

气调对西兰花贮藏效果与品质的影响

Effect of controlled atmosphere on preservation and freshness storage of broccoli

黄宇斐^{1,2} 乔勇进² 刘晨霞² 朱忠南³

HUANG Yu-fei^{1,2} QIAO Yong-jing² LIU Chen-xia² ZHU Zhong-nan³

(1. 上海理工大学医疗器械与食品学院, 上海 200093; 2. 上海市农业科学院农产品保鲜加工研究中心, 上海 201403; 3. 上海绿晟实业有限公司, 上海 202156)

(1. University of Shanghai for Science & Technology, Shanghai 200093, China; 2. Shanghai Academy of Agricultural Sciences Agricultural Preservation and Processing Research Center, Shanghai 201403, China; 3. Shanghai Lv Sheng Industrial Limited Company, Shanghai 202156, China)

摘要:在(0.0±0.5) °C条件下, 研究不同比例的 O₂ 和 CO₂ 气体处理(10% CO₂ + 10% O₂, 10% CO₂ + 5% O₂, 5% CO₂ + 10% O₂ 和 5% CO₂ + 5% O₂) 对寒秀西兰花贮藏品质的影响。结果表明: 气调冷藏能较好地保持西兰花的水分、可溶性固形物、V_C 及叶绿素的含量, 有效抑制丙二醛的增加, 降低了 PPO 酶活性并维持了 POD 酶活性, 保持了西兰花贮藏期的品质, 延缓其衰老进程。在供试的 4 种气体条件中, 10% CO₂ + 5% O₂ 处理效果最佳, 表明较高 CO₂ 含量与较低 O₂ 含量有利于西兰花的保鲜。

关键词: 西兰花; 气调; 氧气; 二氧化碳; 保鲜

Abstract: This research studied the effect of O₂/CO₂ controlled atmosphere on quality indicators in the "Hanxiu" broccoli in (0.0±0.5) °C. The results showed that the O₂/CO₂ controlled atmosphere could keep the water content, the soluble solids content, V_C content and chlorophyll content of broccoli, and effectively restrain the increase of the malondialdehyde content. Meanwhile, it also decreased the activity of PPO, maintained the activity of POD. It was concluded that O₂/CO₂ controlled atmosphere could keep the quality of broccoli during the period of storage, and delay the aging rate. In the four gas conditions of experiments, the 10% CO₂ + 5% O₂ had the best processing effect to the fresh-keeping of broccoli, and showed that the high CO₂ content and low O₂ content of 10% CO₂ + 10% O₂ would be better for the broccoli preservation.

Keywords: broccoli; controlled atmosphere; oxygen; carbon dioxide; preservation

基金项目: 上海市科技兴农重点攻关项目(编号: 沪农科推字[2015]第 5-2 号); 上海市农产品保鲜加工专业技术服务平台项目(编号: 14DZ2293900)

作者简介: 黄宇斐, 女, 上海理工大学在读硕士研究生。

通信作者: 乔勇进(1967—), 男, 上海市农业科学院研究员, 博士。

E-mail: yjqiao2002@126.com

收稿日期: 2017-05-11

de; preservation

西兰花(*Brassica oleracea* L.) 含有丰富的维生素、类黄酮及多种抗氧化物质等营养成分, 被誉为“蔬菜皇冠”, 深受消费者青睐, 它也是中国出口蔬菜主要种类之一^[1]。西兰花采后呼吸代谢十分旺盛, 极易出现黄化退绿、花球变软、褐变、衰老、腐烂以及品质劣变等问题, 造成营养成分损失、功能下降, 严重影响其营养和商品价值^[2-3]。因此, 研究西兰花贮藏保鲜技术已成为其生产流通中亟待解决的问题, 在增加其经济效益中极具重要意义。

近年来, 国内外对西兰花的保鲜进行了大量研究。Mauro A. Perini 等^[4] 研究发现热处理西兰花茎部, 可较好地保持西兰花的含水量, 减少西兰花组织中多酚的积累, 延缓西兰花衰老; Feng Xu 等^[5] 采用蔗糖处理西兰花, 延缓了西兰花的黄化并增强了其抗氧化能力, 延长了西兰花的贮藏期; 范新光^[6] 采用 1.5 kPa 低压处理鲜切西兰花, 降低了贮藏后期西兰花丙二醛的积累, 延缓了 V_C 含量的降解, 保持了较高的硬度和咀嚼性。但是近年来国内外对于气调贮藏西兰花的研究较少, 且试验^[7-8] 中 O₂ 和 CO₂ 含量多数高达 20% 以上, 难于推广使用。

气调贮藏是根据不同果蔬的生理特点, 通过调节贮藏环境中的气体浓度比例, 达到降低果蔬呼吸强度, 延缓其衰老, 从而延长果蔬贮藏寿命的一种保鲜技术。该技术具有保藏效果好、贮藏时间长、损耗小、安全无污染等优点^[9], 已被广泛运用于桃^[10]、芦笋^[11]、四季豆^[12]、冬枣^[13] 等果蔬的保鲜贮藏中。本试验拟在(0±0.5) °C 低温下, 分别采用不同的 CO₂ (5%, 10%) 和 O₂ (5%, 10%) 的气体组合进行试验, 以期得出比较理想的气体组分指标, 为西兰花的气调贮藏提供技术参数。

