

DOI:10.3969/j.issn.1000-1298.2010.07.024

黄金梨气调贮藏中 CO₂ 对果实组织褐变及品质的影响*

王志华 丁丹丹 王文辉 申春苗 姜云斌 佟伟

(中国农业科学院果树研究所, 兴城 125100)

【摘要】 研究了 O₂ 体积分数为 3%, CO₂ 体积分数分别为 0、0.5%、1.0%、2.0%、3.0%, 温度为 0℃, 相对湿度为 80%~85% 条件下的气调贮藏对黄金梨贮藏后货架期间果实品质、采后生理以及组织褐变情况的影响。结果表明, 与 CK 相比, 5 个气调处理对果实硬度下降均有一定的抑制效果, 但体积分数为 0 的 CO₂ 气调处理能明显抑制果实呼吸强度, 抑制果实的 PG 活性, 贮藏 180 d 时, 未发生果皮和果肉褐变(包括 CK), 果实的硬度和风味保持较好, 0.5% CO₂ 气调处理发生轻微的果肉褐变, 0~0.5% CO₂ 和 3% O₂ 的组合是黄金梨适宜的气调贮藏条件。黄金梨对 CO₂ 极为敏感, 当 CO₂ 体积分数为 1.0% 时, 果肉发生褐变; CO₂ 体积分数为 2.0% 和 3.0% 时, 果皮和果肉均发生褐变, 同时 3.0% CO₂ 果心褐变较严重。结果还表明, PPO 活性和乙醇含量是黄金梨果肉褐变的 2 个重要影响因素。

关键词: 黄金梨 保鲜 气调贮藏 CO₂ 体积分数 组织褐变 品质

中图分类号: S661.2; S609+.3 文献标识码: A 文章编号: 1000-1298(2010)07-0114-05

Effects of Different CO₂ Volumefraction on Fruit Browning and Quality of 'Whangkeumbae' during Controlled Atmosphere Storage

Wang Zhihua Ding Dandan Wang Wenhui Shen Chunmiao Jiang Yunbin Tong Wei

(Research Institute of Pomology, Chinese Academy of Agricultural Sciences, Xingcheng 125100, China)

Abstract

With 3% O₂ concentration, effects of different CO₂ concentrations on fruit quality, post-harvest physiology and tissue browning of 'Whangkeumbae' were investigated by using accurate CA match air equipments during shelf-life days. The results showed that different treatments of controlled atmosphere (CA) could delay declining of fruit firmness. Furthermore, under the treatment at CO₂ concentration of zero, the fruit respiration rate and polygalacturonase (PG) activity were obviously inhibited by CA and there were no browning reaction on the pericarp and pulp with high firmness and good flavor of fruit after 180 days storage. Under 0.5% CO₂ concentration treatment, there was light pulp browning. According to the experiment, 3% O₂ and CO₂ concentration of 0~0.5% was optimal condition for CA storage of 'Whangkeumbae'. 'Whangkeumbae' pear is sensitive to CO₂. When CO₂ concentration was more than 1% the fruit browning were more serious with increasing of concentration of CO₂. The results also indicated that PPO activity and the content of ethanol were important factors of browning reaction in 'Whangkeumbae' pear.

Key words 'Whangkeumbae' pear, Fresh-keeping, Controlled atmosphere storage, CO₂ volumefraction, Tissue browning, Quality

收稿日期: 2009-07-28 修回日期: 2009-09-21

* "十一五"国家科技支撑计划资助项目(2006BAD22B04)和现代农业产业技术体系建设专项基金资助项目(nycytx-29-18)

作者简介: 王志华, 助理研究员, 主要从事果品采后生理与贮藏保鲜技术研究, E-mail: wangzhihua415000@163.com

通讯作者: 王文辉, 研究员, 主要从事果品采后生理与贮藏保鲜技术研究, E-mail: wenhuiw@263.net

引言

黄金梨 (*Pyrus pyrifolia* Nakai cv. Whangkeumbae) 果实综合品质极优,但采后贮藏过程中极易失水、皱皮、果肉发绵,贮藏后期果皮和果心也容易褐变,极大地影响了果实外观和商品价值^[1-2]。气调(controlled atmosphere,简称CA)贮藏作为目前果蔬贮藏的一种先进技术,可更好维持新鲜果蔬的采后品质并延长其贮藏寿命,但控制不好气体之间的比例,极易发生气体伤害。有关黄金梨的气调保鲜已有少量报道^[2-4],但都是采用气调帐调节气体成分,本文采用较为精确的气调贮藏配气装置,在固定的O₂体积分数、不同体积分数CO₂条件下对黄金梨果实进行气调贮藏试验,以揭示不同CO₂体积分数对黄金梨果实采后贮藏品质和褐变的影响机制,探索黄金梨贮藏的最佳CO₂体积分数,为其贮藏保鲜提供参考。

