

文章编号:1671-1513(2012)03-0059-06

# 超高氧高阻隔膜气调包装对鲜切胡萝卜品质的影响

王成<sup>1,2</sup>, 陈于陇<sup>1</sup>, 徐玉娟<sup>1</sup>, 吴继军<sup>1</sup>, 张雁<sup>1</sup>, 刘忠义<sup>2</sup>, 姚锡镇<sup>1</sup>

(1. 广东省农业科学院 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;

2. 湘潭大学 化工学院, 湖南 湘潭 411105)

**摘要:** 高氧气调包装是近年来研究较多的气调包装方式之一. 研究了在不同储藏温度(4, 15, 25 °C)下, 高阻隔膜超高氧气调包装的鲜切胡萝卜品质变化规律(对照空气包装). 结果表明, 超高氧气调包装显著增加了鲜切胡萝卜的失重率、呼吸强度, 同时加速了维生素 C、总胡萝卜素含量的损失, 但能提高多酚类物质含量. 总之, 高阻隔膜超氧气调包装不能有效地维持鲜切胡萝卜的品质.

**关键词:** 超高氧; 气调包装; 鲜切; 胡萝卜品质

**中图分类号:** TS206.6

**文献标志码:** A

鲜切果蔬, 又叫最小加工果蔬, 轻度加工果蔬等, 是指生产的新鲜水果蔬菜, 经过采摘、分拣、清洗、切割、防腐保鲜、包装等处理后, 直接运输到市场销售, 到达消费者手中即可食用的果蔬加工产品, 它最大限度地保持了产品新鲜的口感、风味和营养物质<sup>[1]</sup>. 鲜切果蔬的出现满足了现代人们追求方便、新鲜和高营养食品的需求, 顺应了现代社会快速、环保、健康的生活方式, 具有很大的发展前景. 包装是鲜切果蔬加工的关键技术之一, 包装技术直接关系到鲜切产品的品质. 气调包装是指通过改变包装袋内的气体组成, 使鲜切产品的呼吸作用和生理活动受到抑制, 从而延长储藏期的一种包装方式. 常用的气调包装膜有聚乙烯、聚丙烯、聚氯乙烯及各种复合膜等, 各种膜之间有不同的氧气和二氧化碳透过率, 适合于不同的包装方式和产品, 而这其中对氧气和二氧化碳有高阻隔性的包装膜则鲜有应用报道. 高阻隔性膜一般常用于真空包装的蔬菜制品和肉制品, 其在鲜切蔬菜上的应用效果还是未知. 目前主要的气调包装形式为低氧高二氧化碳, 但这容易引起果蔬产品无氧呼吸, 褐变加重等一系列问题. 而大量文献报道, 初始氧气含量大于 70% 的高氧气调

包装能有效地解决上述问题; 同时高氧状态能有效地抑制呼吸, 延长产品货架期<sup>[2]</sup>. 但是, 超高氧气调包装(初始氧气含量大于 95%)的研究则鲜有报道. 本文以鲜切胡萝卜为实验材料, 选用对氧气和二氧化碳均为高阻隔的复合膜进行包装, 在储藏条件下, 研究包装袋内初始气体条件为超高氧状态时, 包装袋内氧气变化规律, 以及高阻隔膜气调包装对鲜切胡萝卜品质影响的规律, 为后续研究提供参考.

## 1 材料与方法

### 1.1 材料与试剂

胡萝卜购于广州市天河区长湴农贸市场.

维生素 C 标准品、 $\beta$ -胡萝卜素标准品、没食子酸标准品, 美国 Sigma 公司; 丙酮、 $\text{Na}_2\text{CO}_3$ 、甲醇、盐酸、福林-酚试剂、邻苯二胺、草酸、硼酸、乙酸钠、活性炭, 均为分析纯.

### 1.2 仪器与设备

气调包装机, 包装盒, 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 6.917 0

收稿日期: 2011-11-08

基金项目: 2009 粤港招标关键领域重点突破招标项目(2009498D23); 广东省科技计划项目(2009B020311008); 广州市科技计划项目(2010Z1-E201); 广东省现代农业产业技术体系“特色蔬菜产业创新团队岗位专家及综合示范与培训站长建设任务”.

