

气调处理对骏枣贮藏品质的影响

吴忠红¹, 杜 鹃², 潘 俨¹, 张 婷¹, 孟新涛¹, 马晓芬¹, 吴 斌¹, 车凤斌^{1*}

(1. 新疆农业科学院农产品贮藏加工研究所, 新疆乌鲁木齐 830091;

2. 新疆农业职业技术学院, 新疆昌吉 831100)

摘 要: 研究低温条件下气调处理对新疆骏枣贮藏品质的影响, 为解决骏枣贮藏保鲜提供理论依据。以骏枣为试材, 将0℃预冷后的骏枣置于5种不同气体组分的PE袋中, 通过分析-1℃贮藏期间骏枣呼吸强度、电导率、总糖等9项品质指标变化, 筛选适宜的气调处理方法。结果表明, 1% CO₂+3% O₂和1% CO₂+5% O₂处理可降低枣果实呼吸强度26.76%~32.94%, 且1% CO₂+5% O₂处理推迟10 d出现呼吸峰值; 降低乙烯释放峰值约22.56%, 分别推迟10 d和20 d出现峰值; 延缓相对电导率的上升, 分别是对照组的85.77%和73.49%, 有利于保护膜系统的完整性; 减缓了总糖和总酸的下降, 具有较好的贮藏效果。

关键词: 枣, 气调, 贮藏, 品质

Effects of controlled atmosphere on quality of *Zizyphus Jujuba* Mill. cv. *Junzao* during storage

WU Zhong-hong¹, DU Juan², PAN Yan¹, ZHANG Ting¹, MENG Xin-tao¹, MA Xiao-fen¹,
WU Bin¹, CHE Feng-bin^{1*}

(1. Research Institute of Agricultural Products Storage and Processing, Xinjiang Academy of Agricultural Sciences, Urumqi 830091, China;

2. Xinjiang Agricultural Vocational College, Changji 831100, China)

Abstract: The paper intended to study the effects of controlled atmosphere on post-harvest quality of Xinjiang *Zizyphus junzao*-*Jujuba* Mill. during cold storage, to provide scientific basis for choose appropriate methods for fresh-keeping of *Jujuba*. *Jujuba* were selected as the materials to precooling under 0℃, and packaged in PE bags that were filled by five different ratios CO₂ and O₂, and then stored at -1℃. Nine indexes were analysed by different treatments during storage, such as fruit respiration rate, relative conductivity and total sugar so as to screen appropriate treatment. It was showed that both 1% CO₂+5% O₂ and 1% CO₂+3% O₂ had remarkable effects which could reduce the respiration 26.76%~32.94% and even the treatment 1% CO₂+5% O₂ could delay the peak value to rise after a fall for 10 days. And then, the two ratios could reduce the ethylene production about 22.56% and even could delay the peak value to rise after a fall for 10 days and 20 days respectively, delay relative conductivity to ascend with 85.77% and 73.49% respectively. The treatments were helpful to protect the integrity of the cell membrane system, prolong the fresh time and slow the decline of total sugar and total acid, and also had proper storage effectiveness.

Key words: *Jujuba*; controlled atmosphere; storage; quality

中图分类号: TS255.1

文献标识码: A

文章编号: 1002-0306(2015)22-0339-05

doi: 10.13386/j.issn1002-0306.2015.22.061

红枣 (*Zizyphus jujuba* Mill.) 既可作为水果食用, 又可作为药材使用, 是药食两用型水果^[1]。不仅含有丰富的氨基酸、多酚、多糖等营养成分, 而且具有一定的生物活性, 可治疗焦虑、失眠等症状, 同时具有消炎、抗癌、防止不孕等药效, 相关成分分析及药效作用已有相关报道^[2]。鲜枣 (*Zizyphus jujuba* Mill.) 耐