1 材料与方 法

1.1 材料与处理

供试品种黄金梨(套袋果)果实于2008年9月4日采自北京市大兴区魏善庄果园,该园为平地果园,砂壤土。采收当天经6h常温运回中国农科院果树研究所,然后随机取20个果测基础值(硬度5.01 kg/cm²,可溶性固形物含量12.1%);选大小均匀、无病虫害、无机械伤的果实进行气调试验。

试验设5个处理:T₀、T_{0.5}、T₁、T₂和T₃,分别表示CO₂体积分数为0、0.5%、1.0%、2.0%和3.0%,以上5个气调处理O₂体积分数均为3%,对照(CK)为连续流动的空气。每个处理设3个重复,共计18个试验小区,每个小区20kg果实,贮藏温度为0℃,相对湿度为80%~85%。

钢瓶装N₂、CO₂以及空气作为气源,25L广口玻璃瓶(橡皮塞密封)为气调密闭容器,3种气体按比例配制后,经CA配气系统分流调节送入玻璃瓶中,气体流量为120~150 mL/min,O₂和CO₂气体成分采用COMBO 280 Gas Analyser测定。

1.2 试验方法

果实酚类物质的定量测定采用Folin试剂法,参照文献[5]的方法;多酚氧化酶(PPO)活性参照文献[6]方法测定;膜透性(相对电导率)参照文献[7]方法测定;乙醇含量测定采用气相色谱法,参照文献[3]的方法;丙二醛含量参照文献[8]方法测定;呼吸强度及乙烯释放量参照文献[9]方法测定;多聚半乳糖醛酸酶(polygalacturonase,简称PG)活

性参照文献[10]方法测定。

果实硬度用意大利产53205型数据可输式硬度计测定;可溶性固形物含量用日本ATAGO公司PR-101α型折光仪测定;pH值用德国WTW公司InoLab Level 1型pH计测定。

果心褐变指数分级和计算参照文献[11]的方法;果皮褐变指数参照文献[4]方法;果肉褐变指数参照文献[7]的方法。

上述指标均为果实从冷库取出后在20℃下放置24h(1d)和7d时测定。

1.3 数据处理

试验数据采用STATGRAPHICS Plus统计软件进行方差分析和多元回归分析,采用最小差异法(LSD)进行显著性测验, $P \leq 0.05$ 表示差异显著, $P \leq 0.01$ 表示差异极显著。

2 结果与分析

2.1 果实组织褐变

从表1可以看出,黄金梨贮藏180d时,CK和T₃的果心褐变指数较高,对应的相对电导率和乙醇含量也较高,表明组织褐变与膜结构的破坏有关,适当体积分数的CO₂能降低细胞膜完整性的破坏程度,降低果实组织褐变程度;T₁果肉发生褐变,T₃和T₂发生轻微果皮和果肉褐变,CK、T₀和T_{0.5}未发生果皮和果肉褐变。从黄金梨果皮、果肉和果心褐变规律可以得出:T₂和T₃的组织褐变可能由过高的CO₂伤害造成,CK的组织褐变由果实衰老造成。

表1 CO₂体积分数对黄金梨果实组织褐变相关指标的影响(贮藏180d)

Tab.1 Effects of CO₂ on tissue browning index of 'Whangkeumbae' pear fruit stored for 180 days

指标	CK	T ₀	T _{0.5}	T ₁	T ₂	T ₃
PPO活性/g·min ⁻¹	27.50	19.13	25.13	16.38	24.88	20.13
酚类物质含量/mg·g ⁻¹	3.950	3.575	3.200	3.350	3.300	3.300
相对电导率/%	60.97	58.46	52.54	47.87	48.03	61.59
乙醇含量/mg·(100g) ⁻¹	0.751	0.148	0.266	0.112	0.113	0.419
丙二醛含量/mol·g ⁻¹	0.95	0.74	0.72	0.61	0.35	0.34
果心褐变指数/%	50.0	18.0	29.3	26.0	21.0	40.7
果肉褐变指数/%	0	0	1.0	11.0	6.0	5.0
果皮褐变指数/%	0	0	0	0	2.0	8.0

