

## 高氧气调对树上干杏采后生理和贮藏品质的影响

张文涛<sup>1</sup>,李喜宏<sup>1,2\*</sup>,王威<sup>1</sup>,刘佳<sup>1</sup>,张姣姣<sup>1</sup>,李敏<sup>1</sup>,李惠<sup>3</sup>

1(天津科技大学 食品工程与生物技术学院,天津,300457) 2(天津食品安全低碳制造协同创新中心,天津,300457)

3(天津津南 国家农业科技园区,天津,300350)

**摘 要** 研究了高氧气调对树上干杏鲜果的保鲜效果,以空气处理为对照(CK),测定了0℃贮藏期间,40%、60%、80%、100% O<sub>2</sub>气调环境下的生理品质变化。结果表明:与对照果实相比,80%~100% O<sub>2</sub>气调能有效抑制杏果实贮藏期间的呼吸强度、乙烯释放和丙二醛(MDA)积累,延缓果实硬度、Vc、可溶性固形物(TSS)和可滴定酸(TA)的下降,同时降低杏果实腐烂和失重的程度,提高其贮藏品质。

**关键词** 树上干杏;高氧;气调;生理;品质

树上干杏又名吊干杏、小金杏,属蔷薇科(Rosaceae)李亚科(Prunoideae)杏属(*Prunus*),是我国天山北麓特克斯河谷和伊犁河谷地区的地方优良品种,其果肉甘甜、杏仁醇香、营养丰富,果肉、果核均可食用,具有很高的经济价值<sup>[1-2]</sup>。但杏采后生理代谢旺盛,品质下降快,易软化腐烂,商品率低,严重制约了树上干杏鲜果的贮运外销。风干、晾晒等自然干制是当前树上干杏最主要的加工及贮藏方式,但制得的干杏成品感官品质差、卫生质量低<sup>[3]</sup>,经济收益远不及鲜果。因此,亟待开发一种能有效延缓树上干杏贮藏期内品质下降的保鲜技术。

目前,鲜杏的保鲜主要通过低温结合气调处理实现,传统气调(3%~5% O<sub>2</sub>, 3%~5% CO<sub>2</sub>)虽有助于抑制果实生理代谢、保持果实品质,但随贮藏环境中O<sub>2</sub>的下降及CO<sub>2</sub>的积累,果实易出现CO<sub>2</sub>伤害、无氧发酵等现象<sup>[4]</sup>。高氧气调是近年来兴起的一种新型果蔬保鲜技术,其抑制细菌、真菌的生长繁殖和降低果蔬贮藏期内腐烂率的效果优于传统气调,还可在一定程度上避免了低O<sub>2</sub>和高CO<sub>2</sub>伤害的发生<sup>[5-6]</sup>,已在草莓<sup>[7]</sup>、蓝莓<sup>[8]</sup>、桑葚<sup>[9]</sup>等水果保鲜中取得了较好的保鲜效果,具有广阔的应用前景。

目前未见高氧气调贮藏鲜杏的报道。本文选用不

同浓度的高氧气调环境贮藏树上干杏鲜果,旨在明确高氧环境下杏果实的品质变化,为高氧气调在杏保鲜中的应用提供依据,促进树上干杏产业的全面发展。

## 1 材料与方法

### 1.1 试验材料

树上干杏由新兴际华伊犁农牧科技发展有限公司提供,采后随即装箱空运至天津,果实运抵研究室后,及时入0℃冷库预冷12 h。预冷结束后在库内进行分级,挑选出的大小均一、无机械损伤、无病虫害侵染的果实,根据表皮颜色分为成熟度Ⅰ(绿色)、成熟度Ⅱ(黄色)、成熟度Ⅲ(深黄色或红色)<sup>[10]</sup>,选取成熟度Ⅱ的杏进行贮藏试验。

### 1.2 试验仪器

GY-3果实硬度计,浙江托普仪器有限公司;PAL-1手持折光仪,日本ATAGO株式会社;GXH-3051H果蔬呼吸测定仪,北京均方理化科技研究所;5804R高速冷冻离心机,德国Eppendorf公司;UV-2550PC型紫外可见分光光度计,日本岛津公司;Checkpoint便携气体分析仪,丹麦PBI Dansensor公司;CP114电子天平,西杰天平(北京)仪器有限公司;SY-2-6恒温水浴锅,天津市欧诺仪器仪表有限公司。

