

MAP 贮藏对初熟鲜枣采后贮藏生理和效果的影响

赵宏侠¹, 冯叙桥^{*1,2}, 黄晓杰^{1,3}, 王娜¹, 梁洁玉²

(1. 沈阳农业大学 食品学院, 辽宁 沈阳 110866; 2. 渤海大学 食品科学研究院, 辽宁 锦州 121013; 3. 辽宁医学院 食品科学与工程学院, 辽宁 锦州 121001)

摘要: 研究了将不同体积分数混合的 O₂、CO₂、N₂ 充入 0.18 mm 的 CPP 包装袋中进行气调包装, 在 (0±0.5) °C 贮藏条件下对着色面积 <25% 的初熟鲜枣 (*Ziziphus zizyphus*) 品质的影响。结果表明, 经过 100 d 的贮藏, 不同体积分数的气调包装均能有效抑制初熟鲜枣果实衰老和营养物质流失, 能不同程度地延缓果实中 MDA (丙二醛) 质量分数的上升和硬度的下降; 降低质量损失和乙醇积累量; 减缓初熟鲜枣果实中可滴定酸体积分数的下降和颜色变化以及还原糖质量分数上升; 可有效防止 VC、cAMP 和总黄酮等营养物质的流失; 同时能够较长时间地保持果实鲜亮的颜色。其中以 5% O₂、2% CO₂、93% N₂ 气体体积分数的气调包装对鲜枣的保鲜效果最好。

关键词: 初熟鲜枣; 气调包装; 贮藏; 采后生理; 保鲜

中图分类号: TS 255.3 文献标志码: A 文章编号: 1673—1689(2014)08—0841—09

Effect of Modified Atmosphere Package Storage on Postharvest Physiology and Quality of Early Mature Stage Fresh Jujube Fruits

ZHAO Hongxia¹, FENG Xuqiao^{*1,2}, HUANG Xiaojie^{1,3}, WANG Na¹, LIANG Jieyu²

(1. College of Food Science, Shenyang Agriculture University, Shenyang 110866, China; 2. Food Science Research Institute, Bohai University, Jinzhou 121013, China; 3. College of Food Science and Engineering, Liaoning Medical University, Jinzhou 121001, China)

Abstract: Influence of package with 0.18 mm thickness of CPP bags with different volume fraction of O₂, CO₂, and N₂ gasses on quality changes of early mature stage (less than 25% red surface color) fresh jujube fruits (*Ziziphus zizyphus*) were investigated during the 100 d storage period at (0±0.5) °C. The results show that these modified atmosphere packages with different volume fraction of gasses slowed down the senescence of and nutrition decrease in the packed fruits. The rise of reducing sugar, MDA and ethanol accumulation, and the decrease of weight loss, firmness, color change and the contents of TA in the packed fruits were inhibited to varying degrees, while the losses of vitamin C, cyclic AMP and total flavone in the packed fruits were delayed. Package with volume fraction of 5% O₂, 2% CO₂ and 93% N₂ exerted the best storage effect.

收稿日期: 2013-10-19

基金项目: 辽宁省科技厅重点项目(2008205001); 沈阳农业大学高端人才引进基金项目(SYAU20090107); 渤海大学人才引进基金项目(BHU20120301)。

* 通信作者: 冯叙桥(1961—), 男, 河北曲阳人, 工学博士, 教授, 博士研究生导师, 主要从事农产品贮藏与加工工程方面的研究。

Email: feng_xq@hotmail.com

Keywords: early mature stage fresh jujubes, modified atmosphere packaging, storage, postharvest physiology, fresh-keeping

枣 (*Ziziphus zizyphus*) 为鼠李科 (Rhamnaceae) 枣属 (*Ziziphus*) 植物^[1], 在世界上至少有 3 000 多年的栽培历史, 是我国果树栽培史上最悠久的果树之一, 也是我国当代较大的果树树种^[2-3]。枣果中富含 VA、VB、VC、VP、糖类、蛋白质、脂肪、铁、磷、钙等, 以及环磷酸腺苷 (cAMP, cyclic adenosine monophosphate) 和环磷酸鸟苷 (cGMP, cyclic guanosine monophosphate) 等功能性成分。cAMP 和 cGMP 是人体能量代谢必需的生物活性物质, 能够增强肌力、消除疲劳、扩张血管、增加心肌收缩力、改善心肌营养, 对防治心血管疾病有良好效果^[4]。因此, 鲜枣具有较高的营养和药用价值。但由于鲜枣采后呼吸强度大, 极易容易积累乙醇, 导致枣果酒化进而软化, 在自然环境下果肉很快腐烂褐变, 大量维生素 C 被氧化损失^[5]。研究提高鲜枣保鲜技术, 以保持鲜枣采后良好的品质, 延长其市场供应期, 是一个十分值得研究的课题。

气调包装 (MAP, Modified Atmosphere Packaging) 是一种采用有气体阻隔性能的包装材料包装食品, 先将包装袋抽真空, 后根据需求充入一定比例混合气体的包装保鲜方法, 也称简易气调保鲜, 这种方法可有效防止食品在物理、化学、生物等方面发生质量下降或减缓质量下降的速度^[6-7]。MAP 作为一种无污染、无残留的保鲜技术, 被分为被动气调 (根据果蔬的呼吸作用在包装容器内建立低 O₂ 高 CO₂ 的环境) 包装和主动气调 (充入理想气体, 快速建立有利于果蔬贮藏的气调环境) 包装^[8], 是当前国际上最先进有效的果蔬保鲜方法之一^[9-12]。此外, 因 MAP 能够有效避免化学防腐中一些防腐剂对人体造成不利影响而在国际上备受瞩目^[7]。因此, 研究 MAP 在鲜枣保鲜中的应用, 在一定时间范围内保持鲜枣所处环境的相对稳定, 延长其保鲜期有着非常重要的意义。