作者简介: 王成, 男, 硕士研究生, 研究方向为农产品加工与保鲜;

姚锡镇, 男, 研究员, 主要从事农产品加工方面的研究. 通讯作者.

mL/(24 h·m<sup>2</sup>·kPa)(25℃,0%RH);透湿度为20 g/(24 h·m<sup>2</sup>)(30℃,90%RH)],上海炬钢机械制造有限公司;电子天平;Checkmate 9900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;岛津UV-1800型紫外-可见分光光度计,日本岛津公司;离心机;真空泵;脱水机等。

### 1.3 实验方法

#### 1.3.1 原材料预处理

选择粗细均匀、表面光滑、无外伤的新鲜胡萝卜(品种为新黑田),清洗后切成厚度约5 mm的胡萝卜片,再次清洗至洗涤水无色;将清洗后的胡萝卜片用质量浓度为200 mg/L的维果灵溶液杀菌5 min,然后用脱水机去掉表面水分,在无菌条件下分装到包装盒中(150 g/盒),用气调包装机包装;实验组包装气体为超高氧气(氧气含量大于95%)。对照组(空气包装)初始包装气体为空气,其他条件与实验组完全相同。将包装好的鲜切胡萝卜分别放入4,15,25℃条件下储藏,每个处理设3个重复,定期测定相关指标的变化。

#### 1.3.2 包装袋内O<sub>2</sub>/CO<sub>2</sub>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O<sub>2</sub>/CO<sub>2</sub>含量,需将包装盒充分振荡,使盒内气体分布均匀,每个样品测量5次取平均值。

#### 1.3.3 失重率的测定

采用称量法:用初始重量减去每次称得的重量,两者之差与原始重量的比值即为产品的失重率。

$$\text{失重率} = (M_1 - M_i) / M_1 \times 100\% \quad (1)$$

式(1)中: $M_1$ 为样品原始重量,g; $M_i$ 为样品真空预冷处理后或储藏期间的重量,g。

#### 1.3.4 呼吸强度的测定

呼吸强度测定参考Kader的封闭法<sup>[3]</sup>,并做适当修改。用手持式红外线二氧化碳分析仪测定空白的1000 mL三角瓶中的CO<sub>2</sub>含量 $V_0$ ,然后将50 g鲜切胡萝卜样品密封放入已知体积的三角瓶,放置于储藏条件下,1 h后将三角瓶充分混摇,立即测量三角瓶中CO<sub>2</sub>含量 $V_1$ ,则 $V_1 - V_0$ 为增加的CO<sub>2</sub>含量。呼吸强度用CO<sub>2</sub>的增量表示,单位是mg/(kg·h)。

#### 1.3.5 维生素C含量的测定

维生素C含量的测定参考AOAC<sup>[4]</sup>的方法,并加以修改。取样时,将50 g鲜切胡萝卜与50 mL浓度为1%的草酸充分匀浆,抽滤后取滤液10 mL加入0.8 g处理后的活性炭,充分振荡氧化,10 min后

过滤,分别取1 mL滤液加入A管(样品)、B管(空白)。在A、B管中分别加入1 mL的乙酸钠溶液和1 mL的硼酸-乙酸钠溶液,混匀后避光放置20 min,然后向A、B管各加入1 mL的邻苯二胺溶液,混匀后避光反应40 min,然后用荧光分光光度计分别测量A、B管的荧光强度(激发波长355 nm、发射波长455 nm,狭缝宽度5 nm),A管减B管的荧光强度即为样品的荧光强度。用维生素C标准品绘制标准曲线,维生素C含量用mg/100 g表示。

#### 1.3.6 总胡萝卜素和总酚含量的测定

总胡萝卜素和总酚的测定分别参考耿三省等<sup>[5]</sup>和Julkunen-titto<sup>[6]</sup>的方法,并加以修改。总胡萝卜素含量测定方法为:将50 g新鲜胡萝卜加50 mL蒸馏水充分匀浆,取4 g匀浆加入50 mL丙酮中,避光充分震荡提取3h至胡萝卜完全脱色,取5 mL丙酮提取液离心,测量452 nm处吸光度变化,用β-胡萝卜素标准品绘制标准曲线,单位为mg/100 g。总酚的测定为:取上述匀浆5 g加入到15 mL酸化甲醇中超声提取1h,取5 mL上清液离心后用福林-酚试剂测定总酚的含量,总酚含量用mg/100 g表示。