1 材料与方 法

1.1 材料与试剂

西兰花:寒秀,上海绿晟实业有限公司。采收时选取花球直径为(16±2) cm、花球紧密、各小花蕾尚未松开的鲜绿色花球,且保留花球下部花茎5~7 cm,采收后迅速运回上海市农业科学院农产品保鲜加工研究中心,4℃预冷24 h后,选取形态一致、无机械伤、无病虫害的西兰花进行气调处理;

95%乙醇、草酸溶液、抗坏血酸、2,6-二氯酚靛蓝、石英砂、碳酸钙粉、丙酮、三氯乙酸、硫代巴比妥酸、冰醋酸、乙酸钠、聚乙二醇、邻苯二酚、聚乙烯吡咯烷酮、Triton X-100、愈创木酚、30% H₂O₂:均为分析纯。

1.2 仪器与设备

气调保鲜试验箱:YS-XCAB/型,杭州屹石科技有限公司;

型低温冰箱:KK29E18TI型,德国 Siemens 公司;

手持折光仪:N1-α型,日本 Atago 科学仪器有限公司;

台式高速离心机:H1850R型,湖南湘仪实验室仪器开发有限公司;

紫外分光光度计:Ultrospec 3300pro型,美国安玛西亚公司;

电子天平:BP 301S型,德国赛多利斯集团;

电热恒温鼓风干燥箱:DHG-9240A型,上海一恒科技有限公司。

1.3 试验设计

在(0.0±0.5)℃的条件下,将预冷后的西兰花分别放入4个21 cm×22 cm×29 cm的气调箱内,并分别持续通入不同比例的O₂和CO₂(10% CO₂+10% O₂、10% CO₂+5% O₂、5% CO₂+10% O₂和5% CO₂+5% O₂),以空气作为对照组(CK)。将预冷后的西兰花分为5组处理,每次每组处理选用3个西兰花,每相隔7 d测定相应的指标,每个指标重复测定3次。

1.4 测定指标和方法

1.4.1 含水量的测定 将打磨成浆的西兰花放入已知质量的称量皿中,称重得到鲜重,于105℃烘箱内烘至恒重。取出,放入干燥器中冷却至室温,称重,重复3次。果蔬组织的含水量按式(1)计算^[12]:

$$M = \frac{m_v - m_d}{m_v} \times 100\% , \quad (1)$$

式中:

M——果蔬组织含水量,%;

m_v——西兰花鲜重,g;

m_d——西兰花干重,g。

1.4.2 可溶性固形物的测定 每次测量前用去离子水将手持折光仪调零,将果实样品研磨成浆后,用纱布过滤,取1滴滤液于折光仪遮光镜面进行测定^{[14] 24-26};

1.4.3 叶绿素a、叶绿素b及叶绿素总量的测定 参照文献^{[14] 32-34}。

1.4.4 还原型抗坏血酸含量的测定 采用2,6-二氯酚靛蓝

滴定^{[14] 34}。

1.4.5 丙二醛(MDA)的测定 采用硫代巴比妥酸(TBA)法^{[14] 154-155}。

1.4.6 多酚氧化酶(PPO)活性的测定 采用邻苯二酚法^{[14] 103-105}。

1.4.7 过氧化物酶(POD)活性的测定 采用愈创木酚法^{[14] 101-103}。

1.4.8 西兰花黄球率统计 均匀取多个鲜切西兰花,将组织顶端的小花球切下后混匀,计算小球总个数和黄球个数,按式(2)计算黄球率^[15]。

$$c = \frac{m_1}{m_2} \times 100\% , \quad (2)$$

式中:

c——黄球率,%;

m₁——黄球数,个;

