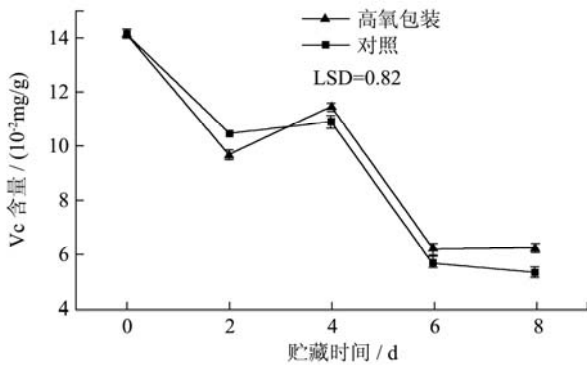


图5 高氧气调包装对桑果 Vc 含量的影响

Fig.5 Effect of high oxygen modified atmosphere packaging on the contents of Vc of mulberry fruits

高氧气调包装对桑果 Vc 含量的影响见图 5,结果表明:随着贮藏时间的延长,两种包装方式下桑果 Vc 含量均呈下降趋势,其中在贮藏的 0~2 d,高氧包装果实 Vc 的下降速度更快,且差异显著 ($P < 0.05$)。在贮藏的 4~8 d,高氧包装的 Vc 含量高于对照。可以看出在 4 °C 下高氧气调包装的桑果 Vc 损失率最小,说明高氧气调包装可有效延缓桑果 Vc 下降速度,对于维持其一定的营养价值具有很重要的作用。

车东等^[12]研究高氧对鲜切莲藕的影响时发现,三种不同浓度高氧包装均能明显抑制果实 Vc 含量的下降,其效果优于低氧、高二氧化碳包装;尤其是 90% O_2 包装的鲜切莲藕 Vc 含量下降最慢。但 Barker^[13]认

为,用高氧尤其是纯氧处理马铃薯时,会增加其氧化损失的程。这可能由于储藏过程中,高氧和高二氧化碳提高了鲜切果蔬的氧化性应激反应,导致生理活动加快。或者是高氧包装产生过多的氧自由基,从而造成了氧化伤害,而果蔬组织通过 Vc 等抗氧化物质来对抗这种伤害,造成 Vc 含量的减少。而本研究也认为高氧可有效延缓桑果 Vc 的降低速度。由于 Vc 等营养成分既是果蔬品质的重要指标,又有抗氧化的功能,因而对延缓果蔬本身衰老变质有重要作用。由此可见,研究高氧下果蔬中维生素等营养成分含量变化是有意义的。

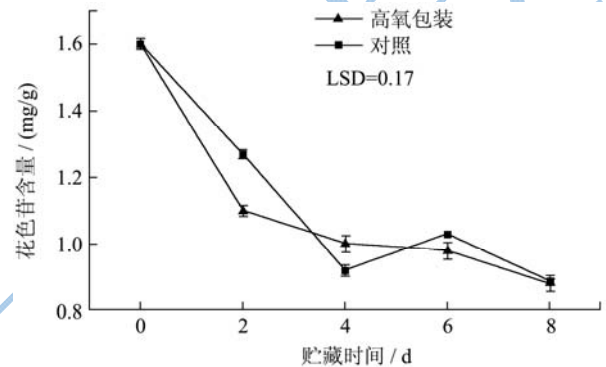


图6 高氧气调包装对桑果花色苷含量的影响

Fig.6 Effect of super atmospheric oxygen packaging on the contents of anthocyanin in mulberry fruits

从图 6 可知,花色苷的含量呈现下降的趋势,在桑果贮藏的前 2 d,高氧处理的桑果中花色苷的含量比对照组明显要低 ($P < 0.05$),但是在贮藏的第 4 d 时,高氧处理荔枝皮中花色苷的含量比对照要高。但 Duan 等^[14]将荔枝经过纯氧气调的贮藏处理后,花色苷的变化趋势却是下降的,并且纯氧气调抑制了花色苷的下降,与本实验的总体趋势是一致的,但抑制效果不同。差异的原因可能是处理条件的不同。

2.4 包装盒内桑果感官品质变化

表 2 高氧气调包装对桑果感观质量的影响

Table 2 Effect of high oxygen modified atmosphere packaging on the sensory quality of mulberry fruits

特性	处理	贮藏时间/d				
		0	2	4	6	8
鲜味	高氧	9.83±0.06 ^h	9.60±0.10 ^g	9.30±0.10 ^f	9.16±0.06 ^{ef}	8.87±0.06 ^d
	对照	9.83±0.06 ^h	9.10±0.10 ^e	8.70±0.20 ^c	8.36±0.12 ^b	7.53±0.06 ^a
汁度	高氧	9.60±0.10 ^f	9.20±0.10 ^{de}	9.30±0.10 ^e	8.80±0.02 ^e	8.97±0.06 ^c
	对照	9.60±0.10 ^f	9.20±0.10 ^{de}	9.13±0.06 ^{cd}	8.60±0.10 ^b	8.23±0.06 ^a
甜味	高氧	9.26±0.06 ^e	8.60±0.10 ^b	9.1±0.10 ^d	8.97±0.06 ^c	8.83±0.10 ^b
	对照	9.26±0.06 ^e	8.86±0.10 ^c	8.60±0.10 ^b	8.37±0.60 ^a	8.47±0.60 ^a
苦味	高氧	9.43±0.06 ^h	9.06±0.10 ^e	8.70±0.06 ^d	8.33±0.06 ^c	8.03±0.06 ^b
	对照	9.43±0.06 ^h	8.97±0.06 ^c	8.63±0.10 ^d	8.03±0.06 ^b	7.43±0.06 ^a