### 1.3 试验设计

将杏装入已均匀打孔(每面各3个,孔径0.5 cm)的PVC保鲜袋(长60 cm×宽40 cm×厚0.03 mm),袋口扎紧,每袋果重约500 g,每5袋杏置于一个气调瓶中,每种气调环境设置3个重复。气调处理后在0℃下贮藏,每5 d取样检测1次,以空气环境对照,具体气调环境如下表所示。

第一作者:硕士研究生(李喜宏教授为通讯作者,E-mail: lixi-hong@tust.edu.cn)。

基金项目:国家高技术研究发展计划(863计划)(2012AA101703);国家科技支撑计划(2015BAD16B00);“十二五”农村领域国家科技计划(2015BAD19B02-03);天津市科技计划项目(14RCHZNC00107;15YFYSNC00010)

收稿日期:2015-12-09,改回日期:2016-03-02

表1 气调处理参数

Table 1 Gas composition of modified atmosphere

试验编号	O <sub>2</sub> /%	N <sub>2</sub> /%
HY1	40	60
HY2	60	40
HY3	80	20
HY4	100	0
CK	21	78

1.4 测定指标及方法

1.4.1 腐烂率和失重率的测定

随机取3袋杏果,表面腐烂或被微生物侵染的记为腐烂果,其占取果总数的百分比为腐烂率,单位:%;随机取出3颗杏果,每隔5 d测定同一样品的质量<sup>[11]</sup>,单位:%,公式如下:

$$\text{失重率}/\% = \frac{\text{贮藏前的质量} - \text{贮藏后的质量}}{\text{贮藏前的质量}} \times 100$$

1.4.2 果实硬度和Vc含量的测定

参照曹建康<sup>[12]</sup>的方法。硬度:将果实硬度计垂直于被测果实表面,压头均匀压入果肉内,读取表盘示数,单位:kg/cm<sup>2</sup>。Vc:采用2,6-二氯酚滴定法测定<sup>[13]</sup>,单位:mg/g FW。

1.4.3 可溶性固形物(TSS)和可滴定酸(TA)含量的测定

参照SILVIA等<sup>[14]</sup>的方法。TSS:用PAL-1手持折光仪测定可溶性固形物含量,单位:%;TA:用NaOH滴定法测定可滴定酸含量,结果以苹果酸计,单位:%。

1.4.4 呼吸强度和乙烯释放量的测定

参照王聘<sup>[15]</sup>的方法测定杏果实的呼吸强度及乙烯释放量,其中呼吸强度单位:mg/(kg·h),乙烯释放量单位:μL/(kg·h)。

1.4.5 细胞膜相对渗透率和丙二醛(MDA)含量的测定

参照ZHANG等<sup>[16]</sup>的方法。以相对电导率表示细胞膜透性,单位:%;用硫代巴比妥酸法测定丙二醛含量,单位:nmol/g。

1.5 数据处理与分析

每组试验设置3个重复,试验数据取其均值,应用SPASS 17.0软件对试验数据进行方差分析, $P < 0.05$ 表示显著, $P < 0.01$ 表示极显著。

2 结果与分析

2.1 高氧气调对树上干杏贮藏品质的影响

2.1.1 高氧气调对树上干杏腐烂率和失重率的影响

由表2可知,在贮藏期间杏果实腐烂率和失重率呈上升趋势。其中,HY3和HY4的腐烂率和失重率显著低于CK,HY2与CK差异不显著,而HY1则显著高于CK。HY4的腐烂率和失重率均为最低,表明80%~100% O<sub>2</sub>气调有效抑制了杏果实的腐烂和失重,O<sub>2</sub>浓度越高抑制效果越好。这可能是由于高氧环境对腐败微生物产生了伤害,抑制了它们的生长繁殖。

表2 高氧气调对树上干杏腐烂率和失重率的影响

Table 2 Effects of Modified Atmospheres with High O<sub>2</sub> on decay rate and weight loss rate of 'Shushanggan' Apricot