m₂——总个数,个。

1.5 数据处理

采用 Excel 分析整理数据,并用 Origin 8.0 进行作图,用 SPSS 软件进行差异显著性分析。

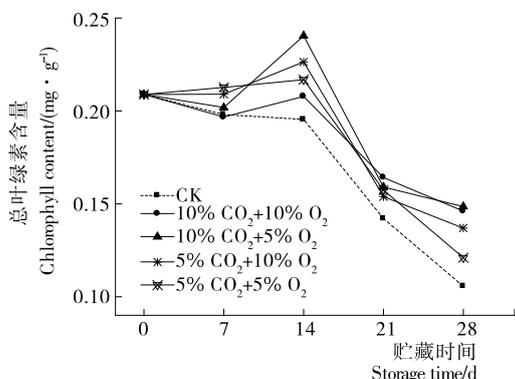
2 结果与分析

2.1 O₂/CO₂气调对西兰花叶绿素含量的影响

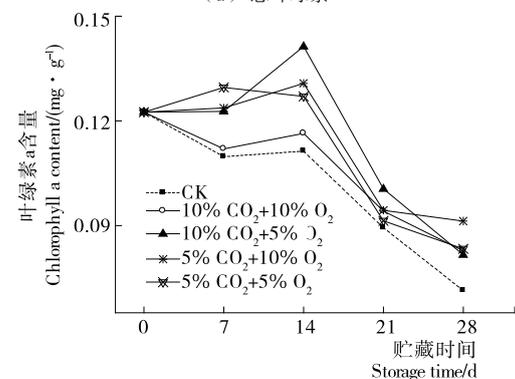
叶绿素是西兰花呈现绿色的主要物质,随着叶绿素含量的下降,西兰花逐渐黄化。保持较高的叶绿素含量,能够有效抑制西兰花黄化,延缓西兰花衰老,延长其贮藏期。由图1(a)可知,整个西兰花的贮藏期,总叶绿素含量呈先升高再下降的趋势,贮藏14 d时,叶绿素含量达到峰值,各处理组的叶绿素含量由高到低排序为10% CO₂+5% O₂、5% CO₂+10% O₂、5% CO₂+5% O₂、10% CO₂+10% O₂,其中峰值最高为10% CO₂+5% O₂处理组(0.24 mg/g),而对照组的叶绿素含量最低(0.20 mg/g)。在贮藏后期,总叶绿素含量逐渐降低,与初始值相比,对照组在28 d内下降了49.36%,下降最快,而10% CO₂+10% O₂、10% CO₂+5% O₂、5% CO₂+10% O₂和5% CO₂+5% O₂处理组在28 d内分别下降了30.06%、28.85%、34.40%、42.05%。试验结果表明,O₂/CO₂气调能够有效抑制西兰花叶绿素的降解,其中10% CO₂+5% O₂处理组的抑制效果最佳。

由图1可知,叶绿素a、叶绿素b含量的变化趋势与总叶绿素含量的相似,呈先上升再下降的趋势。但叶绿素a与叶绿素b的变化稍有不同,贮藏14~21 d时,10% CO₂+5% O₂处理组的叶绿素a含量优于其它处理组,但贮藏的后期,5% CO₂+10% O₂处理组的叶绿素a含量为最多。贮藏28 d时,10% CO₂+10% O₂处理组的叶绿素b含量显著多于其它处理组(P<0.05)。

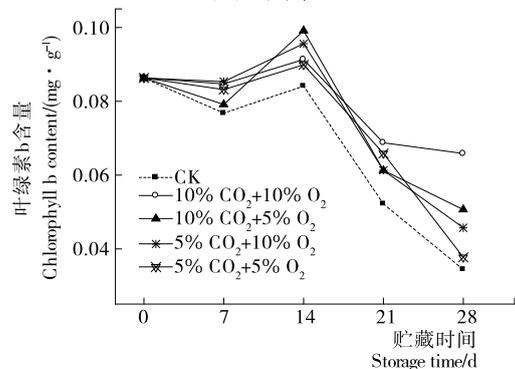
西兰花贮藏过程中逐渐出现的黄化现象,主要是叶绿素不断降解所致。本试验中,随着贮藏天数的延长,黄球率逐渐上升,前期上升较缓慢,贮藏至第14天时,黄球率上升速率加快,与叶绿素含量在贮藏的第14天时加速下降相对应,与李玲^[8]、吕凤艳^[16]等采用气调贮藏西兰花后发现,O₂含量



(a) 总叶绿素



(b) 叶绿素a



(c) 叶绿素b

图 1 O_2/CO_2 气调对西兰花总叶绿素、叶绿素 a、叶绿素 b 含量的影响

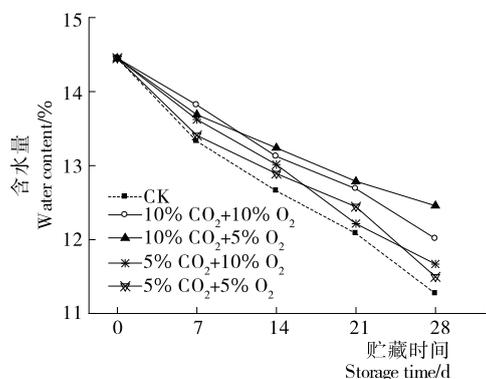
Figure 1 Effects of O_2/CO_2 controlled atmosphere on chlorophyll content, chlorophyll a content and chlorophyll b content of broccoli

过高,会导致西兰花黄球率的上升,而增加 CO_2 含量,会降低西兰花黄化速率的结论一致。较高 CO_2 与较低 O_2 含量的 $10\% CO_2 + 5\% O_2$ 处理组对抑制西兰花叶绿素含量的下降有较好效果。