贮性差, 采收后常温下5 d左右会很快失去水分, 使果肉组织糖化, V_c损失严重, 极易酒化变软, 营养价值下降^[3-4]。由于鲜枣采收后贮藏保鲜手段不成熟, 在运输、贮藏和销售过程中造成鲜果的货架期短, 品质劣变等问题难以突破^[5]。目前对于鲜枣的保鲜研究主要有拮抗菌的分离、筛选^[6-7], 分析褐变、软化和发酵机

收稿日期: 2015-03-01

作者简介: 吴忠红(1979-), 女, 硕士, 助理研究员, 研究方向: 农产品贮藏与加工, E-mail: wuzhonghong111@163.com。

* 通讯作者: 车凤斌(1956-), 男, 本科, 研究员, 研究方向: 果树栽培与贮藏加工, E-mail: Chefb@xaas.ac.cn。

基金项目: 国家科技支撑项目(2011BAD27B01-01-02); 自治区科技支撑项目(2013911073)。

理等^[8-9]基础理论研究。气调技术在不使用防腐剂的条件下能有效抑制果实的呼吸作用,减慢果实水分的蒸腾速度和抑制微生物活动,延缓果实的衰老进程,从而减少腐烂,延长果实贮藏期和货架期^[10],具有绿色安全的优点,易被消费者接受。气调技术已广泛应用在苹果的贮藏保鲜中^[11],在樱桃^[12]、蓝莓^[13]等果品的保鲜中也有初步研究。有关利用气调技术保鲜鲜枣的研究报道较少。本研究拟以微型冷库为贮藏设施,开展不同气调处理对骏枣采后生理和贮藏效果的影响研究,为其低温气调贮藏保鲜提供理论基础。

1 材料与方法

1.1 材料与仪器

骏枣 采自阿克苏地区,按半红果成熟度进行采收,采收当天运至实验室,挑选大小均匀、无病虫害,无机械损伤,无畸形、成熟一致的果实进行相关处理;氢氧化钠、邻苯二甲酸氢钾、酚酞、萘酚、乙酸乙酯、浓硫酸、蔗糖等化学试剂 均购自阜瑞克化玻有限公司,均为分析纯。

CNX-103型乙烯分析仪 天津市森罗科技发展有限公司;CNOT-201D型气体浓度测定仪 天津市森罗科技发展有限公司;Wattgas KM60-3型气体比例调控仪 德国德图仪器设备股份公司;DDS-11A型电导率仪 上海大普仪器有限公司;AL-IC分析天平 梅特勒-托利多国际股份有限公司;低温高速离心机 德国Eppendorf股份公司。

1.2 处理方法

骏枣采后在0℃预冷24 h,将样果分5组装入带有充气管和排气管的0.03 mm 5 L PE袋中,充入处理气体,气体比例分别为0% CO₂+3% O₂、0% CO₂+5% O₂、1% CO₂+3% O₂和1% CO₂+5% O₂,其余成分为N₂,并以自然空气做为对照(CO₂和O₂分别按0.03%和21%计)。由于果蔬自身产生的CO₂会对其造成伤害,因此每隔3 d换气1次,对照也做换气处理,所用气体与处理相同,置于(-1±0.3)℃冷库贮藏,环境相对湿度90%~95%。每个处理设6次重复,每重复(4±0.2) kg,每隔10 d取样0.2 kg测定相关生理品质指标,均按三次重复测定,同时换气以恢复气调处理,其余样品留至贮藏末期用于贮藏效果测定和统计。

1.3 指标检测

1.3.1 呼吸强度 采用NaOH滴定法测定^[14]。

1.3.2 乙烯释放量 采用乙烯分析仪测定^[14]。

1.3.3 电导率 采用电导率仪测定^[15]。

1.3.4 总酸 参照国标GB/T 12346-1990食品中总酸的测定方法。

1.3.5 总糖 采用萘酚试剂法测定^[16]。

1.3.6 贮藏效果测定 失重率、转红率、好果率和脆果率均采用重量法测定,其中失重率采用固定样品测定,其余指标每次随机称取约2.0 kg进行测定,果面3/4以上变红按转红果汁,饱满硬实、无塌陷的果实按脆果汁,无软烂具有食用价值的果实按好果汁。