辽宁省朝阳市是东北地区仅有的大枣主产区, 已有 1 000 多年栽培历史, 所产大枣肉质鲜脆、酸甜适度、营养丰富, 被誉为“北方玛瑙”。与国内其他鲜枣品种相比, 品质较优^[13]。但鲜枣采后易酒化进而软化腐烂, 尤其是成熟度较低的枣果实即初熟鲜枣,

采收越早 PG 活性相对越低、硬度越大, 因此越有利于果蔬的采后贮藏^[14], 但是由于其采后生理活动相对较为旺盛, 如若贮藏条件不当将加速其腐烂变质^[5]。因此, 作者拟通过对朝阳鲜枣进行 MAP 包装贮藏的研究, 从实践上探讨初熟鲜枣贮藏保鲜的更有效方法。

1 材料与方法

1.1 材料与试剂

鲜枣: 2012 年 9 月下旬采于辽宁省朝阳市孙家湾枣园, 采后立即运回渤海大学实验室, 0 ℃条件下预冷 12 h, 挑选大小均一、无病虫害及机械损伤的初红果 (着色面积小于 25%) 备用。

CPP 包装袋: 20 cm×30 cm, 厚度 0.18 mm, 上海易诺包装材料有限公司。

cAMP 标准品 (纯度>99.0%): 美国 ACROS 公司; 维生素 C 标准品 (纯度>99.0%): 美国 Chemservice 公司; 甲醇、磷酸二氢钾: 色谱纯, 迪马公司; 斐林试剂标准溶液 (5 mL A 液加 5 mL B 液的葡萄糖当量 12.9 mg): 天津市华特化研科技有限公司; 亚硝酸钠、硫代硫酸钠、草酸: 分析纯, 天津市度诚伟业科技发展有限公司; 硝酸铝、三氯乙酸: 分析纯, 天津市福晨化学试剂厂; 重铬酸钾、碘化钾: 分析纯, 天津市风船化学试剂有限公司; 氢氧化钠: 分析纯, 沈阳市新化试剂厂; 邻苯二甲酸氢钾: 分析纯, 天津市博迪化工股份有限公司; 硫代巴比妥酸: 分析纯, 国药集团化学试剂有限公司。

1.2 仪器与设备

Agilent1260 高效液相色谱仪 (色谱柱: Eclipse plus C₁₈ 4.6×150 mm): 安捷伦科技有限公司; TJ201 高通量研磨仪: 天津市东方天净科技发展有限公司; GY-3 型指针式水果硬度计: 浙江托普仪器有限公司; 722N 可见分光光度计: 上海精密科学仪器有限公司; Chroma Meter CR-400 型彩色色差计: Konica Minolta; CYES-II 氧、二氧化碳测定仪: 苏州市天威仪器有限公司。

1.3 处理方法

选取成熟度一致 (着色面积均小于 25%), 大小

均匀,无病虫害及机械损伤的鲜枣,随机分组。其中一组果实直接装入 CPP 包装袋中(200 g/袋,打孔,4×φ5 mm)进行封装,作为对照组,其余果实分装(200 g/袋)后进行充气包装。根据主动气调包装、全氮气包装以及被动气调包装的特点,确定3种气调包装中各气体的体积分数分别为:气调①:5%O₂、2%CO₂、93%N₂;气调②:100%N₂;气调③:5%O₂、8%CO₂、87%N₂,每组分别为10袋。封装完毕后于(0±0.5)℃的冷库中贮藏,每隔10 d测定各项指标,每个指标重复测定3次。

1.4 测定指标与方法

cAMP含量、VC(维生素C)含量:高效液相色谱法^[15-16];总黄酮含量:分光光度法^[17];MDA(丙二醛)含量:硫代巴比妥酸法^[18];还原糖含量:斐林试剂法(以葡萄糖当量表示)^[18];TA(可滴定酸)含量:酸碱滴定法(以苹果酸当量表示)^[18];乙醇含量:重铬酸钾氧化法^[18];果实硬度:果实硬度计测定^[18];色差:色彩色差计测定^[19];O₂、CO₂气体含量:采用氧、二氧化碳测定仪测定;失重率:直接称量测定^[20],失重率(%)=[(m-m₁)/m]×100%(m为贮藏前果实质量,m₁为测定时果实质量)。

1.5 数据统计与分析

本实验所有数据均为鲜重状态下测定所得,采用SPSS专业数据统计软件进行差异显著性分析。

2 结果与分析

2.1 MAP贮藏对初熟鲜枣果实失重率的影响

鲜枣在贮藏过程中,随着营养物质的消耗,果实质量会有所损失。总体来讲,各组果实失重率在贮藏初期明显升高,中期达到最高水平,而后逐渐下降,见图1。经过气调包装的初熟鲜枣失重率明显低于对照组,贮藏前60天随着贮藏时间的延长,气调包装组的优势越发明显。实验发现,三个气调包装组中保水率较高的为气调③组,即气体组成为5%O₂、8%CO₂、87%N₂,其失重率最高可比其他组低近0.2%,差异极显著($p<0.01$),且该组鲜枣能较长时间的保持饱满、光亮的状态,保鲜效果较好。