试验编号	10 d		20 d		30 d	
	腐烂率/%	失重率/%	腐烂率/%	失重率/%	腐烂率/%	失重率/%
HY1	6.52 ± 0.26 <sup>d</sup>	6.96 ± 0.18 <sup>c</sup>	11.54 ± 0.28 <sup>d</sup>	11.05 ± 0.24 <sup>d</sup>	18.23 ± 0.28 <sup>d</sup>	17.23 ± 0.33 <sup>d</sup>
HY2	4.45 ± 0.32 <sup>c</sup>	5.56 ± 0.35 <sup>b</sup>	6.98 ± 0.26 <sup>c</sup>	9.57 ± 0.45 <sup>c</sup>	14.21 ± 0.32 <sup>c</sup>	15.42 ± 0.40 <sup>c</sup>
HY3	3.20 ± 0.25 <sup>b</sup>	3.68 ± 0.20 <sup>a</sup>	6.39 ± 0.33 <sup>b</sup>	7.10 ± 0.22 <sup>b</sup>	11.99 ± 0.19 <sup>b</sup>	11.21 ± 0.38 <sup>b</sup>
HY4	2.57 ± 0.18 <sup>a</sup>	3.27 ± 0.27 <sup>a</sup>	5.31 ± 0.34 <sup>a</sup>	6.44 ± 0.30 <sup>a</sup>	11.27 ± 0.30 <sup>a</sup>	10.17 ± 0.22 <sup>a</sup>
CK	4.51 ± 0.30 <sup>c</sup>	5.40 ± 0.33 <sup>b</sup>	7.23 ± 0.28 <sup>c</sup>	9.49 ± 0.35 <sup>c</sup>	14.20 ± 0.29 <sup>c</sup>	15.40 ± 0.28 <sup>c</sup>

注:不同小写字母代表差异显著( $P < 0.05$ )。

2.1.2 高氧气调对树上干杏硬度和Vc含量的影响

硬度是衡量杏品质的重要指标,果实过度软化会导致贮藏品质和消费品质的下降<sup>[17]</sup>。由图1知,杏果实贮藏期间硬度逐渐下降,贮藏前5d各处理均保持较高的硬度水平,之后出现不同程度的软化。贮藏中前期,HY3和HY4的硬度显著( $P < 0.05$ )高于CK,HY2与CK差异不显著( $P > 0.05$ ),表明80%以

上的O<sub>2</sub>气调可保持较高的果实硬度。HY1的硬度则在整个贮藏期内低于CK,表明40% O<sub>2</sub>气调加速了果实硬度的下降。

Vc是杏果实主要的抗氧化成分之一,也是评价其营养品质的重要指标。图2显示,各处理的Vc含量在贮藏前5d保持较高水平,随后不断下降。其中,HY3和HY4的Vc含量下降较为缓慢,HY1下降最为迅速。HY2和CK变化趋势相近,在贮藏中前期Vc含量差异

不显著( $P>0.05$ )。至贮藏结束, HY4 的  $V_c$  含量高于 CK 处理 20.65%, 2 处理差异极显著( $P<0.01$ )。这表明, 采用 80% ~ 100%  $O_2$  气调, 尤其是 100%  $O_2$  气调能有效延缓贮藏期内  $V_c$  含量的下降。

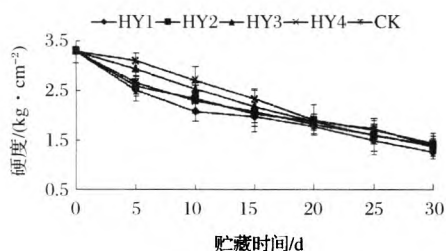


图1 高氧气调对树上干杏硬度的影响

Fig. 1 Effect of modified atmospheres with high  $O_2$  on firmness

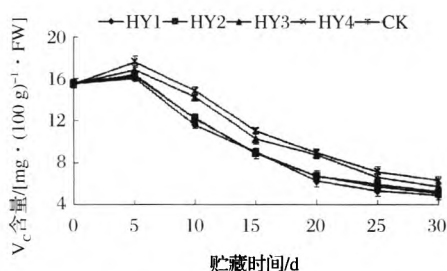


图2 高氧气调对树上干杏  $V_c$  含量的影响

Fig. 2 Effects of Modified Atmospheres with  $V_c$  content of 'Shushanggan' Apricot

### 2.1.3 高氧气调对树上干杏可溶性固形物(TSS)和可滴定酸含量(TA)的影响

TSS 和 TA 含量是影响果实采后风味变化的重要因素<sup>[18]</sup>。通过图 3 可以看出, 各处理的 TSS 含量在贮藏前期缓慢上升, 在贮藏中后期迅速下降。HY3 和 HY4 的 TSS 含量在贮藏期间高于 CK, 其峰值为 28.61%、29.31%, 与 CK (27.43%) 相比差异显著( $P<0.05$ ), 这表明 80% 以上的  $O_2$  气调可保持较高的 TSS 含量。HY2 与 CK 的变化趋势基本一致, 而 HY1 始终低于 CK, 表明 40%  $O_2$  气调加速了 TSS 含量的下降, 不利于保持杏果实的贮藏品质。