失重率(%)=(贮藏前果重-测定时果重)/贮藏前果重×100

转红率(%)=转红果重/取样果重×100

脆果率(%)=脆果重/取样果重×100

好果率(%)=好果重/取样果重×100

1.4 数据分析

采用Excel 2007软件进行数据整理,SPSS 13.0软件进行差异显著性检验,所有数值均为三次数值的平均值。

2 结果与分析

2.1 气调处理对骏枣果实呼吸强度的影响

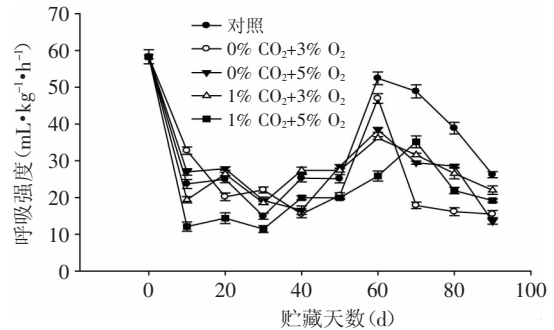


图1 不同气调处理对骏枣呼吸强度的影响

Fig.1 Effect of different controlled atmosphere treatment on fruit respiration rate

呼吸是果实维持正常生理活动的表现。有研究认为,大多数枣属非呼吸跃变型果实,个别品种属呼吸跃变类型^[17]。根据实验发现,贮藏初始,即第0 d时,红枣呼吸强度较大,经气调处理后呼吸强度明显降低,可能是低O₂环境抑制了骏枣的呼吸作用,说明红枣属于低O₂敏感性果实。在贮期出现了呼吸明显增高的现象,具有呼吸跃变的特征,推断骏枣可能属呼吸跃变型果实。由图1可知,在贮藏至60 d以内,与贮藏初期相比,呼吸强度得到有效抑制,但随着贮藏时间的延长,呼吸会逐渐升高,从呼吸强度升高情况来看,对照组的呼吸回升最大值为52.42 mL/kg·h,除0% CO₂+3% O₂处理组较对照组降低了10.47%外,其他处理组降低了26.76%~32.94%,且随着贮藏期的延长,处理组的呼吸强度保持在较低水平,明显低于对照组,其中呼吸峰值存在极显著差异($p < 0.01$,表1)。从峰值出现时间来看,1% CO₂+5% O₂处理组在贮藏至70 d时才出现呼吸高峰,较其他处理组和对照组推迟了10 d。研究表明,气调可有效降低呼吸强度,且在适宜气调浓度处理条件下,可推迟呼吸峰值的出现时间,从而延缓其采后生理代谢活动,延长贮藏时间。

2.2 气调处理对骏枣果实乙烯释放量的影响

乙烯影响果实的成熟衰老进程。由图2可知,在贮藏前期,果实出现了乙烯高峰,这是由于低温气调处理明显抑制了骏枣的乙烯释放,但随着贮藏期的延长,乙烯的释放总体上是呈下降趋势的。除0% CO₂+3% O₂处理组外,其余处理组即0% CO₂+5% O₂,1% CO₂+3% O₂和1% CO₂+5% O₂的乙烯释放峰值低于对照组22.56%以上,且较对照有显著性差异($p < 0.05$,表1)。其中0% CO₂+3% O₂和0% CO₂+5% O₂处理组的乙烯释放的回升时间一致,均为30 d,而1%