CK果实的果心褐变指数、PPO活性、酚类物质含量、乙醇含量和丙二醛含量均高于5个气调处理(表1)。对果心褐变指数和上述指标进行回归分析(表2),发现果心褐变指数与PPO活性及

乙醇含量有极显著正相关性,与酚类物质含量、电导率和丙二醛含量有正相关性。结果表明,PPO活性和乙醇含量是黄金梨果实果心褐变的2个重

要因子,适当体积分数 CO_2 处理能较好抑制果实乙醇含量的生成和 PPO 活性的升高,延缓果实衰老褐变进程。

表2 黄金梨果心褐变指数(Y)与PPO活性、酚类物质含量、乙醇含量、丙二醛含量及相对电导率(X)的相关关系
Tab.2 Regression model between core browning index and PPO activity, phenolics, ethanol, MDA content, relative conductivity of 'Whangkeumbae' pear

指标	回归关系	相关系数 R	显著性测验
PPO 活性	$Y = -27.7205 + 2.63855X$	0.920188	$P \leq 0.01$
酚类物质含量	$Y = -48.7029 + 23.0819X$	0.520987	
乙醇含量	$Y = 16.7605 + 46.6761X$	0.951045	$P \leq 0.01$
丙二醛含量	$Y = 13.3979 + 28.1974X$	0.548701	
相对电导率	$Y = -36.7528 + 1.2309X$	0.629201	

从表1可以看出,对于5个气调处理来说,T3的果心褐变指数、电导率和乙醇含量均高于其他4个气调处理,但丙二醛含量却较低。对5个气调处理的丙二醛含量、果心褐变指数与 CO_2 体积分数进行回归分析(表3),发现丙二醛含量与 CO_2 体积

分数有显著负相关性,果心褐变指数与 CO_2 体积分数有正相关性。结果表明,适当提高 CO_2 体积分数可以抑制丙二醛含量的生成,从而延缓果实衰老,但体积分数过高易发生 CO_2 伤害造成组织褐变,同时积累大量乙醇。

表3 黄金梨丙二醛含量、果心褐变指数、呼吸强度(Y)与 CO_2 体积分数(X)的相关关系
Tab.3 Regression model between MDA content, core browning index, respiration rate and CO_2 volume fraction of 'Whangkeumbae' pear

指标	回归关系	相关系数 R	显著性测验
丙二醛含量	$Y = 0.753276 - 0.1548X$	-0.95427	$P \leq 0.05$
果心褐变指数	$Y = 20.444 + 5.0431X$	0.68873	
呼吸强度	$Y = 5.1095 + 1.4827X$	0.91735	$P \leq 0.01$

2.2 果实保鲜效果

2.2.1 果实呼吸强度和乙烯释放量

表4表明,黄金梨果实贮藏(120+7)d时,所有处理果实呼吸强度均明显低于(120+1)d,而贮藏(180+7)d时,CK、T0和T0.5呼吸强度高于(180+1)d,T1、T2、T3呼吸强度低于(180+1)d;就果实贮藏180d而言,20℃放置24h,CK果实呼吸强度较低,5个气调处理的呼吸强度从大到小依次为T3、T2、T1、T0.5、T0,20℃货架7d,T3乙烯释放量高于其他4个气调处理和CK。结果表明,果实贮藏后货架期间各处理的呼吸强度和乙烯释放量没有相同的规律,原因有待于进一步研究。对果实呼吸强度和 CO_2 体积分数进行回归分析,发现 CO_2 体积分数与呼吸强度有极显著正相关性(表3)。结果表明,较低体积分数的 CO_2 能较好抑制贮藏后期果实的呼吸强度,延缓果实衰老,较高体积分数 CO_2 促进果实呼吸强度的生成,加快果实衰老进程。

2.2.2 果实保鲜效果

从表5可以看出,黄金梨气调贮藏(120+1)d时,T0.5的硬度显著高于T3,20℃货架7d,除T2

表4 CO_2 体积分数对果实呼吸强度和乙烯释放量的影响
Tab.4 Effects of CO_2 volume fraction on respiration rate and ethylene production of 'Whangkeumbae' pear