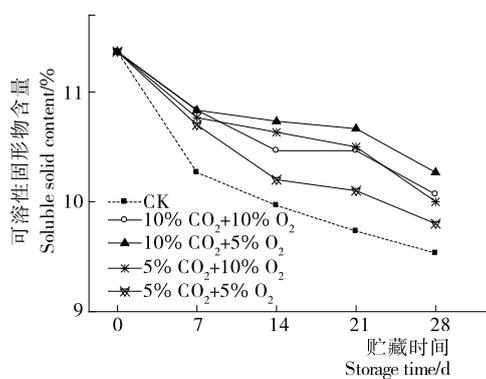
2.2 O_2/CO_2 气调对西兰花生理品质的影响

含水量、可溶性固形物和还原型抗坏血酸含量等生理品质指标与西兰花的风味、口感和营养关系密切,对西兰花的商品价值有较大的影响。

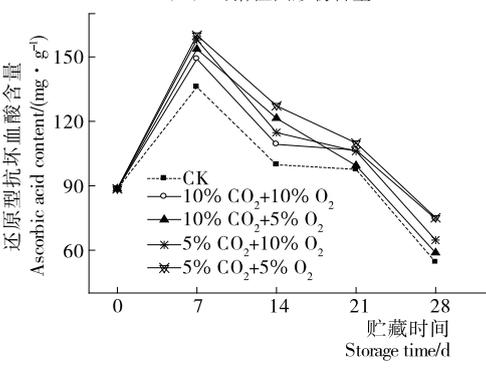
由图 2(a)可知,随着贮藏时间的延长,西兰花的含水量逐渐下降,其中对照组的含水量低于各处理组,贮藏至 14 d 时, $10\% CO_2 + 5\% O_2$ 处理组西兰花的水分损失速率开始减缓,并显著优于其它处理组。试验表明, O_2/CO_2 气调处理能



(a) 含水量



(b) 可溶性固形物含量



(c) 还原型抗坏血酸含量

图 2 O_2/CO_2 气调对西兰花含水量、可溶性固形物含量、还原型抗坏血酸含量的影响

Figure 2 Effects of O_2/CO_2 controlled atmosphere on water content, soluble solid content and reduced ascorbic acid content of broccoli

有效抑制西兰花水分的损失,对保持西兰花的品质、口感有重要意义。在贮藏中后期, $10\% CO_2 + 5\% O_2$ 处理对西兰花含水量的保持作用最佳。

果蔬中的可溶性固形物包括有机酸、可溶性糖、可溶性蛋白质等物质,大多数为果蔬生理代谢的基础物质,是果蔬的重要营养指标。由图 2(b)可知,整个贮藏过程,可溶性固形物含量在逐渐下降,其中对照组的可溶性固形物含量低于各处理组,表明 O_2/CO_2 气调处理能有效抑制西兰花可溶性固形物含量的损失。而 $10\% CO_2 + 5\% O_2$ 在整个贮藏过程,可溶性固形物含量一直高于其它各处理组,表明 $10\% CO_2 + 5\% O_2$ 处理组对抑制西兰花贮藏过程中可溶性固形物含量的减少有显著作用 ($P < 0.05$)。

由图 2(c)可知,随着西兰花的成熟,还原型抗坏血酸含量呈现出先增加后下降的趋势,贮藏 7 d 时,西兰花的还原型抗坏血酸含量达到了峰值,其中 5% CO₂+5% O₂ 处理组为 160.08 mg/g,是峰值最高,高于对照组 17.8%。其它处理组 10% CO₂+10% O₂、10% CO₂+5% O₂、5% CO₂+10% O₂ 分别比对照组高 8.8%,11.5%,13.9%。整个贮藏期,对照组的抗坏血酸含量低于各处理组,其中 5% CO₂+5% O₂ 处理组相比于其它处理组,能够保持较高的抗坏血酸含量。

对于西兰花的各项生理品质指标,各处理组均优于对照组,表明 O₂/CO₂ 气调处理能有效保持西兰花的风味、口感和营养品质,延缓西兰花的衰老,延长其贮藏期。其中 10% CO₂+5% O₂ 处理组能较好地保持西兰花的含水量和可溶性固形物含量,而 5% CO₂+5% O₂ 处理组能较好地维持西兰花的还原性抗坏血酸含量。

2.3 O₂/CO₂ 气调对西兰花丙二醛(MDA)含量的影响

细胞膜脂质中不饱和脂肪酸的氧化与分解是细胞膜损伤的主要原因。丙二醛是膜脂过氧化作用的主要产物之一,可反映细胞膜脂氧化的程度,其含量的高低可作为果蔬贮藏保鲜效果的有效评价指标。由图 3 可知,西兰花细胞丙二醛含量在贮藏过程中呈上升趋势,10% CO₂+5% O₂ 处理组在整个贮藏期间丙二醛含量均处于较低水平,而对照组则高于各处理组,至第 28 天,10% CO₂+10% O₂、10% CO₂+5% O₂、5% CO₂+10% O₂ 和 5% CO₂+5% O₂ 处理组与对照组相比分别降低了 7.62%,22.82%,19.96%,16.14%。试验表明,O₂/CO₂ 气调有效抑制了西兰花贮藏过程中的膜脂过氧化损伤,延长了西兰花的贮藏期。