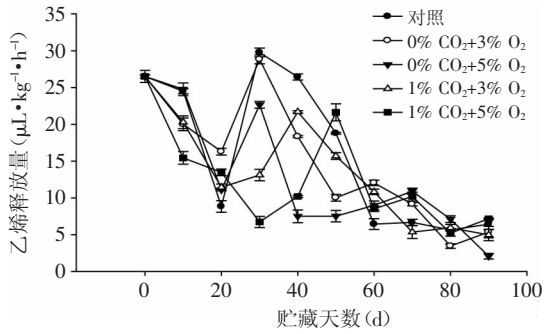


图2 不同气调处理对骏枣乙烯释放量的影响

Fig.2 Effect of different controlled atmosphere treatment on fruit ethylene production

CO₂+3% O₂和1% CO₂+5% O₂处理组可明显推迟乙烯释放的回升,分别推迟了10 d和20 d。

2.3 气调处理对骏枣果实相对电导率的影响

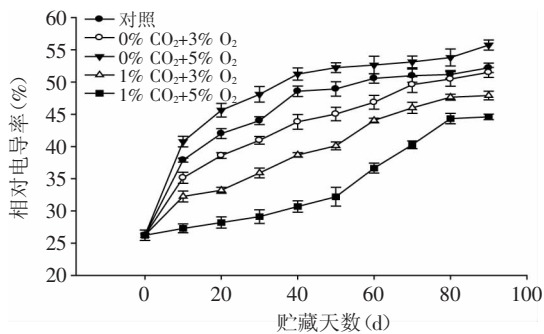


图3 不同气调处理对骏枣相对电导率的影响

Fig.3 Effect of different controlled atmosphere treatment on fruit relative conductivity

细胞膜透性的大小可以通过相对电导率来表示,一般来说,相对电导率值越大,细胞膜结构的破坏程度越大。由图3可知,在贮藏过程中,不同气调处理条件下,红枣果实的相对电导率总体呈上升趋势,说明膜系统发生了不同程度的损伤。实验表明,除了0% CO₂+5% O₂处理组的电导率略高于对照组外,其他处理组均低于对照组,且上升的趋势较为平缓,贮藏40~60 d期间,1% CO₂+3% O₂和1% CO₂+5% O₂处理组电导率均值分别是对照组的85.77%和73.49%,与对照组存在极显著差异 ($p < 0.01$, 表1),且两处理组之间存在极显著差异 ($p < 0.01$)。

2.4 气调处理对骏枣果实总酸含量的影响

总酸是衡量果实贮藏质量的标志之一,也是鉴

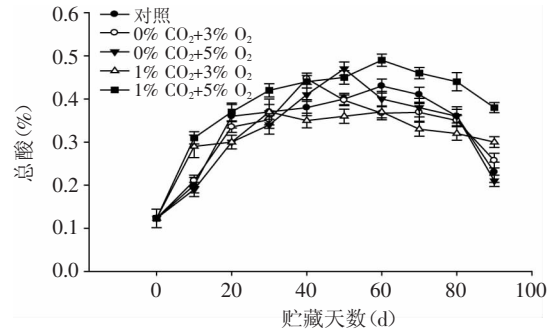


图4 不同气调处理对骏枣总酸含量的影响

Fig.4 Effect of different controlled atmosphere treatment on fruit total acid content

别果实品质的重要营养指标之一。由图4可知,总酸整体上是先升高后降低,与李述刚等^[15]研究圆脆枣的结果一致。处理组与对照组变化整体趋势相似,其中1% CO₂+5% O₂处理组在整个贮藏期间的总酸含量始终维持在较高水平,与对照存在显著差异 ($p < 0.05$, 表1);1% CO₂+3% O₂处理组贮藏中期低于对照,差异不显著;0% CO₂+3% O₂和0% CO₂+5% O₂处理组在贮藏50 d以前与对照组相当,随着贮藏时间的延长低于对照组,无明显差异。