气调处理	参数	贮藏时间/d			
		120+1	120+7	180+1	180+7
CK T0 T0.5 T1 T2 T3	呼吸强度/ $\text{mg} \cdot \text{kg}^{-1} \cdot \text{h}^{-1}$	4.15	3.54	4.90	7.50
		4.23	2.66	4.37	5.90
		4.61	3.00	5.48	7.10
		6.38	3.50	6.60	5.81
		7.84	4.05	8.03	7.32
		6.38	3.86	10.40	9.36
CK T0 T0.5 T1 T2 T3	乙烯释放量/ $\mu\text{L} \cdot \text{kg}^{-1} \cdot \text{h}^{-1}$	4.31	4.80	4.43	4.78
		4.23	4.09	4.25	5.37
		4.41	4.12	4.59	4.91
		4.50	4.82	4.22	5.24
		4.36	4.50	4.42	4.99
		4.21	4.18	4.67	5.84

外,其他4个气调处理的硬度均显著高于CK;贮藏(180+1)d时,T0硬度保持最好,显著高于CK,T0.5的硬度显著高于T1。结果表明,T0和T0.5两

个气调处理能较好保持黄金梨贮藏期间果实的硬度。黄金梨果实贮藏 180 d 时的 PG 活性高于对应处理贮藏 120 d (表 5), 表明 PG 活性变化与果实成熟衰老有关。贮藏 180 d 时, CK 果实的 PG 活性高于 5 个气调处理, 但 CK 与 T0 的 PG 活性差异达到显著 ($P \leq 0.05$)。通过对黄金梨果实成熟衰老过程中硬度与 PG 活性进行回归分析, 发现硬度与 PG 活性呈极显著负相关性 ($P \leq 0.01$), 回归方程为 $Y = 40.5176 - 7.81195X$, $R = -0.832876$ 。结果表明, PG 在果实成熟衰老过程中起着主要作用, PG 活性越高, 果实硬度越小, 果实软化程度越高。与 CK 相比, 5 个 CA 处理均抑制了果实 PG 活性, 其中 T0 抑制 PG 活性效果较明显, 因而 T0 较好保持了果实硬度, 延缓了果实后熟软化进程。

表 5 CO₂ 体积分数对果实硬度和 PG 活性的影响

Tab.5 Effects of CO₂ volumefraction on firmness and PG activity of 'Whangkeumbae' pear

气调处理	参数	贮藏时间/d			
		120+1	120+7	180+1	180+7
CK	硬度 $X/\text{kg}\cdot\text{cm}^{-2}$	4.80	4.62	4.43	4.42
T0		4.77	5.00	4.65	4.51
T0.5		4.96	5.01	4.64	4.57
T1		4.74	4.95	4.40	4.55
T2		4.73	4.72	4.47	4.50
T3		4.68	5.15	4.47	4.51
CK	PG 活性 $Y/\mu\text{mol}\cdot\text{g}^{-1}\cdot\text{h}^{-1}$	2.778	1.846	7.045	6.321
T0		2.256	1.770	5.349	5.266
T0.5		2.282	1.561	5.825	5.738
T1		2.292	1.965	6.151	6.049
T2		2.206	1.779	5.961	6.015
T3		2.297	1.881	5.680	5.218

果实贮藏 180 d 时, CK 果实的可溶性固形物含量高于 5 个气调处理 (表 6)。CK 与 5 个气调处理对果实可溶性固形物含量的影响规律与硬度正好相反。果实酸味, 决定于果汁中离解的氢离子浓度, 这种酸叫果实的有效酸度或真酸度, 一般用 pH 值表示。pH 值越小, 酸度越大。从表 6 可以看出, CK 果实的酸度保持较高 (pH 值较低), T2 和 T3 的酸度较低, CK 果实的酸度显著高于 T0、T0.5 和 T1, (T0.5 贮藏 120 d 除外), 极显著 ($P \leq 0.01$) 高于 T2 和 T3。结果表明, CK 的酸度保持较好, T2 和 T3 的酸度保持较差。

通过品评, 黄金梨果实贮藏 180 d 时, CK 果实风味较差, 有乙醇味, 果肉绵; T0 和 T0.5 大部分果实风味较好; T1、T2 和 T3 果肉褐变果有苦味, T3 果实乙醇味浓。