## 2 结果与分析

### 2.1 包装袋内O<sub>2</sub>/CO<sub>2</sub>含量的变化

胡萝卜切分后其生理活动加强,新陈代谢加快,包装盒内气体成分处在不断变化之中,包装盒内O<sub>2</sub>/CO<sub>2</sub>含量的变化见图1。结果表明,无论是空气包装还是超高氧气调包装,O<sub>2</sub>含量都被迅速消耗,而CO<sub>2</sub>含量迅速增加;且在4℃下储藏8 d和15℃下储藏6 d时,超高氧包装袋内的CO<sub>2</sub>含量均已经超过90%,而O<sub>2</sub>含量极低。说明包装盒内氧气消耗迅速,且得不到有效补充,鲜切胡萝卜已完全处在无氧呼吸状态。气调包装的理想状态应该是在储藏期内达到一种平衡,即被包装产品本身的呼吸速率和包装膜与外界气体交换的速率相似,使产品处于一种低呼吸强度的状态,包装袋内气体成分变化缓慢。在5℃高氧包装条件下,Odriozola-Serrano等<sup>[7]</sup>发现,鲜切草莓在储藏后期(11~21 d)基本达到了平衡的状态,氧气含量恒定在40%左右,二氧化碳则仅从42%增加到46%。本实验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透过率较差,导致包装盒内气体不能及时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.

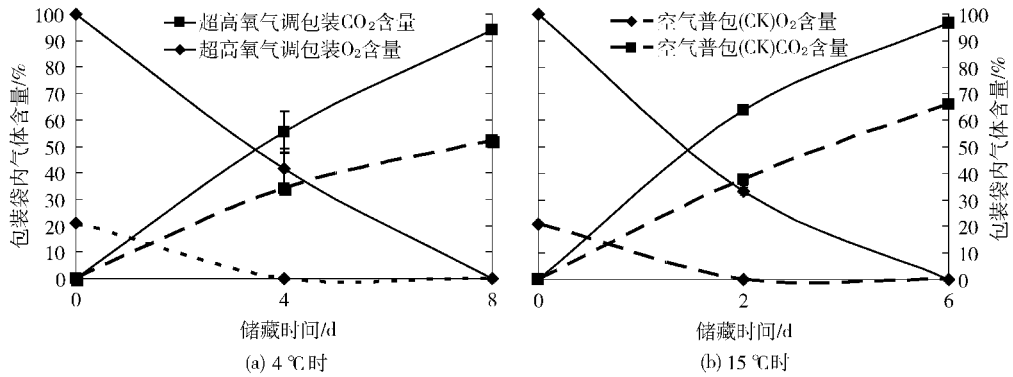


图1 不同储藏温度下鲜切胡萝卜包装盒内O<sub>2</sub>和CO<sub>2</sub>含量变化

Fig.1 Change of O<sub>2</sub> and CO<sub>2</sub> contents in different storage temperatures

## 2.2 超高氧气调包装对鲜切胡萝卜失重率影响

胡萝卜切分后表面积增大,呼吸增强,不处理容易失重变软. 气调包装是有效控制鲜切胡萝卜失重率的方法. 不同处理下鲜切胡萝卜失重率见图2. 从图2知,随着储藏期的增加,失重率也在不断增加,但在气调包装情况下,25°C储藏8d,失重率不会超过2%,但超高氧包装的失重率会大于普通空气包装,说明超高氧包装的鲜切胡萝卜比空气对照组新陈代谢更旺盛,呼吸消耗更大. 本结果与梁小玲<sup>[8]</sup>研究结果类似,她发现用ONY/LLDPE复合膜在80%的高氧气调包装条件下,鲜切土豆的失重率高于普通空气包装. 但与此相反,涂宝军等<sup>[9]</sup>发现绿芦笋用聚丙烯膜在80%~100%的高氧气调包装下失重率最低. 说明不同鲜切产品和不同包装膜对失重率影响不同.

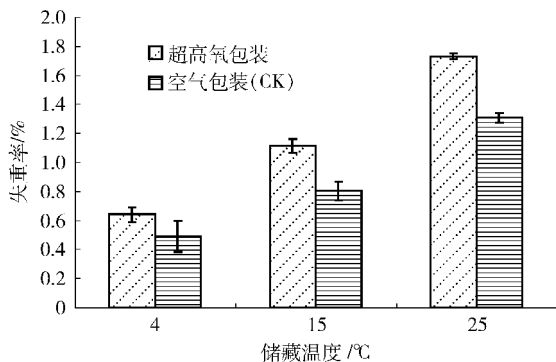


图2 不同温度下储藏8d时鲜切胡萝卜的失重率变化

Fig.2 Change of weight loss ratios in fresh-cut carrot at day 8 of storage at different temperatures