2.5 气调处理对骏枣果实总糖含量的影响

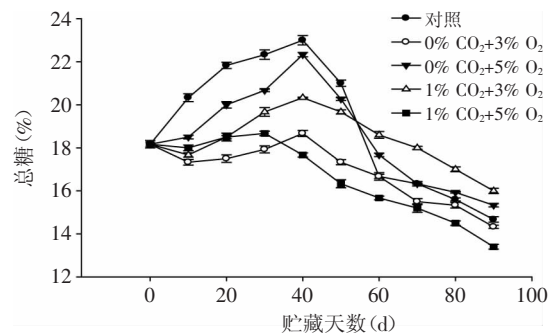


图5 不同气调处理对骏枣总糖含量的影响

Fig.5 Effect of different controlled atmosphere treatment on fruit total sugar content

果实在采后仍然是个生命有机体,常因后熟作用和呼吸作用而发生变化。由图5可知,贮藏至40 d时,对照组和处理组总糖含量有明显增加的现象,除了水分蒸腾的因素外,可能是因为后熟作用引起果实内淀粉、纤维素、果胶等物质的水解而转化造成了总糖升高的结果。但随着贮藏时间的延长,呼吸作用

表1 不同气调处理对骏枣贮期生理品质影响

Table 1 Effect of different controlled atmosphere treatment on physiological quality

处理	呼吸强度峰值(mg/kg·h)	乙烯释放峰值(μL/kg·h)	相对电导率(%)	总酸(%)	总糖(%)
对照	52.42dC	29.76a	49.36cdC	0.39a	16.20ab
0% CO ₂ +3% O ₂	46.93cB	28.83a	45.25bcB	0.38a	15.83ab
0% CO ₂ +5% O ₂	38.39bA	22.66b	52.04d	0.40a	16.64bc
1% CO ₂ +3% O ₂	36.19ab	21.70b	40.95bB	0.35a	17.86cB
1% CO ₂ +5% O ₂	35.15aA	21.64b	33.17aA	0.45b	15.12aA

注:同列小写字母不同表示差异显著 ($p < 0.05$),大写字母不同表示差异极显著 ($p < 0.01$)。

的加剧会引起营养物质的消耗,对照组和处理组的总糖含量呈现下降趋势,除了0% CO₂+5% O₂处理组与对照组下降速度均较快外,其他处理组均有利于减缓总糖含量的下降,贮藏60~80 d期间,0% CO₂+3% O₂和1% CO₂+5% O₂的总糖含量变化趋势相似,增高和下降趋势均较为平缓,两组之间无显著差异;1% CO₂+3% O₂处理组的总糖始终维持在较高的含量水平,且与对照组存在极显著差异($p<0.01$,表1)。

2.6 气调对骏枣果实的贮藏效果

感官指标影响果实的商品性。由表2可知,贮藏至30 d时,处理组和对照组重量损失较小,约为0.16%~0.19%,好果率和脆果率保持较好,均能达到95%以上,无显著差异。贮藏至60 d时,1% CO₂+3% O₂和1% CO₂+5% O₂处理组的好果率高于其他处理组和对照组,差异极显著($p<0.01$)。贮藏60 d以内,处理组均能延缓骏枣果面转红,较对照组有显著差异($p<0.05$);贮藏期间果实组织脆度呈下降趋势,其中1% CO₂+3% O₂和1% CO₂+5% O₂处理组能延缓脆度的下降,贮藏60 d时,较对照组存在极显著差异($p<0.01$)。在贮藏90 d期间,处理组均能延缓果实的水分散失,其中1% CO₂+3% O₂和1% CO₂+5% O₂较对照组存在显著差异($p<0.05$)。综合各项指标表明,1% CO₂+3% O₂和1% CO₂+5% O₂处理组综合贮藏效果优于对照组,且存在显著差异($p<0.05$)。