2.4 O₂/CO₂ 气调对西兰花 PPO 酶和 POD 酶活性的影响

PPO 是重要的氧化酶,在果蔬酚类化合物的代谢中发挥重要作用。PPO 酶可以氧化内源性酚类物质发生酶促褐变,加速果蔬的衰老,因此抑制 PPO 酶活性能延缓果蔬的衰老,延长其贮藏期^[8]。由图 4(a)可知,在整个贮藏期间,PPO 酶活性逐渐上升,其中对照组的 PPO 酶活性高于各处理组,表明 O₂/CO₂ 气调能有效抑制 PPO 酶活性。贮藏 28 d 时,10% CO₂+10% O₂、10% CO₂+5% O₂、5% CO₂+10% O₂ 和 5% CO₂+5% O₂ 处理组的 PPO 酶活性与对照组

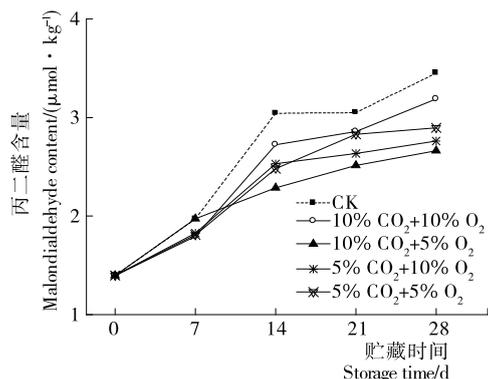


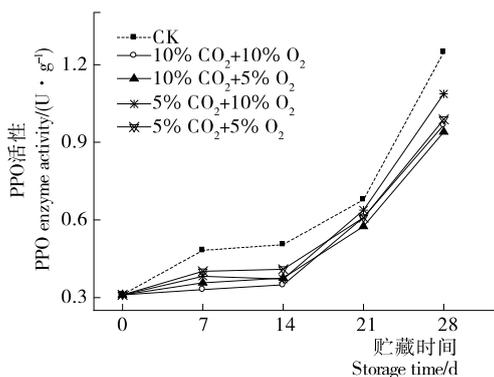
图 3 O₂/CO₂ 气调对西兰花丙二醛含量的影响

Figure 3 Effects of O₂/CO₂ controlled atmosphere on of malondialdehyde (MDA) of content

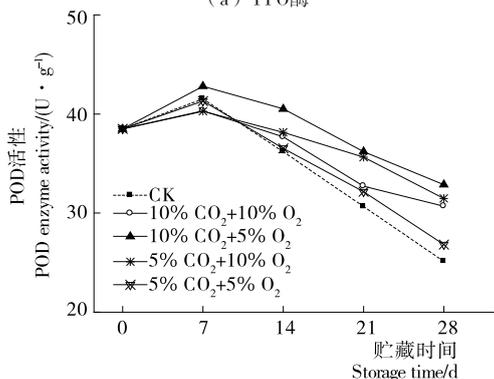
相比,分别降低了 28.9%,33.0%,12.8%,20.8%,其中 10% CO₂+5% O₂ 处理组的 PPO 酶活性最低。

POD 酶作为一种抗氧化酶,能够清除植物组织中的活性氧自由基(ROS),可以减少 ROS 的积累,降低氧化损伤,延缓细胞膜脂过氧化,延缓果蔬采后衰老的进程^[17-18]。由图 4(b)可知,在整个贮藏期间,西兰花的 POD 酶活性缓慢上升后下降,第 7 天达到峰值,其中 10% CO₂+5% O₂ 处理组为峰值最高,而后各组均下降,对照组下降值最大。在贮藏的中后期,对照组 POD 酶活性低于各处理组,而 10% CO₂+5% O₂ 处理组显著优于其它处理组(P<0.05)。

以上各组处理表明,O₂/CO₂ 气调对 PPO 酶的活性有一定的抑制作用,同时能有效维持西兰花 POD 酶的较高活性,其中 10% CO₂+5% O₂ 处理组的效果最佳,对抑制 PPO 酶活性和保持 POD 酶活性都有较好的作用,能够促进西兰花抗氧化活性的增高,延缓其衰老。PPO 和 POD 2 种酶的活性变化反映了西兰花的衰老程度^[19]。随着贮藏时间的延长,西兰花逐渐衰老,其细胞膜结构会受损,透性增大^[20-21]。膜脂过氧化作用产生二烯酮化合物^[22-24],其中 MDA 含量增加(见图 3),抗氧化系统活性受到破坏,POD 酶活性降低[见图 4(b)]。吕凤艳等^[7]通过研究气调处理对西兰花保鲜的后续效应,认为 O₂ 比例过高,则造成西兰花生理活动加快,促使营养物质迅速消耗,加快衰老,而气调中 CO₂ 可抑制西兰花呼吸并降低其生理活动。与本试验结果相符,10% CO₂+5% O₂