通过图 4 可以看出, 果实贮藏期间 TA 含量不断下降。贮藏中前期, CK 的 TA 含量下降迅速, HY3 和 HY4 的 TA 含量下降程度较 CK 缓慢, 而 HY1 和 HY2 较 CK 更快; 但在贮藏后期, HY1 和 HY2 的 TA 含量与 CK 变化趋势相近, 差异不显著。这表明, 采用 80% ~ 100%  $O_2$  气调能有效延缓杏果实 TA 含量的下降。

## 2.2 高氧气调对树上干杏采后生理的影响

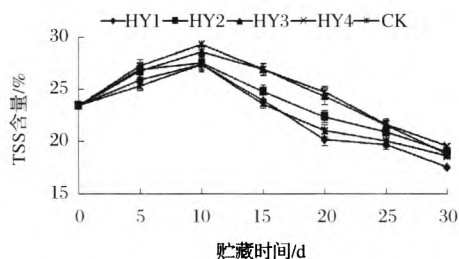


图3 高氧气调对树上干杏 TSS 含量的影响

Fig. 3 Effects of Modified Atmospheres with High  $O_2$  on TSS and TA content of 'Shushanggan' Apricot

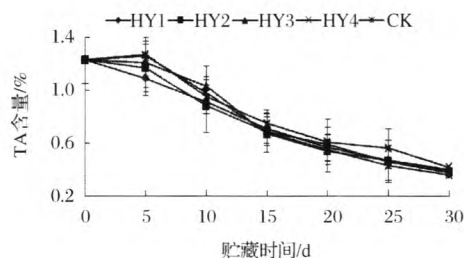


图4 高氧气调对树上干杏 TA 含量的影响

Fig. 4 Effects of Modified Atmospheres with TA content of 'Shushanggan' Apricot

### 2.2.1 高氧气调对树上干杏呼吸强度和乙烯释放量的影响

呼吸强度是反映果实采后生理代谢水平的重要指标, 杏采后呼吸旺盛, 营养物质消耗快, 抑制呼吸是保持杏采后品质、延缓果实衰老的重要手段<sup>[19]</sup>。由图 5 知, 不同处理的呼吸强度变化趋势大致相同, 贮藏至第 10 天达到呼吸峰值, 之后快速下降。HY3 和 HY4 的呼吸强度在贮藏前期 (0 ~ 10 d) 和贮藏中期 (11 ~ 20 d) 均低于 CK, 其呼吸峰值分别为 41.88、37.63  $mg/(kg \cdot h)$ , 与 CK 的呼吸峰值 53.51  $mg/(kg \cdot h)$  相比差异极显著 ( $P<0.01$ )。HY4 的呼吸强度在贮藏末期 (21 ~ 30d) 仍低于 CK, 而 HY3 贮藏至 25d 后高于 CK, 但贮藏末期呼吸强度均较低。这表明采用 80% ~ 100%  $O_2$  气调, 能抑制杏果实的呼吸强度和呼吸峰值。HY1 的呼吸强度在贮藏期间始终高于 CK, 表明 40%  $O_2$  气调促进了杏果实呼吸, 不能抑制杏采后的生理代谢。

乙烯作为一种调节植物生理进程的气态激素, 是引起呼吸跃变型果实后熟衰老的关键因素<sup>[20]</sup>, 有效控制杏采后的乙烯释放有助于提高贮藏品质。由图 6 知, 不同处理的乙烯释放量大体呈现“先升后降”的趋势, 贮藏至第 25 d 达到释放峰值。HY3 和 HY4 始

终呈现较低的乙烯释放水平,其峰值与 CK 差异极显著 ( $P < 0.01$ ),表明 80% ~ 100%  $O_2$  气调能抑制乙烯的释放。HY2 的乙烯释放水平与 CK 相近,但 HY1 的乙烯释放量在贮藏期间始终高于 CK,这与呼吸强度的变化趋势一致,表明 40%  $O_2$  气调促进了乙烯的释放,加速了杏的采后衰老。