3 讨论

气体成分是影响园艺产品呼吸的重要因素之一,O₂浓度小于2%时,往往会引发无氧呼吸^[18],鲜枣是高呼吸强度的果实,在缺氧条件下会迅速转入无氧呼吸,加速果实变质;通常采用果蔬保鲜时CO₂浓度为1%~5%^[18]。王春生等^[19]对不同气体成分进行实验表明,鲜枣不耐CO₂,高于5%的CO₂会加速枣果软化褐变,鲜枣对CO₂比对低O₂更敏感。张培正等^[20]研究认为,圆铃大枣贮藏最佳气体组成为3%~5% O₂,CO₂<2%;潘伊^[21]研究表明,梨枣气调可抑制梨枣贮藏期的呼吸跃变,延迟呼吸回升出现的时间,气调组成为0% CO₂,3% O₂的处理能有效降低梨枣的腐烂发生和

呼吸水平,维持总酸和SSC含量在较高水平;本实验得出1% CO₂+3% O₂和1% CO₂+5% O₂保鲜效果明显,气体组成与张培正等的研究结果吻合;实验中的呼吸强度和乙烯释放量在贮藏期间都有明显的下降和回升现象,具有呼吸跃变特征,推断为呼吸跃变型果实,这与前人的研究结果一致。总糖含量在贮藏期间先上升后下降的现象与大多数研究不一致,但与吴强等^[22]研究灵武长枣的结果是一致的;总酸含量在贮藏前期有升高现象,与大多数研究不一致,但与李述刚等^[15]研究圆脆枣的结果相似。另外,实验中出现气调处理组不但降低骏枣呼吸强度和乙烯释放量,而且推迟呼吸高峰和乙烯峰值出现的现象鲜见报道,经文献查阅发现,气调保鲜香蕉时有类似现象,其原因是CO₂和O₂存在拮抗作用,低O₂和高CO₂对呼吸有明显抑制作用^[18]。因此,CO₂和O₂组成比例对骏枣采后生理影响的相关机制有待进一步研究,是否对其他红枣品种有相似的作用仍需要进一步的实验验证。

4 结论

实验结果表明,气调可有效降低呼吸强度和乙烯释放量,保护膜系统完整性,延缓骏枣采后转红速率和变软速度,从而延缓果实成熟衰老进程,延长了贮藏保鲜时间。其中气体比为1% CO₂+3% O₂和1% CO₂+5% O₂的处理组效果比较显著,且1% CO₂+5% O₂处理组推迟10 d出现呼吸回升最大值;降低乙烯释放峰值约22.56%,回升最大值分别推迟10 d和20 d出现;延缓相对电导率的上升、总糖和总酸含量的下降。调整合适的气体比例,可有效减缓骏枣的营养成分的损失,有利于保持骏枣原有的口感、质地和外观,达到较好的贮藏效果。

参考文献

- [1] Guo S, Duan JA, Qian D, et al. Content variations of triterpenic acid, nucleoside, nucleobase, and sugar in jujube (*Ziziphus jujuba*) fruit during ripening[J]. Food Chem, 2015, 167: 468-474.
- [2] Daneshmand F, Zare-Zardini H, Tolueinia B, et al. Crude Extract from *Ziziphus Jujuba* Fruits, a Weapon against Pediatric

表2 不同气调处理对骏枣失重率、好果率、转红率和脆果率的影响

Table 2 Effect of different controlled atmosphere treatment on weight loss, fine, turn red and crisp fruits rate

指标	处理天数	对照	0% CO ₂ +3% O ₂	0% CO ₂ +5% O ₂	1% CO ₂ +3% O ₂	1% CO ₂ +5% O ₂
失重率(%)	30 d	0.19a	0.18a	0.16a	0.17a	0.17a
	60 d	3.75a	3.61a	3.22a	3.17a	3.2a
	90 d	9.87a	8.26ab	7.98ab	7.51b	7.01b
好果率(%)	30 d	96.45a	97.88a	98.89a	100a	100a
	60 d	71.23aA	72.25aA	78.44bB	92.45cC	90.67cC
	90 d	50.33aA	60.27bB	61.22bB	86.33dD	79.45cC
转红率(%)	30 d	58.46dC	52.23cC	46.43bB	39.45aA	39.27aA
	60 d	96.78d	88.87c	87.88c	83.2a	84.84b
	90 d	100a	100a	100a	100a	100a
脆果率(%)	30 d	95.44a	95.88a	96.79a	97.11a	97.23a
	60 d	38.44aA	39.27aA	38.59aA	42.22cC	45.23bB
	90 d	5.2a	5.4a	6.3a	6.6a	6.7a