表 6 CO₂ 体积分数对果实可溶性固形物含量和 pH 值的影响

Tab.6 Effects of CO₂ volumefraction on SSC and pH value of 'Whangkeumbae' pear

气调处理	参数	贮藏时间/d			
		120+1	120+7	180+1	180+7
CK	可溶性固形物含量/%	11.7	12.0	11.9	11.6
T0		11.2	11.6	11.1	11.3
T0.5		11.2	11.1	11.3	10.8
T1		11.3	11.2	11.2	11.0
T2		11.8	11.8	11.2	11.0
T3		11.5	11.6	11.3	11.1
CK	pH 值	4.78	4.83	4.76	4.84
T0		4.87	4.85	4.81	4.94
T0.5		4.85	4.83	4.86	4.96
T1		4.89	4.88	4.84	4.89
T2		4.94	4.97	4.89	4.96
T3		4.93	4.95	4.95	5.01

3 讨论

气调贮藏采取适宜的低 O₂ 和高 CO₂, 能抑制果实的呼吸作用和新陈代谢, 延缓果实成熟和衰老速度, 保持果实的营养价值和食用品质, 但气调贮藏中 O₂ 和 CO₂ 体积分数配比不当, 会使果实发生一些生理病害。李湘利^[4] 研究认为, 黄金梨对 CO₂ 极为敏感, 在 1.0% ~ 3.0% 的 CO₂ 和 3% ~ 5% 的 O₂ 条件下, 黄金梨贮藏后期出现明显的黑心, 而普通冷藏和低于 1.0% 的 CO₂ 与 3% ~ 5% 的 O₂ 条件则无黑心。本试验中, 在 O₂ 体积分数为 3% 的条件下, CO₂ 体积分数为 0.5% ~ 3.0% 时, 果肉发生不同程度褐变, CO₂ 体积分数为 2.0% ~ 3.0% 时, 果皮同时发生褐变, 而 CK 果实却未发生果皮和果肉褐变, 仅果心褐变较严重, 也表明黄金梨对 CO₂ 极为敏感, 高于 1.0% 就会发生伤害。陈昆松等^[12] 认为, CO₂ 体积分数为 5.0% 时, 对鸭梨果实有伤害现象, 伤害程度随其体积分数增加而显著增加; 鞠志国等^[7] 认为, 莱阳茺梨对贮藏环境中的 CO₂ 比较敏感, 在 O₂ 体积分数相同的条件下, CO₂ 体积分数越高, 果肉褐变发生越早, 褐变程度也越严重; 采用 2.0% CO₂ 和 21% O₂ 组合能较好保持 Rocha 梨贮藏 160 d 时果实食用品质, 降低了 CO₂ 和 C₂H₄ 的合成^[13]。上述结果表明, 在一定范围内提高 CO₂ 体积分数对梨果实的贮藏保鲜十分有利, 但过高的 CO₂ 体积分数会对果实产生伤害。有研究表明^[14], 高体积分数 CO₂ 不一定能降低果实呼吸强度, 而且还有可能导致 CO₂ 伤害。本研究中, 高 CO₂ 体积分数 (3.0%) 处理的呼吸强度比低 CO₂ 体积分数处理 (CK 和 0) 高的事

实也表明,在 O₂ 体积分数一定的条件下,高 CO₂ 可能使黄金梨果实发生无氧呼吸,导致 CO₂ 伤害和果实生理代谢的紊乱,最终导致果实组织发生褐变。

4 结束语

本文研究了不同体积分数 CO₂ 对黄金梨贮藏后货架期间果实品质、采后生理以及组织褐变情况

的影响,由于黄金梨在贮藏过程中对 CO₂ 极为敏感,因此要求气调环境内的 CO₂ 尽可能控制在较低的水平上,以免发生 CO₂ 伤害,造成组织褐变。综合各项指标表明,在 O₂ 体积分数为 3% 的条件下,CO₂ 体积分数为 0~0.5% 是黄金梨长期(180 d 左右)贮藏适宜的气调指标。