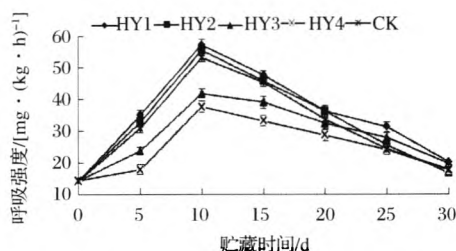


图5 高氧气调对树上干杏呼吸强度的影响

Fig. 5 Effects of Modified Atmospheres with High  $O_2$  on

Respiratory Rate

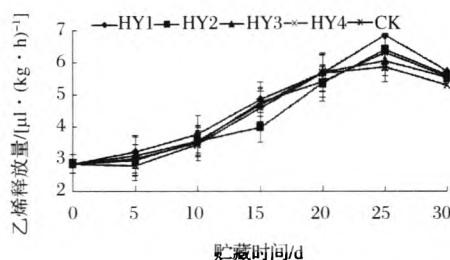


图6 高氧气调对树上干杏乙烯释放量的影响

Fig. 6 Effects of Modified Atmospheres with High  $O_2$  on

Respiratory Rate and Ethylene Release of 'Shushanggan'

Apricot

### 2.2.2 高氧气调对树上干杏细胞膜透性和丙二醛 (MDA) 含量的影响

通过图7可以看出,随贮藏时间的延长,杏果实细胞膜透性不断增大;在贮藏前期变化平缓,贮藏中后期上升迅速, HY1 和 HY2 的细胞膜透性始终低于 CK, 而 HY3 和 HY4 显著高于 CK。贮藏前期各处理的细胞膜透性差异不显著 ( $P > 0.05$ ), 中后期各处理间两两相比差异显著 ( $P < 0.01$ )。这表明, 40% ~ 60%  $O_2$  气调有利于保持细胞膜结构的完整, 80% ~ 100%  $O_2$  气调对细胞膜产生一定伤害, 使得细胞膜通透性增强。

如图8所示,杏果实的 MDA 含量在贮藏期间不断升高,贮藏前期各处理差异不显著 ( $P > 0.05$ )。贮藏中后期, HY2、HY3 和 HY4 的 MDA 含量显著 ( $P < 0.05$ ) 低于 CK, 且  $O_2$  浓度越高 MDA 含量越低, 自第

20 d 起 HY4 与 CK 差异极显著 ( $P < 0.01$ )。但贮藏期间 HY1 与 CK 差异并不显著 ( $P > 0.05$ )。这表明 60% ~ 100%  $O_2$  气调能够抑制膜脂氧化, 利于延缓果实衰老。

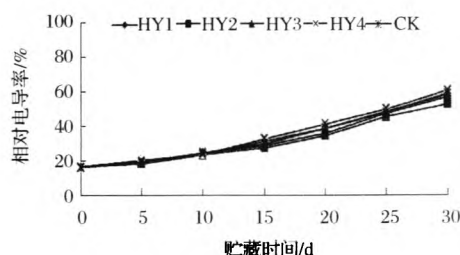


图7 高氧气调对树上干杏细胞膜透性的影响

Fig. 7 Effects of Modified Atmospheres with High  $O_2$  on cell

membrane relative permeability and MDA content of

'Shushanggan' Apricot

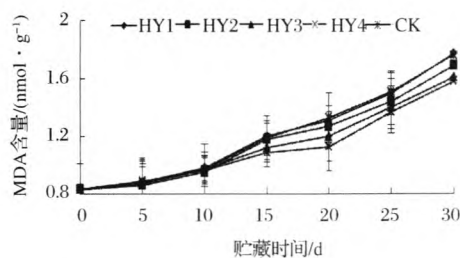


图8 高氧气调对树上干杏 MDA 的影响

Fig. 8 Effects of Modified Atmospheres with High  $O_2$  on cell

membrane relative permeability and MDA content of

'Shushanggan' Apricot

## 3 讨论与结论

杏是典型的呼吸跃变型水果,采后呼吸旺盛,内源乙烯生成量高,二者对其后熟和衰老起着重要的调节作用<sup>[21]</sup>。正常的呼吸作用需要氧气参与,在大气氧浓度范围内,  $O_2$  浓度越高,果蔬的呼吸强度越大,故传统的气调贮藏往往通过降低氧气浓度和升高  $CO_2$  浓度来抑制采后果蔬的呼吸强度;但后续研究发现,当  $O_2$  浓度高于某一水平时可引起反馈抑制,即呼吸反而被抑制。本研究结果也证实了这一结论, 80% 以上  $O_2$  气调可抑制杏的采后呼吸, 而 40%  $O_2$  依然起到促进呼吸的作用;同时, 80% ~ 100%  $O_2$  抑制了杏乙烯的生成,但机理尚不明确<sup>[22]</sup>。试验发现乙烯释放峰值晚于呼吸高峰 10 d, 一般而言,呼吸跃变型果实出现呼吸跃变后不久,就会出现乙烯释放高峰。分析此原因,可能与品种特性有关。如前所述,杏是典