2.2 MAP贮藏对初熟鲜枣包装袋中O₂和CO₂体积分数的影响

果实在贮藏过程中由于其自身的呼吸作用以及包装材料透气性的影响而使果实周围环境中气体成分发生改变,其中对果实品质影响较大的是O₂

和CO₂。实验发现,对照组的O₂和CO₂体积分数均无明显变化,维持在一个较稳定的水平。而3个处理组的氧气体积分数由最初的5%、0%、5%逐渐变化,10~40 d在2.5%~4.5%之间波动,40 d以后基本稳定在2.5%左右(图2a),为鲜枣持续进行低速的有氧呼吸提供氧气。这样既能够避免无氧呼吸产生乙醇使鲜枣酒化,又能够有效降低呼吸代谢所造成的营养物质的大量消耗。同时,3个处理组中二氧化碳含量呈现先急剧上升,而后平缓变化(图2b),至贮藏结束时3个处理组的二氧化碳体积分数变化均相对比较稳定,分别为35.5%、33.8%和28.2%。

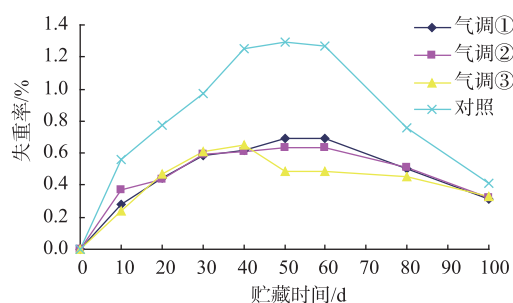


图1 MAP贮藏对初熟鲜枣失重率的影响

Fig. 1 Effect of MAP on weight loss of early mature stage fresh jujube fruits during storage at (0±0.5) °C for 100 d

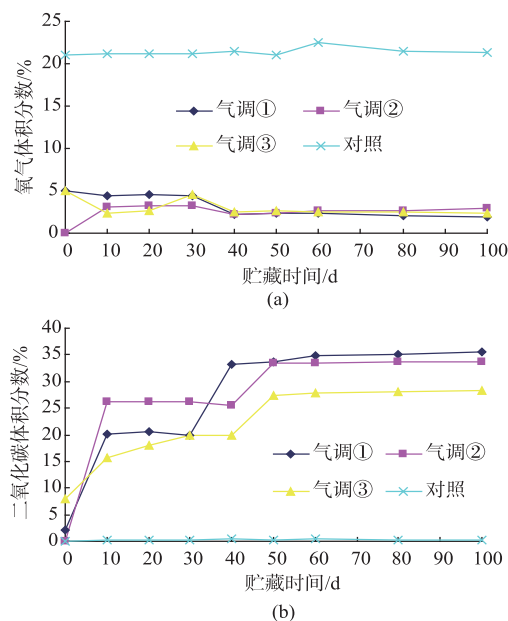


图2 MAP贮藏对初熟鲜枣包装袋中O₂(a)和CO₂(b)体积分数的影响

Fig. 2 Effect of MAP on O₂ (a) and CO₂ (b) contents in early mature stage fresh jujube fruits during storage at (0±0.5) °C for 100 d

2.3 MAP 贮藏对初熟鲜枣果实硬度的影响

总体来讲,在鲜枣贮藏期间果实硬度随着贮藏时间的延长而不断下降,且各组变化趋势基本一致,见图3。在贮藏初期,果实保持鲜脆状态,硬度下降趋势较为缓慢,0~60 d 期间各组果实硬度变化不大,相互之间无明显差异,60 d 之后,各组果实硬度发生较明显的变化。对照组果实硬度自第 60 天起呈现急剧下降的趋势,至贮藏结束时硬度降为 6.87 kg/cm²,比贮藏前下降了 54.75%。而经气调包装的三组果实的硬度在 60 d 以后下降速率较为缓慢,与对照组相比差异极显著($p < 0.01$)。由此表明,气调包装的鲜枣能较好的保持果实硬度,其中以气调①组的贮藏效果最好,果实硬度均略高于其他两组,差异显著($p < 0.05$)。果实硬度下降的原因主要是由于在贮藏过程中原果胶被原果胶酶分解,原果胶与纤维素的结合力下降,果实细胞间的粘结作用也随之下降,果实组织松弛,从而硬度变小^[20]。

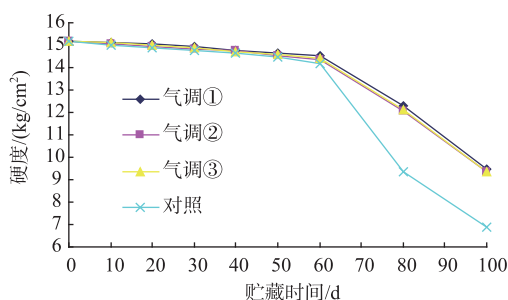


图3 MAP 贮藏对初熟鲜枣硬度的影响

Fig. 3 Effect of MAP on firmness of early mature stage fresh jujube fruits during storage at (0±0.5) °C for 100 d

2.4 MAP 贮藏对初熟鲜枣果实还原糖质量分数的影响

鲜枣贮藏期间,还原糖质量分数总体呈先上升后下降的趋势,见图4。在贮藏前30天,3个处理组还原糖质量分数变化很小,对照组质量分数上升较快。但是,30 d 以后各组果实中还原糖质量分数均急剧上升,至贮藏第40 d 时,对照组还原糖质量分数已升至 100.21 mg/g,而经过气调包装的果实中还原糖质量分数明显低于对照组。其中以气调①组的还原糖质量分数最低,仅为 93.34 mg/g,比气调②和气调③两组分别低 4.30%和 5.38%,差异极显著($p < 0.01$),贮藏效果较好。各组果实中还原糖质量分数平稳一段时间后开始下降,其中以对照组下降速率最大,气调①组下降最为缓慢,差异极显著($p <$