桑果的感官评定如表 1 所示。在贮藏过程中, 桑果的鲜味、汁度、甜味和苦味呈现下降的趋势。然而高氧包装的鲜味、汁度、甜味和苦味均比对照的值高, 且处理和对照的鲜味在贮藏的 (0~8 d) 差异显著; 汁度在贮藏的 (4~8 d) 差异显著; 甜味在贮藏的 (0~8 d) 差异显著; 苦味的贮藏的 (6~8 d) 差异显著。实验结果表明, 高氧包装对桑果的鲜味、汁度、甜味有明显的保护作用, 尤其到贮藏的末期。

3 结论

经过高氧气调包装的桑果, 其外观品质, 包括硬度值要比空气包装桑果好, 对花色苷含量、色差变化没有显著影响。高氧气调包装能有效延缓其他营养成分, 包括 Vc、可溶性蛋白、可溶性糖的损失, 而且影响更显著。总之, 对桑果进行高氧气调包装处理, 可以有效的维持桑果较好的外观品质, 同时能延缓营养成分的损失, 降低其腐败变质的速度, 有效延长了桑果的贮藏保鲜期。本试验的研究结果对桑果在生产上的推广应用具有重要指导意义。

参考文献

- [1] Noh D O, Suh H J, Chang K, et al. Thermal kinetics of color degradation of mulberry fruit extract [J]. *Nahrung/Food*, 2003, 47(2): 132-135
- [2] 郭玉霞, 白慧东, 张志强, 等. 药桑中白藜芦醇提取的研究[J]. *四川食品与发酵*, 2007, 43: 24-27
GUO Y X, BAI H D, ZHANG Z Q, et al. The study on the extraction of resveratrol in the medicine mulberry [J]. *Sichuan food and fermentation*, 2007, 43: 24-27
- [3] Day B P F. High oxygen modified atmosphere packaging for fresh prepared produce [J]. *Postharv Neus Info*, 1996, 7(3): 31N-34N
- [4] Williams S. Official methods of analysis [M]. California: Association of official analytical chemists, 1984
- [5] Odriozola-serrano I, Soliva-fortuny R, martin-belloso O. Influence of storage temperature on the kinetics of the changes in anthocyanins, vitamin e and antioxidant capacity in fresh-cut strawberries stored under high-oxygen atmospheres [J]. *Journal of Food Science*, 2009, 74(2): 184-191
- [6] 龚吉军, 唐静, 李振华. 臭氧与高氧处理对采后草莓品质的影响[J]. *中南林业科技大学学报*, 2010, 30 (9): 76-80
GONG J J, TANG J, LI Z H. The effect of high oxygen and ozone treatment on postharvest strawberry quality [J]. *Journal of central south university*, 2010, 30(9): 76-80
- [7] Aharoni Y, Houck L G. Change in rind, flesh and juice color of blood oranges stored in air supplemented with ethylene or in oxygen-enriched atmospheres [J]. *J. Food Sci.*, 1982, 47(6): 2091-2092
- [8] 魏文毅. 八月脆桃保鲜过程中相关生理变化研究[D]. 杨凌: 西北农林科技大学, 2004
WEI W Y. Study on physiological changes of August peach crisp during storage [D]. YANG Ling: Northwest A&F University, 2004
- [9] Kader K, Ben-Yehoshua S. Review: Effects of super atmosphere oxygen levels on postharvest physiology of fresh fruit and vegetables [J]. *Postharvest Biol. Technol.*, 2000, (20): 1-13
- [10] Heimdal H, Kuhn B F, Poll L. Biochemical changes and sensory quality of shredded and MA-packaged iceberg lettuce [J]. *J. Food Sci.*, 1995, 60: 1265-1268
- [11] Amanatidou A, Slump R A, Gorris L G M, et al. High oxygen and high carbon dioxide modified atmospheres for shelf-life extension of minimally processed carrots [J]. *J. Food Sci.*, 2000, 65: 61-66
- [12] 车东, 卢立新. 高氧气调对鲜切莲藕包装质量的影响[J]. *包装工程*, 2007, 28(8): 87-89
CHE D, LU L X. The influence of high oxygen modified atmosphere on the quality of fresh-cut lotus root [J]. *Packaging engineering*, 2007, 28(8): 87-89
- [13] Barker J, Mapson L W. Studies in the respiratory and carbohydrate metabolism of plant tissues. Experimental studies with potato tubers of an inhibition of the respiration and of a 'block' in the tricarboxylic acid cycle induced by 'oxygen poisoning' [J]. *Proc. R. Soc. London Ser. B.*, 1955, 143: 523-549
- [14] Duan Xue-wu, Liu Ting, Zhang Dan-dan, et al. Effect of pure oxygen atmosphere on antioxidant enzyme and antioxidant activity of harvested litchi fruit during storage [J]. *Food Research International*, 2011, 44: 1905-1911