型的呼吸跃变型水果,采后呼吸旺盛,内源乙烯生成量高,果实软化快<sup>[23]</sup>。作为一个活的有机体,采后持续进行的代谢活动完全依赖其自身的水分和养分,TSS、蛋白质、Vc等内含物的持续消耗,导致果实品质开始下降,且MDA、H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>、·O<sub>2</sub><sup>-</sup>等有害物质逐渐积累,加速了果实的衰老进程<sup>[24]</sup>。80%~100% O<sub>2</sub>气调虽然增大了细胞膜透性,但MDA含量低且贮藏品质好,分析这可能是在高氧胁迫下,抗氧化酶系表达增强<sup>[25]</sup>,使杏保持较高的活性氧清除能力,从而抑制膜脂氧化,延缓果实衰老,相关验证试验和机理研究有待开展。试验取得的主要结果如下。

(1)各处理贮藏树上干杏的效果依次为100% O<sub>2</sub>气调>80% O<sub>2</sub>气调>60% O<sub>2</sub>气调>CK>40% O<sub>2</sub>气调。

(2)80%~100% O<sub>2</sub>气调增加了杏贮藏期间的细胞膜透性,但能抑制其呼吸强度、乙烯释放和MDA积累,延缓果实采后衰老。

(3)80%~100% O<sub>2</sub>气调能延缓杏贮藏期间果实硬度、Vc、TSS和TA的下降,抑制果实腐烂和失水,提高其贮藏品质和商品率。

(4)60% O<sub>2</sub>气调与CK效果相近,40% O<sub>2</sub>气调加速了杏贮藏品质的下降。

#### 参 考 文 献

- [1] 田治国,王飞,宋义前,等.几种防冻剂对树上干杏花期抗寒性及坐果率的影响[J].西北农林科技大学学报:自然科学版,2013,41(4):108-112.
- [2] 田治国,王飞,王朴.新疆树上干杏形态学性状的多样性研究[J].西北农林科技大学学报:自然科学版,2012,40(3):147-153.
- [3] 汤尧,张文涛,高凯,等.人工干制树上干杏的防褐变研究[J].食品工业科技,2015,36(21):269-274.
- [4] 郭衍银,李玲.高O<sub>2</sub>薄膜气调包装对鲜切莲藕保鲜效果的影响[J].现代食品科技,2013,29(10):2447-2452.
- [5] 林德球,刘海,刘海林,等.高氧对香蕉果实采后生理的影响[J].中国农业科学,2008,41(1):201-207.
- [6] 王生有,陈于陇,徐玉娟,等.高O<sub>2</sub>与高CO<sub>2</sub>气调包装对鲜切火龙果品质的影响[J].热带作物学报,2014,35(6):1221-1227.
- [7] 周翠英,周建俭,袁卫明,等.高氧气调包装在草莓保鲜中的应用研究[J].食品工业,2011(12):53-55.
- [8] ZHENG Y H, WANG C Y, WANG S Y, et al. Effects of high-oxygen atmospheres on blue berry phenolics, anthocyanins, and antioxidant capacity[J]. Agric Food Chem, 2003(51):7162-7169.
- [9] 殷浩,佟万红,刘刚,等.高氧处理对采后桑椹呼吸强度及其保鲜效果的影响[J].食品工业科技,2015,36(9):306-314.
- [10] D'AMBROSIO C, ARENA S, ROCCO M, et al. Proteomic analysis of apricot fruit during ripening. [J]. Journal of Proteomics, 2013, 78(1):39-57.
- [11] 张辉,王静,逢焕明等.1-MCP处理对李光杏采后生理代谢的影响[J].新疆农业科学,2009,46(2):281-284.
- [12] 曹建康,姜微波,赵玉梅.果蔬采后生理生化实验指导[M].北京:中国轻工业出版社,2007:22-24.
- [13] ALI S, MASUD T, ABBASI K S. Physico-chemical characteristics of apricot (*Prunus armeniaca* L.) grown in Northern Areas of Pakistan[J]. Scientia Horticulturae, 2011, 130(2):386-392.
- [14] TAPPI S, BERARDINELLI A, RAGNI L, et al. Atmospheric gas plasma treatment of fresh-cut apples[J]. Innovative Food Science & Emerging Technologies, 2014, 21(4):114-122.
- [15] 陈艺晖,张华,林河通,等.1-MCP处理对杨桃果实采后生理和贮藏品质的影响[J].现代食品科技,2014,30(1):16-21.
- [16] ZHANG X, SHEN L, LI F, et al. Arginase induction by heat treatment contributes to amelioration of chilling injury and activation of antioxidant enzymes in tomato fruit[J]. Postharvest Biology & Technology, 2013, 79(79):1-8.
- [17] CHEN H, CAO S, FANG X, et al. Changes in fruit firmness, cell wall composition and cell wall degrading enzymes in postharvest blueberries during storage[J]. Scientia Horticulturae, 2015, 188:44-48.
- [18] BECKLES D M. Factors affecting the postharvest soluble solids and sugar content of tomato (*Solanum lycopersicum* L.) fruit[J]. Postharvest Biology & Technology, 2012, 63(1):129-140.
- [19] YANG Z, CAO S, SU X, et al. Respiratory activity and mitochondrial membrane associated with fruit senescence in postharvest peaches in response to UV-C treatment[J]. Food Chemistry, 2014, 161(6):16-21.
- [20] SCHELLINGEN K, STRAETEN D V D, REMANS T, et al. Ethylene biosynthesis is involved in the early oxidative challenge induced by moderate Cd exposure in *Arabidopsis thaliana*[J]. Environmental & Experimental Botany, 2015, 117:1-11.
- [21] BUREAU S, RENARD C M G C, REICH M, et al. Change in anthocyanin concentrations in red apricot fruits