(a) PPO 酶



(b) POD 酶

图 4 O₂/CO₂ 气调对西兰花 PPO 酶、POD 酶活性含量的影响

Figure 4 Effects of O₂/CO₂ controlled atmosphere on of PPO enzyme and POD enzyme activity of broccoli

5% O₂处理组对抑制西兰花 MDA 含量、PPO 酶活性和提高 POD 酶活性有显著效果。

2.5 O₂/CO₂气调对西兰花黄球率的影响

西兰花的黄球率是根据西兰花的黄化程度得出,该指标对于西兰花的食用性和商品性有很大的参考价值。由图 5 可知,在贮藏前期,对照组的黄球率与处理组差异不明显,至贮藏 14 d 后,西兰花的黄球率开始加速上升,其中对照组上升速率最快,并高于各处理组,试验表明,O₂/CO₂气调对减少西兰花黄球率有明显效果。贮藏至 28 d 时,10% CO₂+10% O₂、10% CO₂+5% O₂、5% CO₂+10% O₂ 和 5% CO₂+5% O₂ 各处理组的黄球率分别为 12.72%,8.46%,11.39%,13.29%,而对照组则为 15.71%。与各处理组相比,10% CO₂+5% O₂ 处理组西兰花黄球率最低。

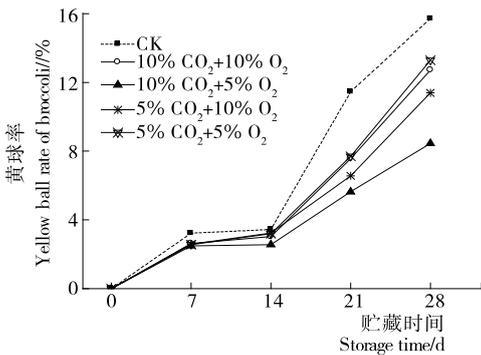


图 5 O₂/CO₂气调对西兰花黄球率的影响

Figure 5 Effects of O₂/CO₂ controlled atmosphere on of the yellow ball rate of broccoli

3 结论

本试验采用了不同的 CO₂ (5%, 10%) 和 O₂ (5%, 10%) 的气体组合,研究了 O₂/CO₂气调对西兰花保鲜效果与品质的影响。综合评定指标可见,10% CO₂+5% O₂处理组对西兰花保鲜贮藏的效果最佳,能较好地保持西兰花的水分、可溶性固形物、Vc 及叶绿素的含量,有效抑制丙二醛含量的增加,降低了 PPO 酶活性和维持了 POD 酶活性,同时能较好地保持西兰花的口感、色泽和营养价值,降低黄球率,有效延缓衰老,延长贮藏期,提高商品价值。通过试验可以得出 O₂ 或 CO₂ 含量过高都会对西兰花的贮藏品质造成不利影响,有研究^[15]指出,O₂ 比例过高会使西兰花生理活动加快,加促西兰花的黄化,O₂ 比例过低会使西兰花进行无氧呼吸生成乙醛、乙醇。CO₂ 浓度过高则会导致西兰花发生 CO₂ 伤害,使西兰花组织受损,促进西兰花的腐烂。在(0±0.5) °C 低温下,贮藏西兰花较适宜的气体比例为 10% CO₂+5% O₂。在气调贮藏西兰花时,西兰花更为深层的衰老机制仍待进一步研究。

参考文献

[1] 孙志文, 吕凤艳, 郭衍银, 等. O₂/CO₂气调中 CO₂对西兰花叶绿素降解及保鲜作用[J]. 食品科学, 2016, 37(18): 313-317.

[2] 张怡, 关文强, 张娜, 等. 温度对西兰花抗氧化活性及其品质指标影响[J]. 食品研究与开发, 2011, 32(8): 156-161.

[3] 李玲, 陈东, 郭衍银, 等. 10 °C 下 O₂ 联合 CO₂ 气调对西兰花生理生化及保鲜效果的影响[J]. 西北农业学报, 2013, 22(9): 150-156.

[4] MA Perini, IN Sin, AMR Jara, et al. Hot water treatments performed in the base of the broccoli stem reduce postharvest senescence of broccoli (*Brassica oleracea*, L. Var italica) heads stored at 20 °C [J]. LWT-Food Science and Technology, 2017, 77: 314-322.

[5] XUA Feng, TANG Yue-chang, DONG Shuan-quan, et al. Reducing yellowing and enhancing antioxidant capacity of broccoli in storage by sucrose treatment [J]. Postharvest Biology & Technology, 2016, 112: 39-45.

[6] 范新光. 鲜切西兰花减压冷藏保鲜技术与货架期预测模型的研究[D]. 烟台: 烟台大学, 2014: 30-32.

[7] 吕凤艳, 王亮, 郭衍银, 等. O₂/CO₂气调对西兰花保鲜的后续效应[J/OL]. 食品科学[2017-03-05]. <http://www.cnki.net/kcms/detail/11.2206.TS.20161213.1637.006.html>.