## 2.3 超高氧气调包装对鲜切胡萝卜呼吸强度影响

不同处理条件下鲜切胡萝卜的呼吸速率变化见图3. 有关高氧气调包装对鲜切果蔬产品呼吸

强度影响的文献报道很多,且结论各不相同. Choudhury<sup>[10]</sup>发现采用气调贮藏胡萝卜,呼吸强度随着氧气浓度上升而提高,但高氧气调包装对鲜切胡萝卜呼吸强度影响的报道很少. 本实验结果与Choudhury结果一致,在不同储藏温度下,超高氧气调包装鲜切胡萝卜呼吸强度均高于空气组,说明高氧气调包装不但未能抑制鲜切胡萝卜呼吸作用,反而使其进一步增强. 这可能由于胡萝卜对于高氧比较敏感,且高氧条件下活性氧自由基大量产生,对胡萝卜产生伤害,诱导了呼吸作用的增强<sup>[11]</sup>. Liu等<sup>[12]</sup>在蘑菇高氧包装中也发现,高氧和纯氧包装的POD活性均显著大于空气组,说明包装中产生大量H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>,诱导了POD活性的上升. 另外,Limbo<sup>[13]</sup>和Kader<sup>[14]</sup>等的研究也表明,鲜切土豆和葡萄柚的呼吸强度随气调包装中氧分压增大而增大. 但是Kader等<sup>[14]</sup>发现,高氧处理的鲜切梨和番茄呼吸强度减小,且在30,50kPa的氧分压下番茄的呼吸强度增强,而在80,100kPa的氧分压下呼吸强度减小. 因此,并非所有鲜切果蔬产品都适合于高氧气调包装,且不同的高氧气调包装气体比例对产品呼吸强度有较大影响.

## 2.4 超高氧气调包装对鲜切胡萝卜维C含量影响

Vc的含量是评价鲜切胡萝卜营养品质变化的重要指标之一. 不同处理条件下鲜切胡萝卜总Vc含量变化见图4. 结果表明,在储藏期间Vc含量呈下降趋势,且在超高氧包装条件下,鲜切胡萝卜Vc含量下降明显快于对照组,说明该条件下,超高氧包装加速Vc损失. 本结果和梁小玲鲜切梨产品的研究结果类似<sup>[8]</sup>,她发现90%的高氧包装在储藏的前7d明显加快了鲜切梨Vc含量的降低.

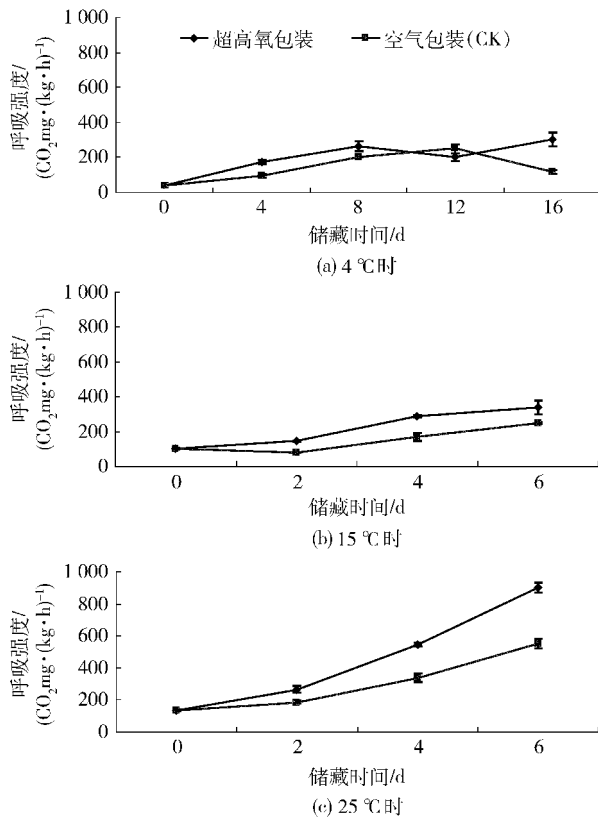


图3 不同处理条件下鲜切胡萝卜呼吸速率的变化

Fig. 3 Change of respiratory rates of fresh-cut carrot at different treatments

Oms-Oliu 等<sup>[15]</sup>也发现,在高氧气调包装下,鲜切“Flor de Invierno”梨其Vc含量明显低于空气包装和低氧包装.在高氧包装鲜切草莓研究中,Odriozola-Serrano<sup>[16]</sup>得出了类似结果.这可能由于储藏过程中高氧气和高二氧化碳提高了鲜切胡萝卜的氧化性应激反应,导致生理活动加快<sup>[11]</sup>.另外,可能是高氧状态产生过多的氧自由基,从而产生了氧化伤害,而植物体本身为了应对这种伤害,便会利用Vc等抗氧化物质来对抗这种氧化伤害,使Vc含量减小<sup>[17]</sup>.相反,Day<sup>[18]</sup>和陈学红<sup>[19]</sup>等发现,高氧气调有利于莴苣Vc含量的维持.因此,不同蔬菜种类对高氧包装的反应不同,高氧包装对鲜切产品Vc含量的影响还有待进一步研究.