参 考 文 献

- 1 张玉星. 梨科研与生产进展[M]. 北京:中国农业科学技术出版社,2003:220~222.
- 2 李湘利,张子德,刘静. 黄金梨气调贮藏保鲜技术[J]. 食品研究与开发,2006,27(6):156~158.
Li Xiangli, Zhang Zide, Liu Jing. Technology of controlled atmosphere of Whangkeumbae [J]. Food Research and Development, 2006, 27(6):156~158. (in Chinese)
- 3 田龙. 黄金梨气调贮藏保鲜试验[J]. 农业机械学报, 2007,38(10):77~79.
Tian Long. Study on control atmosphere storage of Whangkeumbae[J]. Transactions of the Chinese Society for Agricultural Machinery,2007,38(10):77~79. (in Chinese)
- 4 李湘利. 黄金梨采后生理及贮藏技术研究[D]. 保定:河北农业大学,2005.
- 5 Singleton V L, Rossi J A. Colorimetry of total phenolics with phosphomolybdic phosphotungstic acid reagents[J]. American Journal of Enology and Viticulture, 1965, 16(3): 144~158.
- 6 李忠光,恭明. 植物多酚氧化酶测定方法的改进[J]. 云南师范大学学报,2005,25(1):44~45.
Li Zhongguang, Gong Ming. Improvement of measurement method of polyphenol oxidase activities in plant[J]. Journal of Yunnan Normal University, 2005,25(1):44~45. (in Chinese)
- 7 鞠志国,朱广廉,曹宗巽. 气调贮藏条件下 CO₂ 对莱阳茘梨果肉褐变的影响[J]. 园艺学报,1988,15(4): 229~232.
Ju Zhiguo, Zhu Guanglian, Cao Zongxun. The induction of flesh browning in 'Laiyangchili' by high CO₂ under controlled atmosphere storage[J]. Acta Horticulturae Sinica, 1988, 15(4): 229~232. (in Chinese)
- 8 赵世杰,许长成,邹琦,等. 植物组织中丙二醛测定方法的改进[J]. 植物生理学通讯, 1994, 30(3):207~210.
Zhao Shijie, Xu Changcheng, Zou Qi, et al. Improvements of method for measurement of malondialdehyde in plant tissues [J]. Plant Physiology Communications, 1994, 30(3):207~210. (in Chinese)
- 9 王志华,丁丹丹,王文辉,等. 1-MCP 对黄金梨防褐保鲜效应及果实 CO₂ 敏感性研究[J]. 浙江农业学报,2009,21(1): 49~53.
Wang Zhihua, Ding Dandan, Wang Wenhui, et al. Effects of 1-MCP on browning inhibition and CO₂ sensitivity of 'Whangkeumbae' pear[J]. Acta Agriculture Zhejiangensis, 2009,21(1):49~53. (in Chinese)
- 10 Gross K C. A rapid and sensitive spectrophotometric method for assaying polygalacturonase using 2-cyanoacetamide[J]. Hort Science,1982,17(6): 933~934.
- 11 王君. 鸭梨、黄金梨采后褐变生理及抗褐变研究[D]. 保定:河北农业大学,2006.
- 12 陈昆松,于梁,周山涛. 鸭梨果实采后生理及其气调贮藏气体组分研究[J]. 科技通报,1994,10(3):166~169.
Chen Kunsong, Yu Liang, Zhou Shantao. Study on postharvest physiology and O₂, CO₂ composition for CA storage of 'Ya' pear fruit[J]. Bulletin of Science and Technology, 1994, 10(3):166~169. (in Chinese)
- 13 Graga B M, Laura C M, Justina F, et al. Use of controlled atmosphere to extend storage life of 'Rocha' pears[J]. Acta Horticulturae,1995, 379:537~543.
- 14 Bonghi C, Ramina A, Rupert B. Peach fruit ripening and quality relation to picking time and high CO₂ short-term postharvest treatments[J]. Postharvest Biology and Technology,1999,16(3):213~222.
- 15 王志华,丁丹丹,王文辉,等. 黄金梨 CA 和 MAP 贮藏保鲜试验[J]. 农业机械学报,2010,41(2):117~121.
Wang Zhihua,Ding Dandan,Wang Wenhui, et al. Effect of CA, MAP and 1-MCP on browning inhibition and fresh-keeping of whangkeumbae pear[J]. Transactions of the Chinese Society for Agricultural Machinery, 2010,41(2):117~121. (in Chinese)
- 16 王娟,王相友,李霞. 低温气调贮藏下氧气含量对双孢蘑菇品质的影响[J]. 农业机械学报,2010,41(4):110~113,123.
Wang Juan, Wang Xiangyou, Li Xia. Effects of oxygen concentration on storage quality of *Agaricus bisporus* under low temperature and controlled atmosphere storage[J]. Transactions of the Chinese Society for Agricultural Machinery, 2010, 41(4):110~113,123. (in Chinese)