[8] 李玲. O₂/CO₂气调对西兰花保鲜效果的影响[D]. 淄博: 山东理工大学, 2014: 40.

[9] 梁洁玉, 朱丹实, 冯叙桥, 等. 果蔬气调贮藏保鲜技术研究现状与展望[J]. 食品安全质量检测学报, 2013(6): 1 617-1 625.

[10] 田世平, 徐勇, 姜爱丽, 等. 冬雪蜜桃在气调贮藏期间品质及相关酶活性的变化[J]. 中国农业科学, 2001, 34(6): 656-661.

[11] MCKENZIE M J, GREER L A, HEYES J A, et al. Sugar metabolism and compartmentation in asparagus and broccoli during controlled atmosphere storage[J]. Postharvest Biology & Technology, 2004, 32(1): 45-56.

[12] 王利斌, 姜丽, 石韵, 等. 气调贮藏对四季豆生理生化特性的影响[J]. 食品科学, 2013, 34(8): 289-293.

[13] 韩冰, 王文生, 石志平. 气调贮藏对冬枣采后生理生化变化的影响[J]. 中国农业科学, 2006, 39(11): 2 379-2 383.

[14] 曹建康, 姜微波, 赵玉梅, 等. 果蔬采后生理生化实验指导[M]. 北京: 中国轻工业出版社, 2007.

[15] 魏文毅. ‘八月脆’桃保鲜过程中相关生理变化的研究[D]. 咸阳: 西北农林科技大学, 2004: 21-22.

[16] 吕凤艳, 郭衍银, 王兆全. 西兰花气调保鲜过程中 O₂ 缓解 CO₂ 伤害的研究[J]. 北方园艺, 2016(13): 132-136.

[17] ZHANG Zheng-ke, ZHANG Yu, HUBER D J, et al. Changes in Prooxidant and Antioxidant Enzymes and Reduction of Chilling Injury Symptoms during Low-temperature Storage of ‘Fuyu’ Persimmon Treated with 1-Methylcyclopropene [J]. Hortscience A Publication of the American Society for Horticultural Science, 2010, 45(11): 1 713-1 718.

[18] CHEN Yi-hui, LIN He-tong, SHI John, et al. Effects of a feasible 1-methylcyclopropene postharvest treatment on senescence and quality maintenance of harvested Huanghua pears during storage at ambient temperature [J]. Lebensmittel-Wissenschaft und-Technologie, 2015, 64(1): 6-13.

[19] 李文香, 樊铭聪, 孙亚男, 等. 微真空贮藏延缓西兰花采后衰老与黄化的机制[J]. 中国农学通报, 2015, 31(14): 119-125.

(下转第 200 页)

丝束规格尚未在中国应用试验。为考察不同规格醋纤丝束的适宜成型滤棒压降范围,绘制了 6 种醋纤丝束成型能力特性曲线,在此基础上,选取 3 种典型规格醋纤丝束,在其成型能力范围内将不同规格醋纤丝束成型为目标压降中细支滤棒,卷接为中细支卷烟,考察不同规格醋纤中细支滤棒对卷烟主流烟气的过滤效率。结果表明:① 所选取 6 种不同规格醋纤丝束的成型能力特性曲线存在明显差异,可成型滤棒压降范围为 2 170~5 880 Pa,且总趋势为高单旦、低总旦规格醋纤丝束适宜成型低压降中细支滤棒;② 所成型目标压降滤棒烟碱过滤效率为 22.0%~27.0%,同一规格醋纤丝束,随着滤棒压降升高,滤嘴对卷烟主流烟气烟碱的过滤效率随之升高,且总趋势为高单旦、低总旦醋纤丝束更宜于成型低过滤效率中细支滤棒。本试验重点研究了不同规格中细支卷烟用醋纤丝束的成型及过滤能力,填补了其他文献尚未报道的中细支醋纤丝束应用性能研究空白。在实际卷烟产品设计中,可根据本试验结果,选择不同规格丝束成型适宜压降滤棒,达到适宜的主流烟气过滤效率。对于卷烟香气成分的影响,在后续工作中有待进一步的深入研究。

参考文献

[1] 张淑洁, 司祥平, 陈响, 等. 醋酸纤维的性能及应用[J]. 天津工业大学学报, 2015(2): 38-42.