## 2.5 超高氧气调包装对鲜切胡萝卜总胡萝卜素含量的影响

胡萝卜含有丰富的类胡萝卜素,如 $\beta$ -胡萝卜素、 $\alpha$ -胡萝卜素、叶黄素等,是胡萝卜的主要呈色物质,也是胡萝卜营养品质的主要评价指标之一.在不同处理条件下,鲜切胡萝卜总胡萝卜素含量变化见图5.图5表明,在超高氧包装条件下,类胡萝卜

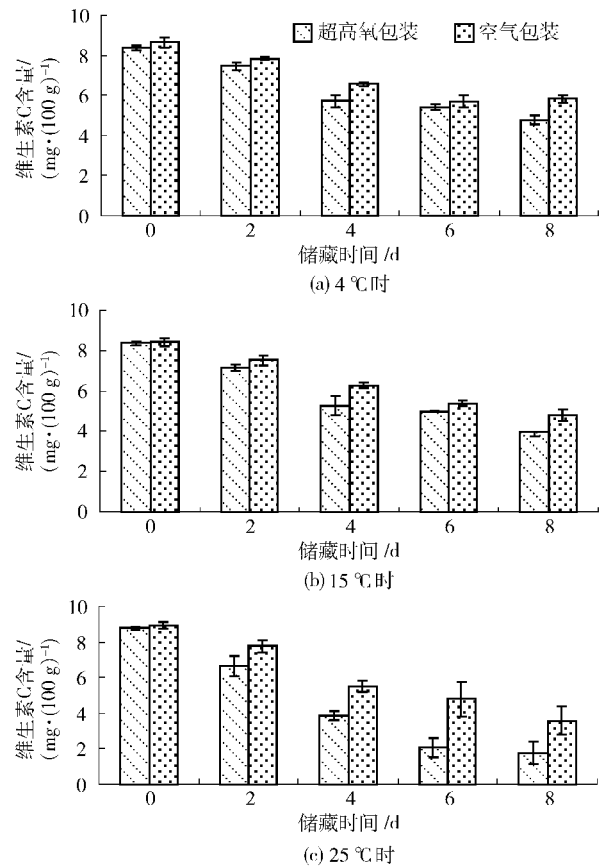


图4 不同处理条件下鲜切胡萝卜维生素C含量的变化

Fig. 4 Change of vitamin C contents in fresh-cut carrot at different treatments

素总量呈现下降趋势,特别在储藏后期,下降明显.在25 °C条件下,超高氧包装鲜切胡萝卜的类胡萝卜素总量比对照组含量要低.原因可能是,超高氧包装产生过量的氧自由基对胡萝卜产生氧化伤害,从而刺激鲜切胡萝卜大量消耗类胡萝卜素等抗氧化物质以减小伤害,从而导致类胡萝卜素总量过快下降<sup>[17]</sup>.Alasalvar 等<sup>[20]</sup>研究发现,鲜切胡萝卜总类胡萝卜素在储藏期间会不断下降,且高氧包装样品其总胡萝卜素含量下降更快.在鲜切莴苣的研究中,陈学红等<sup>[21]</sup>也发现了类似结果.但在4 °C低温储藏条件下,鲜切胡萝卜的类胡萝卜素总量呈现先上升后下降趋势,且纯氧包装的总胡萝卜素含量高于对照组(见图5).这可能由于在低温的储藏条件下,鲜切胡萝卜自身会继续合成胡萝卜素,而高氧刺激又加快了类胡萝卜素的生成.在研究鲜切番茄的过程中,Odriozola-Serrano 等<sup>[22]</sup>也发现,高氧包装条件下鲜切番茄的总胡萝卜素含量呈上升趋势.