- during ripening[J]. LWT-Food Science and Technology, 2009, 42(1):372-377.
- [22] 陈学红. 高氧对草莓果实保鲜的效果及其机理研究[D]. 南京:南京农业大学, 2005:14-24.
- [23] STANLEY J, PRAKASH R, MARSHALL R, et al. Effect of harvest maturity and cold storage on correlations between fruit properties during ripening of apricot (*Prunus armeniaca*)[J]. Postharvest Biology & Technology, 2013, 82(4):39-50.
- [24] 李萍. 新疆杏果实发育期及采后生理生化机理研究[D]. 乌鲁木齐:新疆农业大学, 2013:65-71.
- [25] 陈学红, 秦卫东, 马利华, 等. 高氧气调包装对鲜切莴苣呼吸和酶活性的影响[J]. 食品与发酵工业, 2011, 37(12):208-212.

## Effects of high oxygen treatment on postharvest physiology and storage quality of 'Shushanggan' apricot

ZHANG Wen-tao<sup>1</sup>, LI Xi-hong<sup>1,2\*</sup>, WANG Wei<sup>1</sup>, LIU Jia<sup>1</sup>,  
ZHANG Jiao-jiao<sup>1</sup>, LI Min<sup>1</sup>, LI Hui<sup>3</sup>

1(College of Food Engineering and Biotechnology, Tianjin University of Science and Technology, Tianjin 300457, China)

2(Tianjin Food Safety & Low Carbon Manufacturing Collaborative Innovation Center, Tianjin 300457, China)

3(Tianjin Jinnan National Agriculture Sci-Tech Zone, Tianjin 300350, China)

**ABSTRACT** The effects of treatments with high oxygen on Shushanggan'apricots were studied. Quality change of apricots stored at 0 °C in modified atmospheres of 40% O<sub>2</sub>, 60% O<sub>2</sub>, 80% O<sub>2</sub>, 100% O<sub>2</sub> were tested, and air was chosen as control check (CK). Compared with the control fruit, 80% ~100% O<sub>2</sub> treatment had obvious effects on the fruit during storage by inhibiting respiratory intensity, ethylene release, MDA accumulation and delaying the decrease of firmness, Vc, TSS, TA. It could also reduce the degree of fruit decay and weight loss. Treatment with 80% ~100% O<sub>2</sub> could inhibit the post-harvested metabolize and improve the storage quality.

**Key words** 'Shushanggan' apricot; high oxygen; controlled atmosphere; physiology; quality