- [2] 常纪恒, 阮晓明, 赵荣, 等. 滤棒物性参数之间的相关关系[J]. 烟草科技, 2003(10): 9-12.
- [3] 刘镇, 林建, 盛培秀. 醋纤滤嘴设计中丝束规格选择的技术研究[J]. 烟草科技, 2001(9): 6-8.
- [4] CHRISTOPHER M. Bundren, products of high denier per filament and low total denier tow bands; USA, 0128964A1US[P]. 2015-05-14.
- [5] 魏玉玲, 徐金和, 廖臻, 等. 卷烟材料多因素对卷烟通风率及过滤效率的影响[J]. 烟草科技, 2008(11): 9-13.
- [6] 戴永生. 用低线密度丝束生产细圆周滤棒研究[J]. 烟草科技, 2002(6): 6-8.
- [7] 常纪恒, 赵荣, 余振华, 等. 滤棒成型工艺参数与质量稳定性的关系[J]. 烟草科技, 2007(1): 5-9.
- [8] 李钰靓, 朱立明, 钱永安, 等. 滤棒防差错监控系统的设计[J]. 食品与机械, 2016, 32(9): 84-87, 182.
- [9] 董丽艳. AF2/KDF2 滤棒成型机组三醋酸甘油酯雾化施加系统改造[J]. 烟草科技, 2011(8): 18-20, 47.
- [10] 魏步建, 李清华, 常纪恒, 等. 滤棒成型工艺参数优化研究[J]. 烟草科技, 2007(10): 14-17.
- [11] 魏瑞广, 张小杭, 廖艳培. KDF2 滤棒成型机设备参数研究[J]. 装备制造技术, 2013(6): 168-170.
- [12] 王海妮. 滤棒成型工艺参数与质量稳定性的相关性[J]. 科技传播, 2012(6): 68.

(上接第 158 页)

- [12] 游瑞云, 黄雅卿, 郑珊瑜, 等. 大孔树脂纯化茶皂素的工艺研究[J]. 应用化工, 2016(1): 64-66, 70.
- [13] 刘红梅, 周新跃, 周建平, 等. 油茶皂素定量分析的研究[J]. 生命科学仪器, 2008, 6(10): 13-16.
- [14] 王延芳. 油茶皂素及其水解产物的分离及降血脂抗氧化活性研究[D]. 广州: 华南理工大学, 2012: 57-58.
- [15] 赵丽. 油茶枯中抑菌物质的提取及其抑菌活性研究[D]. 广州: 仲恺农业工程学院, 2015: 25-27.
- [16] 苏鹤, 杨瑞金, 赵伟, 等. 紫薯花色苷的超滤和树脂联用纯化工艺[J]. 食品工业科技, 2016(10): 268-272.
- [17] 孙国金, 叶春林, 余勤. D101 型大孔树脂纯化茶皂素的研究[J]. 食品科技, 2011, 36(3): 206-208.
- [18] 孟维, 李湘洲, 吴志平, 等. AB-8 型大孔吸附树脂分离纯化茶皂素工艺[J]. 食品科技, 2013(9): 213-217.

- [19] 娄嵩, 刘永峰, 白清清, 等. 大孔吸附树脂的吸附机理[J]. 化学进展, 2012(8): 1 427-1 436.
- [20] 欧阳玉祝, 张辞海, 魏燕. 大孔树脂对倍花单宁酸的吸附特性及其动力学模型[J]. 食品科学, 2013(11): 122-125.
- [21] 孙君辉, 孟秀芬. 大孔树脂的应用及其提取纯化中药有效成分的影响因素[J]. 山东商业职业技术学院学报, 2008(6): 94-96.
- [22] 米聪. 紫薯中花色苷的提取纯化及稳定性研究[D]. 厦门: 集美大学, 2014: 36-37.
- [23] 彭青, 李晓刚, 刘亚明. 大孔吸附树脂研究进展[J]. 实用中医药杂志, 2013(5): 409-412.
- [24] 程文娟, 谢海荣, 秦永, 等. 膜分离与大孔树脂联用技术纯化茶皂素[J]. 食品与机械, 2015, 31(4): 172-177.
- [25] 王兰. 茶籽粕中茶皂素的提取及性质表征[D]. 西安: 陕西科技大学, 2012: 3-5.

(上接第 118 页)

- [20] PERINI M A, SIN I N, JARA A M R, et al. Hot water treatments performed in the base of the broccoli stem reduce post-harvest senescence of broccoli (Brassica oleracea, L. Var italic) heads stored at 20 °C[J]. LWT-Food Science and Technology, 2017, 77: 314-322.
- [21] 范新光, 肖璐, 张振富, 等. 减压冷藏和气调冷藏对鲜切西兰花保鲜效果的比较分析[J]. 食品科学, 2014, 35(2): 277-281.
- [22] LI Ling, LU Feng-yan, GUO Yan-yin, et al. Respiratory path-

way metabolism and energy metabolism associated with senescence in postharvest Broccoli (Brassica oleracea, L. var. italica) florets in response to O₂/CO₂, controlled atmospheres[J]. Postharvest Biology & Technology, 2016, 111: 330-336.

- [23] 乔勇进, 王梦晗, 王凯晨, 等. 酵母多糖处理提高樱桃番茄抗冷性的机制分析[J]. 食品科学, 2016, 37(10): 240-245.
- [24] VEIERSKOV B, HANSEN M. Effects of O₂ and CO₂ partial pressure on senescence of oat leaves and broccoli miniflorets[J]. New Zealand Journal of Crop and Horticultural Science, 1992, 20(2): 153-158.