## 2.6 超高氧气调包装对鲜切胡萝卜总酚含量的影响

多酚类物质的分子结构中含有多个酚羟基,易

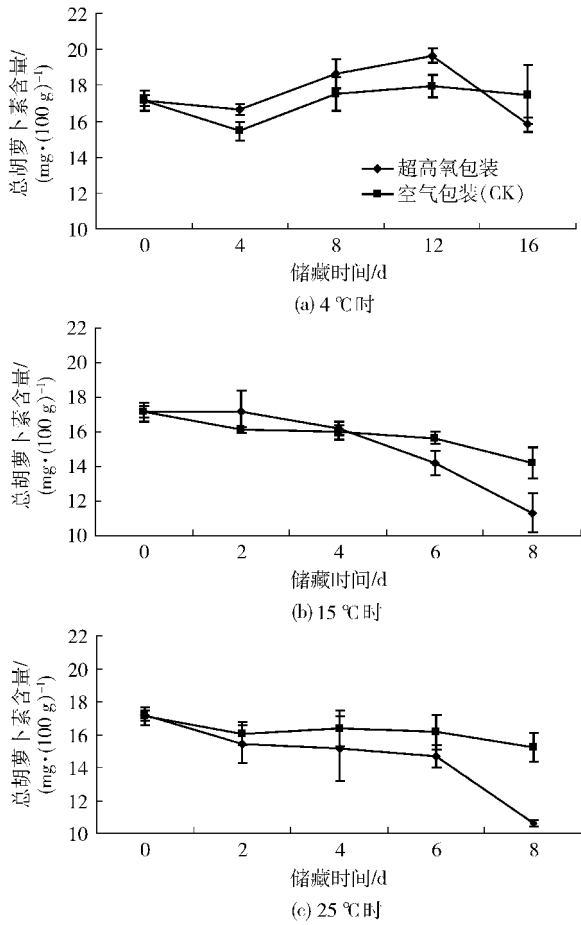


图5 不同处理条件下鲜切胡萝卜总胡萝卜素含量的变化

Fig. 5 Change of total carotene contents of fresh-cut carrot at different treatments

于氧化,因此呈现出很强的抗氧化能力,是植物体内重要的抗氧化物质之一。在不同处理条件下,鲜切胡萝卜总酚含量变化见图6,在不同的储藏温度下,鲜切胡萝卜总酚含量整体呈现出一种先升后降的趋势,且温度越高后期总酚的含量下降越快。另外,超高氧包装的鲜切胡萝卜其总酚含量要高于对照组,但在储藏后期高氧包装组的总酚含量下降迅速。这说明前期高氧气调包装能刺激鲜切胡萝卜多酚类物质的合成;而后期总酚含量下降则可能由于过度氧化致使多酚类物质被迅速消耗<sup>[23]</sup>。Alasalvar等<sup>[20]</sup>人的研究结果和本文相符,他发现,在高氧气调下,紫色和橙色鲜切胡萝卜总酚的含量不断增加。Dixon和Paiva<sup>[24]</sup>研究发现,植物体受到外界伤害刺激时会产生应激反应,多酚类物质会大量合成,来修复受损部位,同时抵御微生物入侵。鲜切胡萝卜由于受到切割伤害,刺激了自身多酚类物质的生物合成,而超高氧气调环境可能加深了这种刺激,因此引起多酚

类物质的生成量多于空气组<sup>[23]</sup>。

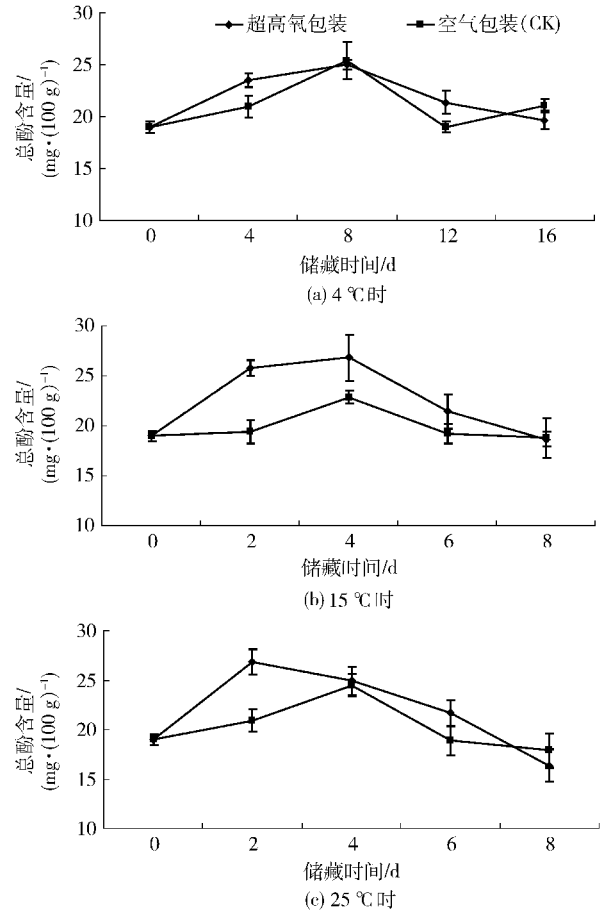


图6 不同处理条件下鲜切胡萝卜总酚含量的变化

Fig. 6 Change of total polyphenol contents of fresh-cut carrot at different treatments