0.01)。枣果还原糖质量分数的上升是因为果实中蔗糖水解成为葡萄糖和果糖而引起的,随着果实贮藏时间的延长,细胞受到破坏,蔗糖酶与底物蔗糖接触而将蔗糖水解成为葡萄糖和果糖,使还原糖质量分数增加,后因代谢消耗再次使其质量分数降低^[21]。

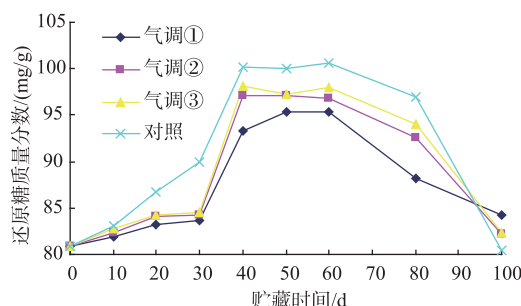


图4 MAP 贮藏对初熟鲜枣还原糖质量分数的影响

Fig. 4 Effect of MAP on content of reducing sugar in early mature stage fresh jujube fruits during storage at (0±0.5) °C for 100 d

2.5 MAP 贮藏对初熟鲜枣果实 TA 体积分数的影响

在果实贮藏过程中,TA 是鉴别果实品质的重要指标,也是衡量果实贮藏品质的标志之一。整个鲜枣贮藏的过程中各组果实 TA 体积分数变化趋势基本一致,由于初熟鲜枣采后初期物质合成起主导作用,因此 TA 体积分数逐渐升高,其中以气调①组质量分数最高,与其他组相比差异极显著($p < 0.01$)。上升至最高点以后由于其作为呼吸底物或者其他合成物质的原料而被不断消耗,所以贮藏至 60 d 时可滴定酸体积分数开始逐渐下降,见图5。在整个贮藏过程中对照组 TA 体积分数均低于其他三组,至贮藏结束时降为 0.27%,低于其他三组近 0.01%。表明气调包装可有效抑制 TA 的消耗,气调①组能够更好地保持鲜枣的品质。

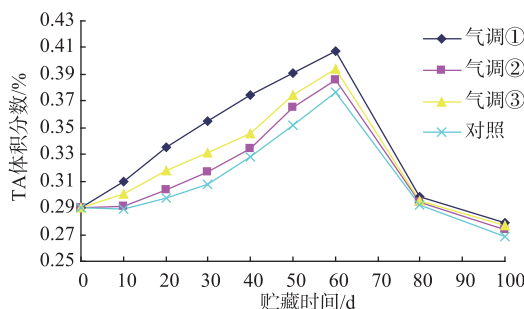


图5 MAP 贮藏对初熟鲜枣 TA 体积分数的影响

Fig. 5 Effect of MAP on TA content in early mature stage fresh jujube fruits during storage at (0±0.5) °C for 100 d

2.6 MAP 贮藏对初熟鲜枣果实颜色的影响

颜色作为一种直观的感官指标,对于吸引消费者有着极为重要的作用。其中色彩饱和度 C 与叶绿素含量呈显著负相关,与其他因素无显著关系。色度角 H 的变化幅度在 $0\sim 180$ 之间,依次为紫红、红、橙红、橙、黄、黄绿、绿和蓝绿, $H=0$ 为紫红色, $H=90$ 为黄色, $H=180$ 为绿色^[19]。各组果实贮藏至第 10 天时色彩饱和度上升至最高点,而后均呈现逐渐下降的变化趋势。至贮藏结束时以对照组色彩饱和度最低,与处理组相比差异显著($p<0.05$),气调①组变化较小,与气调②和气调③组相比差异显著($p<0.05$),贮藏效果较好,见图 6a。

另外,从颜色转变来看,在贮藏前期颜色变化较为缓慢,中期开始色度角明显下降而后变化趋势趋于平缓(图 6b),颜色由绿逐渐转黄。贮藏至第 20 天时开始各组果实明显转黄,色度角急剧下降。贮藏第 60 天时对照组的色度角已降至 99.42,果实开始转红,而其他三组果实色度角依然保持 100 以上,未见明显变化(图 6b)。整个贮藏过程中气调①组果实颜色相对较为鲜亮,色度角持续略高于其他两组,果实颜色变化较为缓慢,至贮藏结束时仍保持较高的色度角,能够有效保持果实鲜亮的色泽。

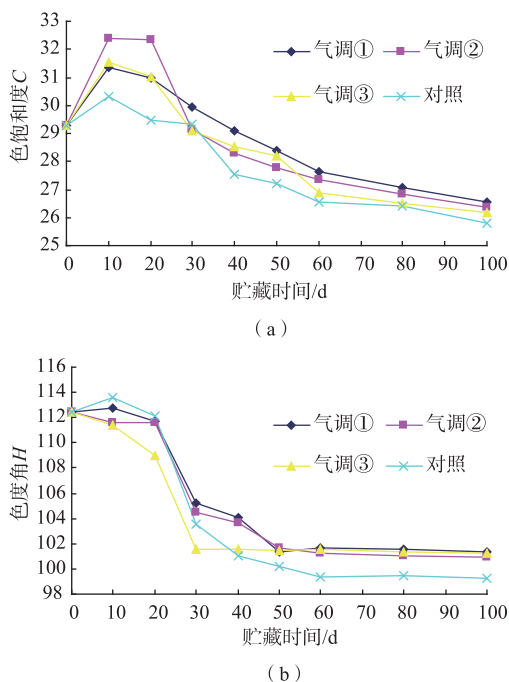


图 6 MAP 贮藏对初熟鲜枣色彩色差的影响

Fig. 6 Effect of MAP on color change of early mature stage fresh jujube fruits during storage at (0 ± 0.5) °C for 100 d