注:同行小写字母不同表示差异显著($p<0.05$),大写字母不同表示差异极显著($p<0.01$)。

- Infectious Disease[J]. Iran J Ped Hematol Oncol, 2013, 3(1): 216-221.
- [3] Li L, Ban Z, Li X Ban, et al. Effect of 1-methylcyclopropene and calcium chloride treatments on quality maintenance of 'Lingwu Long' Jujube fruit[J]. J Food Sci Technol, 2014, 51(4): 700-707.
- [4] 陈亮, 毛永民, 董祯. 鲜枣果实贮藏保鲜技术研究进展[J]. 落叶果树, 2008(2): 29-34.
- [5] Collado-Gonzalez J, Cruz Z N, Rodriguez P, et al. Effect of water deficit and domestic storage on the procyanidin profile, size, and aggregation process in pear-jujube (*Z. jujuba*) fruits[J]. J Agric Food Chem, 2013, 61(26): 6187-6197.
- [6] 周绪宝. 冬枣采后黑腐病病害及防治技术的研究[D]. 北京: 中国农业大学, 2003.
- [7] 耿海峰, 张丽珍, 牛伟. 冬枣采后病害拮抗菌的筛选和鉴定[J]. 食品科学, 2010, 31(9): 150-155.
- [8] 杨东滨, 李晓东, 郭树河, 等. 冬枣贮藏期间枣果褐变和发酵机理的研究[J]. 山东林业科技, 2011(6): 9-12.
- [9] 吴延军, 张继澍, 王春生, 等. 低温对枣果采后软化衰老的生理效应[J]. 西北农林科技大学学报: 自然科学版, 2001, 29(6): 47-49.
- [10] 戚英伟, 田建文, 王春良. 水果气调贮藏保鲜研究进展[J]. 保鲜与加工, 2014, 14(4): 53-58.
- [11] Cocci E, Sacchetti G, Rocculi P, et al. Response of Pink Lady ((R)) apples to post-harvest application of 1-methylcyclopropene as a function of applied dose, maturity at harvest, storage time and controlled atmosphere storage[J]. J Sci Food Agric, 2014, 94(13): 2691-2698.
- [12] 王宝刚, 李文生, 侯玉茹, 等. 甜樱桃物流及气调贮藏期间的品质变化[J]. 果树学报, 2014, 31(5): 953-958.
- [13] Concha-Meyer A, Eifert J, Williams R, et al. Survival of *Listeria monocytogenes* on fresh blueberries (*Vaccinium corymbosum*) stored under controlled atmosphere and ozone[J]. J Food Prot, 2014, 77(5): 832-836.
- [14] 张婷, 车凤斌, 胡柏文, 等. 不同温度对阿克苏灰枣采后生理活性及贮藏效果的影响[J]. 新疆农业科学, 2010, 47(7): 1315-1319.
- [15] 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): 280-285.
- [16] 曹健康, 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: 58-59.
- [17] 肖程顺. 五种红枣采后生理与贮藏特性比较研究[D]. 西安: 陕西科技大学, 2012.
- [18] 郝利平. 园艺产品贮藏加工学[M]. 北京: 中国农业出版社, 2008: 28-35.
- [19] 王春生, 王永勤, 赵梦, 等. 气调贮藏对鲜枣保鲜效果的影响[J]. 保鲜与加工, 2004(4): 20-22.
- [20] 张培正, 伏建民. 圆铃枣不同成熟度的生理特性及贮藏效果[J]. 天津农业科学, 1995, 1(4): 26-29.
- [21] 潘伊, 车凤斌, 张惠玲, 等. 不同CO₂和O₂比例对新疆梨枣采后生理和贮藏效果的影响[J]. 新疆农业科学, 2010, 47(6): 1071-1080.