### 3 结论

在研究的超高氧高阻隔膜气调包装条件下,包装袋内的氧气被迅速消耗,且鲜切胡萝卜的失重率、呼吸强度、维生素C损失率、总胡萝卜素损失率均大于普通空气包装对照组。可见,超高氧高阻隔膜气调包装不适合作为鲜切胡萝卜的包装方式。因此对于不同的鲜切果蔬产品,膜材料的选择和高氧气调气体比例是筛选鲜切产品气调包装的关键因素。

#### 参考文献:

- [1] Rico D, Martin-Diana A B, Barat J M, et al. Extending and measuring the quality of fresh-cut fruit and vegetables: A review[J]. Trends in Food Science and Technology, 2007, 18: 373-386.
- [2] Jacxsens L, Devlieghere F, Steen C V, et al. Effect of

- high oxygen modified atmosphere packaging on microbial growth and sensorial qualities of fresh-cut produce[J]. *International Journal of Food Microbiology*, 2001, 71:197-210.
- [3] Kader A A. Mode of action of oxygen and carbon dioxide on postharvest physiology of 'Bartlett' pears[J]. *Acta Horticulturae*, 1989, 258:161-167.
- [4] Association of official analytical chemists. Official methods of analysis[M]. 14th ed. Virginia: S. Williams Press, 1984: 844-846.
- [5] 耿三省,张平,王健萱. 胡萝卜中胡萝卜素含量测定方法[J]. *北京农业科学*, 1996, 14(2):24-26.
- [6] Julkunen-titto R. Phenolics constituents in leaves of northern willows: methods for the analysis of certain phenolics[J]. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 1985, 33: 213-217.
- [7] Odriozola-serrano I, Soliva-fortuny R, martin-belloso O. Influence of storage temperature on the kinetics of the changes in anthocyanins, vitamin c, and antioxidant capacity in fresh-cut strawberries stored under high-oxygen atmospheres[J]. *Journal of Food Science*, 2009, 74(2):184-191.
- [8] 梁小玲. 高氧气调包装对鲜切果蔬品质的影响——鲜切梨和土豆的研究[D]. 无锡:江南大学,2009.
- [9] 涂宝军,秦卫东,姜松. 高氧和高二氧化碳处理对绿芦笋采后品质的影响[J]. *食品科学*, 2009, 30(22): 379-382.
- [10] Choudhury J K. Researches on plant respiration V: on the respiration of some storage organs in different oxygen concentrations[J]. *Proceedings of the Royal Society of London Series B: Biological Sciences*, 1939,127: 238-257.
- [11] Purvis A C. The role of adaptive enzymes in carbohydrate oxidation by stressed and senescing plant tissues[J]. *HortScience*, 1997, 32(7):1165-1168.
- [12] Liu Z L, Wang X Y, Zhu J Y, et al. Effect of high oxygen modified atmosphere on post-harvest physiology and sensorial qualities of mushroom[J]. *International Journal of Food Science and Technology*, 2010, 45: 1097-1103.
- [13] Limbo S, Piergiovanni L. Minimally processed potatoes Part 2: Effects of high oxygen partial pressures in combination with ascorbic and citric acid on loss of some quality traits[J]. *Postharvest Biology and Technology*, 2007, 43: 221-229.
- [14] Kader A A, Ben-Yehoshua S. Effects of superatmospheric oxygen levels on postharvest physiology and quality of fresh fruits and vegetables[J]. *Postharvest Biology and Technology*, 2000, 20: 1-13.
- [15] Oms-Oliu G, Odriozola-Serrano I, Soliva-Fortuny R, et al. Antioxidant content of fresh-cut pears stored in high-O<sub>2</sub> active packages compared with conventional low-O<sub>2</sub> active and passive modified atmosphere packaging[J]. *Journal of Agriculture and Food Chemistry*, 2008, 56: 932-940.
- [16] Odriozola-Serrano I, Soliva-Fortuny R, Martín-Belloso O. Changes in bioactive composition of fresh-cut strawberries stored under superatmospheric oxygen, low-oxygen or passive atmospheres[J]. *Journal of Food Composition and Analysis*, 2010, 23: 37-43.
- [17] Pinto E, Lenthalic I, Vendrell M, et al. Role of fermentative and antioxidant metabolism in the induction of core browning in controlled-atmosphere stored pears[J]. *Journal of the Science and Food Agricultural*, 2001, 81:364-370.
- [18] Day B P F. Modified atmosphere packaging of fresh fruits and vegetables-an overview[J]. *Acta Horti*, 2001, 553: 585-590.
- [19] 陈学红,秦卫东,马利华,等. 高氧气调包装对鲜切莴苣品质的影响[J]. *食品科学*, 2009, 30(24): 457-459.
- [20] Alasalvar C, Al-Farsi M, Quantick P C, et al. Effect of chill storage and modified atmosphere packaging (MAP) on antioxidant activity, anthocyanins, carotenoids, phenolics and sensory quality of ready-to-eat shredded orange and purple carrots[J]. *Food Chemistry*, 2005,89: 69-76.
- [21] 陈学红,秦卫东,马利华,等. 高氧气调包装对鲜切莴苣抗氧化活性的影响[J]. *食品科学*, 2011,32(8): 313-317.
- [22] Odriozola-Serrano I, Oms-Oliu G, Soliva-Fortuny R, et al. Effect of high-oxygen atmospheres on the antioxidant potential of fresh-cut tomatoes[J]. *Journal of Agriculture and Food Chemistry*, 2009, 57: 6603-6610.
- [23] Zheng Y H, Wang S Y, Wang C Y, et al. Changes in strawberry phenolics, anthocyanins, and antioxidant capacity in response to high oxygen treatments[J]. *LWT-Food Science and Technology*, 2007,40: 49-57.
- [24] Dixon R A, Paiva N L. Stress-induced phenylpropanoid metabolism[J]. *Plant Cell*,1995(7): 1085-1097.