2.7 MAP 贮藏对初熟鲜枣果实乙醇体积分数的影响

在果实贮藏期间,由于果实的衰老,细胞透氧能力降低,组织内发生无氧呼吸,此时糖酵解产生的丙酮酸不再进入三羧酸循环,而是脱羧生成乙醛,乙醛还原生成乙醇,从而导致乙醇在果实体内不断积累^[20]。一般刚采收的果蔬乙醇体积分数极少(为 0.04%左右),在贮藏过程中逐渐积累,当乙醇体积分数达到 0.30% 时便会对果蔬造成伤害。因此,果蔬中乙醇的变化情况可以作为判断贮藏效果的依据之一^[18]。

鲜枣贮藏期间各组果实中乙醇体积分数的变化总体一致,均呈现逐渐上升的趋势,见表 1。在整个贮藏过程中对照组乙醇积累量上升速率最大,体积分数明显高于其他几组,至贮藏结束时乙醇体积分数高达 0.25%,已严重影响了鲜枣的品质。经气调包装的果实中乙醇体积分数均小于对照组,尤以气调①组乙醇体积分数一直最低,至贮藏结束时气调①组乙醇体积分数也仅为 0.23%,低于气调②和气调③两组,差异极显著($p<0.01$)。由此表明,气调包装处理可有效减缓乙醇生成,且气调①组效果最佳。

2.8 MAP 贮藏对初熟鲜枣果实 MDA 摩尔质量分数的影响

MDA 是膜脂过氧化的产物,其摩尔质量分数反映着膜脂过氧化程度,也是评价果实贮藏品质的重要指标之一^[18,23]。

鲜枣贮藏期间各组果实中 MDA 摩尔质量分数都呈现缓慢上升的趋势,见表 2。其中,对照组的上升速率略大,摩尔质量分数持续增高,至贮藏结束时其摩尔质量分数达到 6.95 $\mu\text{mol/g}$,均高于三个处理组。三个处理组中 MDA 摩尔质量分数以气调②组最高,气调①组最低,贮藏前 10 天各组间 MDA 摩尔质量分数无明显差异,中期(10~60 d)气调①与气调②两组间摩尔质量分数差异显著($p<0.05$),与气调③之间无明显差异,60 d 以后气调①与另外两组之间差异极显著($p<0.01$)。结果说明,气调包装可有效抑制鲜枣膜脂过氧化,气调①组与其他两组相比能够较好地延缓果实的衰老。

2.9 MAP 贮藏对初熟鲜枣果实总黄酮质量分数的影响

黄酮类化合物是自然界广泛存在的一大类化

表 1 MAP 贮藏对初熟鲜枣乙醇体积分数的影响

Table 1 Effect of MAP on ethanol content in early mature stage fresh jujube fruits during storage at (0±0.5) °C for 100 d
体积分数/%

实验组别	贮藏时间/d								
	0	10	20	30	40	50	60	80	100
气调包装①	0.020 ^a	0.026 ^c	0.034 ^c	0.040 ^b	0.046 ^c	0.055 ^c	0.071 ^c	0.127 ^d	0.227 ^d
气调包装②	0.020 ^a	0.032 ^a	0.036 ^b	0.042 ^b	0.049 ^b	0.060 ^b	0.079 ^b	0.146 ^b	0.238 ^b
气调包装③	0.020 ^a	0.030 ^c	0.036 ^b	0.042 ^b	0.049 ^b	0.059 ^b	0.078 ^b	0.134 ^c	0.234 ^c
对照组	0.020 ^a	0.033 ^a	0.040 ^a	0.049 ^a	0.055 ^a	0.065 ^a	0.168 ^a	0.168 ^a	0.250 ^a

* 注:不同的字母表示差异显著, $p < 0.05$ 。

表 2 MAP 贮藏对初熟鲜枣 MDA 摩尔质量分数的影响

Table 2 Effect of MAP on MDA content in early mature stage fresh jujube fruits during storage at (0±0.5) °C for 100 d

实验组别	贮藏时间/d								
	0	10	20	30	40	50	60	80	100
气调包装①	1.921 ^a	2.023 ^b	2.247 ^b	2.647 ^c	2.937 ^c	3.323 ^c	3.621 ^c	4.950 ^c	6.047 ^c
气调包装②	1.921 ^a	2.147 ^a	2.467 ^a	2.770 ^b	3.063 ^b	3.523 ^b	3.917 ^b	5.277 ^b	6.351 ^b
气调包装③	1.921 ^a	2.130 ^a	2.137 ^c	2.673 ^c	2.940 ^c	3.443 ^b	3.773 ^b	5.257 ^b	6.243 ^b
对照组	1.921 ^a	2.207 ^a	2.497 ^a	2.933 ^a	3.237 ^a	3.643 ^a	4.447 ^a	5.553 ^a	6.947 ^a

* 注:不同的字母表示差异显著, $p < 0.05$ 。

合物,具有抗菌、抗病毒、抗过敏、消炎以及扩张血管等诸多生理功能^[24],此外黄酮类化合物还具有很好的清除自由基和抗氧化作用^[17]。但是贮藏过程中果实采后代谢反应以及芦丁酶降解会导致总黄酮质量分数下降^[25]。