- [22] 吴强. 灵武长枣采后生理与贮藏技术研究[D]. 天津: 天津科技大学, 2008.
- (上接第338页)
- glucan from the fruit bodies of edible mushrooms *Pleurotus eryngii* and *Pleurotus ostreatoroseus*[J]. Carbohydrate Polymers, 2006, 66(2): 252-257.
- [7] Ukawa Y, Ito H, Hisamatsu M. Antitumor effects of (1→3)-β-D-glucan and (1→6)-β-D-glucan purified from newly cultivated mushroom, *Hatakeshimeji* (*Lycophyllum decastes* Sing.) [J]. Journal of Bioscience and Bioengineering, 2000, 90(1): 98-104.
- [8] 秦俊哲, 吕嘉彬. 食用菌贮藏保鲜与加工新技术[M]. 北京: 化学工业出版社: 55-56.
- [9] 吕作舟. 食用菌保鲜与加工[M]. 广州: 广东科技出版社, 2002: 11-19.
- [10] 朱继英, 王相友, 许英超, 等. 贮藏温度对双孢蘑菇采后生理和品质的影响[J]. 农业机械学报, 2005, 36(11): 92-97.
- [11] 赵春燕, 马芳菲, 冯叙桥, 等. 不同浓度1-MCP处理对杏鲍菇采后贮藏品质的影响[J]. 食品与发酵工业, 2012(8): 231-234.
- [12] 胡花丽, 李鹏霞, 王毓宁. 不同薄膜包装对杏鲍菇采后衰老生理的影响[J]. 食品与发酵工业, 2012(7): 196-200.
- [13] Li P X, Zhang X, Hu H L, et al. High carbon dioxide and low oxygen storage effects on reactive oxygen species metabolism in *Pleurotus eryngii*[J]. Postharvest Biology and Technology, 2013, 85: 141-146.
- [14] 邢淑婕, 刘开华. 臭氧保鲜技术在刺芹侧耳低温贮藏中的应用[J]. 食用菌学报, 2011, 18(1): 53-58.
- [15] Akram K, Ahn J J, Yoon S R, et al. Quality attributes of *Pleurotus eryngii* following gamma irradiation[J]. Postharvest Biology and Technology, 2012, 66: 42-47.
- [16] 陆健东, 王丹凤, 钱炳俊, 等. 短波紫外线辐照对杏鲍菇保鲜效果的研究[J]. 浙江农业科学, 2014(3): 348-351.
- [17] 孔芳, 薛正莲, 杨超英. 壳聚糖复合涂膜对杏鲍菇保鲜效果的研究[J]. 中国农学通报, 2013, 29(18): 215-220.
- [18] 许英超. 双孢蘑菇气调保鲜机理的研究[D]. 淄博: 山东理工大学, 2006.
- [19] 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.
- [20] Bradford M M. A rapid and sensitive method for the quantitation of microgram quantities of protein utilizing the principle of protein-dye binding[J]. Anal Biochem, 1997, 72(2): 248-254.
- [21] 赵连俊, 王新. 水果中维生素C含量测定的研究[J]. 甘肃石油和化工, 2008(4): 47-48.
- [22] 王学奎. 植物生理生化实验原理和技术[M]. 高等教育出版社, 2006: 172-173.
- [23] 黄俊丽, 马海燕, 陶菲, 等. 调控处理对3种食用菌特性酶的影响[J]. 食品与生物技术学报, 2011, 30(2): 200-206.
- [24] 巩晋龙. 杏鲍菇 (*Pleurotus eryngii*) 冷藏保鲜技术及自溶机理研究[D]. 福州: 福建农林大学, 2013.
- [25] 李志刚, 宋婷, 冯翠萍, 等. 不同温度对杏鲍菇减压贮藏品质的影响[J]. 农业工程学报, 2015, 31(3): 332-338.