## Application of Precooling Technique on Preservation of Fruits and Vegetables After Harvest: a Review

LI Jian<sup>1,2</sup>, JIANG Wei-bo<sup>2</sup>

(1. School of Food and Chemical Engineering/Beijing Higher Institution Engineering Research Center of Food Additives and Ingredients/Beijing Key Laboratory of Food Flavor Chemistry, Beijing Technology and Business University, Beijing 100048, China;

2. College of Food Science and Nutritional Engineering, China Agricultural University, Beijing 100083, China)

**Abstract:** The process of precooling is a rapid method to remove field heat by low temperature water, air or other media, prior to storage, transportation or handling. Precooling technique is non-toxic, non-residual and easy to operate, having been applied on the preservation of many fruits and vegetables. The effects of precooling on the storage and transportation of fruits and vegetables were reviewed in this paper, various different precooling methods also being introduced.

**Key words:** precooling; fruits and vegetables; preservation

(责任编辑:檀彩莲)

(上接第 64 页)

## Effects of Superatmospheric Oxygen Modified Atmosphere Combined with High Barrier Film Packaging on Quality of Fresh-cut Carrots

WANG Cheng<sup>1,2</sup>, CHEN Yu-long<sup>1</sup>, XU Yu-juan<sup>1</sup>, WU Ji-jun<sup>1</sup>,  
ZHANG Yan<sup>1</sup>, LIU Zhong-yi<sup>2</sup>, YAO Xi-zhen<sup>1</sup>

(1. Sericulture & Agro-food Product Processing Research Institute/Guangdong Open Access Laboratory of Agricultural Product Processing, Guangdong Academy of Agricultural Science, Guangzhou 510610, China;

2. College of Chemical Engineering, Xiangtan University, Xiangtan 411105, China)

**Abstract:** High oxygen modified atmosphere packaging was one of the hottest packaging techniques on fresh-cut fruit and vegetables in recent years. The aim of this study was to investigate the effects of superatmospheric oxygen modified atmosphere combined with high barrier film packaging on the quality of fresh-cut carrot during storage at different temperature (4 °C, 15 °C, and 25 °C). Using the packaging box filled with air as control, the results showed that the loss of weight, loss of vitamin C and total carotene and the respiratory intensity of fresh-cut carrot packaged by superatmospheric oxygen were significantly increased than the control. But the content of phenol compounds in fresh-cut carrot was higher than the samples packaged with air. In general, the quality of fresh-cut carrot was not effectively maintained by superatmospheric oxygen modified atmosphere combined with high barrier film packaging.

**Key words:** superatmospheric oxygen; modified atmosphere packaging; fresh-cut; carrot quality

(责任编辑:檀彩莲)