鲜枣贮藏期间,对照组总黄酮质量分数整体呈下降趋势,三个气调包装组均先缓慢上升至最高点而后迅速下降,见图 7。对照组总黄酮质量分数自贮藏开始时持续下降,至贮藏结束时总黄酮质量分数仅为 2.07 mg/g,损失率达 29.13%,而三个气调组在 0~60 d 期间总黄酮的质量分数由最初的 2.42 mg/g 分别上升至 3.19、2.90、2.97 mg/g,60 d 以后开始缓慢下降,但至贮藏结束时总黄酮质量分数依然在 3.00 mg/g,明显高于对照组。其中,气调②和气调③两组总黄酮质量分数差异显著 ($p < 0.05$),而气调①组的总黄酮质量分数明显高于其他两组,差异极显著 ($p < 0.01$),在防止营养物质损失方面有明显优势。

2.10 MAP 贮藏对初熟鲜枣果实 VC 质量分数的影响

鲜枣素有“天然维生素丸”的美誉,其中以维生素 C 质量分数为最高,因此测定贮藏过程中维生素 C 质量分数的变化情况是评价鲜枣贮藏方法优劣的重要指标之一。

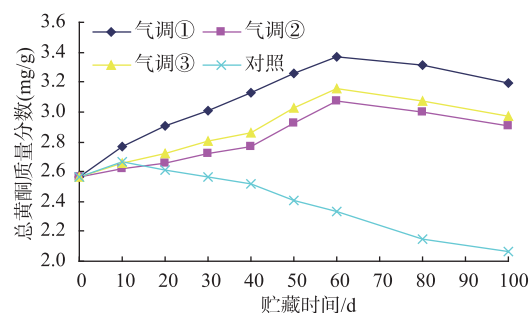


图 7 MAP 贮藏对初熟鲜枣总黄酮质量分数的影响

Fig. 7 Effect of MAP on total flavones content in early mature stage fresh jujube fruits during storage at (0±0.5) °C for 100 d

鲜枣贮藏过程中,VC 质量分数呈先升高后降低的变化趋势,见图 8。初期由于果实在采收时还未达到完全成熟的状态,VC 的质量分数均有所增加,但是,随着贮藏时间的延长,各组果实中 VC 质量分数迅速下降。与对照组相比,气调包装在一定程度上减缓了 VC 的流失速度,其中气调①组中 VC 流失速率在整个贮藏期间一直保持最低状态,下降趋势较为平缓,贮藏至结束时其质量分数为 217.47 mg/100g,极显著地高于气调②与气调③两组 ($p < 0.01$)。造成 VC 质量分数下降是由于贮藏中后期果实体内的分解代谢大于合成代谢,VC 逐渐被氧化成为脱氢-L-抗坏血酸,这种非还原型的抗坏血酸

虽然具有 VC 的活力,但却极易水解,从而继续被氧化生成其他物质,造成 VC 质量分数的下降。失去 VC 的保护,果实将加速氧化衰老变质。

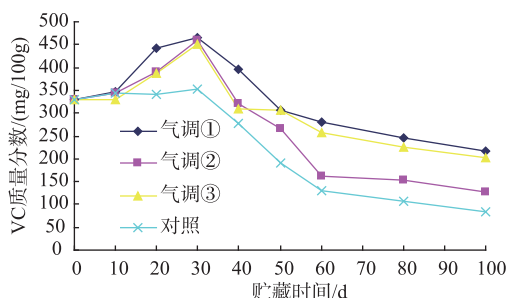


图 8 MAP 贮藏对初熟鲜枣维生素 C 质量分数的影响
Fig. 8 Effect of MAP on VC content in early mature stage fresh jujube fruits during storage at (0 ± 0.5) °C for 100 d

2.11 MAP 贮藏对初熟鲜枣果实 cAMP 质量分数的影响

cAMP 为蛋白激酶致活剂,作为第二信使参与体内多种生理生化过程的调节,具有舒张平滑肌、改善肝功能、扩张血管、激活蛋白的作用,对于心肌梗塞、心源性休克、冠心病、牛皮癣等疾病有显著疗效^[26]。另外 cAMP 也是枣中最突出的生物活性物质^[15],因此研究其在鲜枣贮藏过程中质量分数的变化极为重要。

在鲜枣贮藏期间,cAMP 质量分数整体变化趋势基本一致,均先上升至最高值,而后缓慢下降,见图 9。初期 0~40 d,由于鲜枣在采收时还未达到完全成熟,采后还将继续进行物质合成,使得 cAMP 质量分数升高,贮藏约 40 d 左右时果实中 cAMP 质量分数达到最高水平。此后各组果实中 cAMP 质量分数均逐渐下降,其中对照组 cAMP 质量分数由 132.24 ug/g 降至最终的 104.06 ug/g,下降了 55.58%,损失率居各组之首。经气调包装的果实在贮藏过程中能够较好地防止 cAMP 的流失,且气调①组 cAMP 质量分数极显著($p<0.01$)的高于其他两

组。上述结果表明,气调包装能够有效防止 cAMP 的流失,气调①效果较明显。

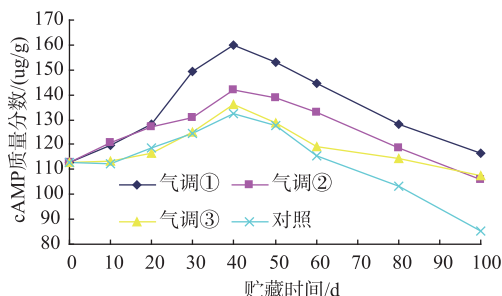


图 9 MAP 贮藏对初熟鲜枣环磷酸腺苷质量分数的影响
Fig. 9 Effect of MAP on cAMP content in early mature stage fresh jujube fruits during storage at (0 ± 0.5) °C for 100 d

3 结 语

作者以鲜枣为实验材料,研究了以不同体积分数的气体进行气调包装对在 (0 ± 0.5) °C贮藏的朝阳鲜枣品质的影响。研究发现,经过 100 d 的贮藏,3 个处理组均对鲜枣有着不同程度的保鲜作用。经过气调包装处理的果实中 TA 体积分数下降速率较为缓慢,比对照组低近 0.05%;颜色变化以及还原糖质量分数上升速率较小;同时降低了质量损失和乙醇积累量,与对照组相比失重率低 0.65%,乙醇积累量低近 0.04%;也减缓丙二醛(MDA)质量分数的上升和硬度的下降;更有效防止了维生素 C、cAMP 和总黄酮等营养物质的流失,营养物质损失率最高可比对照组低 54.11%。而对照组的果实贮藏至第 70 天左右时便失去原有的商品价值。研究结果表明,气调包装处理可有效抑制鲜枣果实衰老和营养物质流失,能够有效延长鲜枣的商品期 20~30 天。根据周期性测定鲜枣贮藏过程中各项生理指标和营养物质含量的变化,不断地对鲜枣果实贮藏情况进行观察和感官评价,以及数据处理和差异显著性分析结果得出,以 O_2 、 CO_2 、 N_2 体积分数分别为 5%、2%、93%时保鲜效果最好。

参考文献:

- [1] 王大鹏,浦有能,秦文,等. 不同保鲜剂对米枣采后贮藏品质的影响[J]. 食品科学,2012,33(10):301-305.
WANG Dapeng,PU Youneng,QIN Wen,et al. Effects of different anti-staling agents on qualities of 'Mi Zao' jujube during postharvest period[J]. **Food Science**,2012,33(10):301-305.(in Chinese)
- [2] Kader A. Post-harvest respiration and compositional changes of Chinese jujube fruit[J]. **Hortscience**,1982,17(4):678-679.
- [3] Li J Z,Wang G X. Storage technical criterion study on Jujubes[J]. **Food Science**,2004(4):193-195.

- [4] Tong C, Krueger D. Comparison of softening-related changes during storage of Honeycrisp apple, its parents, and delicious[J]. **Hortscience**, 1999, 124:407-415.
- [5] 雷逢超, 钟玉, 张有林, 等. 鲜枣采后生理及贮藏保鲜技术研究进展[J]. 陕西农业科学, 2011(3):153-157.
LEI Fengchao, ZHONG Yu, ZHANG Youlin, et al. The research of fresh postharvest physiology and storage technology [J]. **Shaanxi Journal of Agricultural Sciences**, 2011(3):153-157. (in Chinese)
- [6] 朱佳佳, 潘永贵. 气调包装对鲜切菠萝品质的影响[J]. 食品研究与开发, 2012, 33(7):185-187.
ZHU Jiajia, PAN Yonggui. Influence of modified atmosphere packaging on quality in fresh-cut pineapple[J]. **Food Research and Development**, 2012, 33(7):185-187. (in Chinese)
- [7] 常蕊. 气调包装技术在食品保鲜中的应用[J]. 农业工程, 2012, 2(12):28-30.
CHANG Rui. Application of modified atmosphere packaging technology in food preservation[J]. **Agriculture Engineering**, 2012, 2(12):28-30. (in Chinese)
- [8] 麦馨允, 胡长鹰. 气调包装对杨桃贮藏品质的影响[J]. 食品与发酵工业, 2012, 38(6):213-218.
MAI Xinyun, HU Changying. Effects of modified atmosphere packaging on the quality of carambola[J]. **Food and Fermentation Industries**, 2012, 38(6):213-218. (in Chinese)
- [9] Villanueva M J, Tenorio M D, Sagardoy M. Physical, chemical, histological and microbiological changes in fresh green asparagus stored in modified atmosphere packaging[J]. **Food Chemistry**, 2005, 91:609-619. (in Chinese)
- [10] Jiang Y M. Postharvest browning of litch fruit by water loss and its control by controlled atmosphere storage at high RH [J]. **Food Science and Technology**, 1999(32):278-283.
- [11] Avella M, Devliger J J, Errico M E, et al. Biodegradable starch/clay nanocomposite films for food packaging applications[J]. **Food Chemistry**, 2005(93):467-474.
- [12] Fernande T J P. Modified atmosphere packaging affects the occurrence of cold storage disorders and keeps 'flat' peach quality[J]. **Food Research International**, 1998(3):571-579.
- [13] 董维军, 牟淑文. 朝阳大枣产业区域化开发与深加工技术初探[J]. 现代农业科技, 2007(9):53-54.
DONG Weijun, MU Shuwen. The discussion of Chaoyang jujube industrial regionalization development and deep processing technology[J]. **Modern Agriculture Technology**, 2007(9):53-54. (in Chinese)
- [14] 王刚. 金陵大枣微孔膜贮藏过程中软化衰老及生理变化的研究[D]. 沈阳: 沈阳农业大学, 2009.
- [15] 张明娟, 李薇, 庞晓明. 枣果中环磷酸腺苷(cAMP)的提取工艺及含量测定[J]. 食品与发酵工业, 2012, 38(5):228-231.
ZHANG Mingjuan, LI Wei, PANG Xiaoming. Study on extraction cAMP from Jujubes and its quantitative determination[J]. **Food and Fermentation Industries**, 2012, 38(5):228-231. (in Chinese)
- [16] 李玉兰, 张少华. 猕猴桃中维生素 C 的 HPLC 分析[J]. 计算机与应用化学, 2011, 28(4):458-460.
LI Yuming, ZHANG Shaohua. Determination of vitamin C in the Chinese gooseberry by HPLC [J]. **Computers and Applied Chemistry**, 2011, 28(4):458-460. (in Chinese)
- [17] 胡芳, 赵智慧, 刘孟军. 金丝小枣类黄酮提取最佳条件及抗氧化研究[J]. 中国食品学报, 2012, 12(4):77-83.
HU Fang, ZHAO Zhihui, LIU Mengjun. Studies on the extracting and antioxidant activities of flavonoids in 'Jinsixiaozao' [J]. **Journal of Chinese Institute of Food Science and Technology**, 2012, 12(4):77-83. (in Chinese)
- [18] 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, 2007:22-155.
- [19] 王利群, 戴雄泽. 色差计在辣椒果实色泽变化检测中的应用[J]. 辣椒杂志, 2009, 3:23-33.
WANG Liqun, DAI Xiongze. Application of colorimeter for testing its color change during the development of hot pepper (*Capsicum annuum* L.) fruit[J]. **Journal of China Capsicum**, 2009, 3:23-33. (in Chinese)
- [20] 李述刚, 陈冬梅, 刘华英, 等. 壳聚糖涂膜保鲜圆脆红枣[J]. 食品科学, 2011, 32(2):280-284.
LI Shugang, CHEN Dongmei, LIU Huaying, et al. Fresh-keeping effect of chitosan coating on *Zizyphus jujuba* mill fruits[J]. **Food Science**, 2011, 32(2):280-284. (in Chinese)
- [21] 曲维丽, 臧鹏. 冻干甜椒贮藏过程中抗坏血酸及还原糖的变化[J]. 食品科技, 2012, 37(9):32-34.
QU Weili, ZANG Peng. Changes of ascorbic acid and reducing sugar in frozen-dried pimiento during storage [J]. **Food Science and Technology**, 2012, 37(9):32-34. (in Chinese)
- [22] 李鹏, 刘孟纯, 耿建强, 等. 冬枣采后乙醇积累的相关分析研究[J]. 食品科学, 2008, 29(4):415-418.

- LI Peng, LIU Mengchun, GENG Jianqiang, et al. Analysis of ethanol accumulation in post harvest winter jujube fruits [J]. **Food Science**, 2008, 29(4): 415–418. (in Chinese)
- [23] 周莎莎, 岳本芳, 李文香, 等. 微真空贮藏条件对莱阳梨果实膜脂过氧化的影响[J]. 食品与生物技术学报, 2012, 31(4): 123–128.
- ZHOU Shasha, YUE Benfang, LI Wenxiang, et al. Effects of micro-vacuum storage conditions on the membrane lipid peroxidation of Laiyang pear[J]. **Journal of Food Science and Biotechnology**, 2012, 31(4): 123–128. (in Chinese)
- [24] Cook N C, Samman S. Flavonoids—chemistry, metabolism, cardioprotective effects, and dietary sources [J]. **Journal of Nutritional Biochemistry**, 1996, 7: 66–76.
- [25] 涂宝军. 不同贮藏方式对芦笋黄酮类化合物含量的影响[J]. 食品研究与开发, 2012, 33(3): 199–219.
- TU Baojun. The influence of different storage methods on the contents of flavonoids in Asparagus [J]. **Food Research and Development**, 2012, 33(3): 199–219. (in Chinese)
- [26] Hanabusa K, Cyong J C, Takahashi M. High level of cyclic AMP in the Jujube plum[J]. **Planta Medica**, 1981, 42: 380–384.

会 议 信 息

会议名称(中文): 2014 年全国生物技术与食品安全博士后学术论坛

开始日期: 2014-10-01

所在城市: 江西省 南昌市

具体地点: 南昌大学前湖大厦

主办单位: 全国博士后管委会办公室 中国博士后科学基金会 江西省人力资源和社会保障厅

承办单位: 南昌大学

摘要截稿日期: 2014-09-15

联系人: 汪老师 吴老师

联系电话: 079183969076 079188333529

传真: 079183969078

E-MAIL: ncubsh@ncu.edu.cn

会议网站: <http://jj.chinapostdoctor.org.cn/Xslt/szdwlt.action?szdwid=10123&forumid=0f3a3b4d-110a-4098-b4f6-52b739e42a53>

会议名称(中文): 第二届中国生物医药与制药学国际学术会议暨珠海生物医药安全与发展科学技术大会

会议名称(英文): 2014 2nd International Conference on Biomedicine and Pharmaceutics

开始日期: 2014-10-17

结束日期: 2014-10-19

所在城市: 广东省 珠海市

主办单位: 珠海药学会、珠海市医药行业协会

承办单位: 吉林大学珠海学院、吉林省生物化学与分子生物学会

会议主席: 廖立国, 吉林大学珠海学院董事长、教授

程序委员会主席: Roger W. Chan 教授, 德克萨斯大学, 美国

联系人: 尤风玲

联系电话: 15515536262

E-MAIL: icbpconf@163.com

会议网站: <http://icbp.jluzh.com/>