

早实核桃3个品种青皮果实鲜贮特性比较

弓弼¹, 蒋柳庆², 马惠玲²

(1.西北农林科技大学风景园林艺术学院, 陕西 杨凌 712100; 2.西北农林科技大学生命科学学院, 陕西 杨凌 712100)

摘要:为了探明国内主栽早实核桃 (*Juglans regia* L.) 的耐贮性, 本研究对‘辽二’、‘鲁光’和‘西扶二号’3个中晚熟早实核桃品种的青皮果实进行了0~1℃、相对湿度85%~90%条件下的冷藏, 测定了贮藏期间青皮生理生化变化, 调查了核仁品质和保鲜效果。结果表明:‘辽二’的乙烯释放高峰出现在贮藏30 d, 较‘西扶二号’和‘鲁光’早6 d, 峰值约为后二者的4倍。‘辽二’的两个呼吸高峰分别出现在贮藏12、36 d, 均晚于另外两个品种6~12 d。‘辽二’腐烂指数增加最慢, 贮藏48 d时‘辽二’、‘鲁光’、‘西扶二号’的腐烂指数依次为14.0%、17.8%、21.1%。贮藏期内‘辽二’果实青皮的多酚氧化酶、过氧化物酶活性持续较低, 总酚与类黄酮含量亦低于‘鲁光’和‘西扶二号’。贮藏48 d后, ‘辽二’核桃仁的可溶性蛋白质含量、酸值、过氧化值变化幅度最小。因此, ‘辽二’的青皮酚类氧化褐变活性较低, 在3个品种间耐贮性最强。

关键词:青皮核桃; 品种; 耐贮性; 氧化酶; 酚类

Comparative Storability of Green Walnut Fruits of Three Early-Fruiting Varieties

GONG Bi¹, JIANG Liuqing², MA Huiling²

(1. College of Landscape Architecture and Art, Northwest A&F University, Yangling 712100, China;

2. College of Life Science, Northwest A&F University, Yangling 712100, China)

Abstract: This study aimed to investigate the influence of varieties on the storability of green walnut (*Juglans regia* L.) fruits. Green walnut fruits from three early-fruited, mid-late ripening varieties, ‘Liao 2’, ‘Luguang’, and ‘Xifu 2’, were stored at 0–1 °C and relative humidity (RH) of 85%–90%. Changes in physiological and biochemical properties of green husk and kernel traits were measured to investigate the effectiveness of quality preservation. The results indicated that the peak ethylene production rate appeared on 30 of storage for ‘Liao 2’ fruit, being 6 d earlier than for ‘Xifu 2’ and ‘Luguang’, and the peak value was about 4 folds higher than those for the latter two varieties. Two respiration peaks of ‘Liao 2’ fruit appeared on days 12 and 36, respectively, each being 6–12 days later than those of the other two varieties. Among three varieties, ‘Liao 2’ decayed most slowly. at the end of 48-day storage, decay indexes (DIs) of ‘Liao 2’, ‘Luguang’, and ‘Xifu 2’ were 14.0%, 17.8%, and 21.1%, respectively. The activities of PPO and POD, and the content of phenols and flavonoids in green husk of Liao 2 were continuously lower than those of the other two varieties. After 48-day storage, the changes in soluble protein, acid value, peroxide value of walnut kernel of ‘Liao 2’ were minimal. It is concluded that low activity of phenol oxidation in green husk of ‘Liao 2’ contributes to its better storage tolerance.

Key words: green walnut fruit; varieties; storability; oxidative enzyme; phenol

DOI:10.7506/spkx1002-6630-201602044

中图分类号: S609.3

文献标志码: A

文章编号: 1002-6630 (2016) 02-0250-06

引文格式:

弓弼, 蒋柳庆, 马惠玲. 早实核桃3个品种青皮果实鲜贮特性比较[J]. 食品科学, 2016, 37(2): 250-255. DOI:10.7506/spkx1002-6630-201602044. <http://www.spkx.net.cn>

GONG Bi, JIANG Liuqing, MA Huiling. Comparative storability of green walnut fruits of three early-fruited varieties[J]. Food Science, 2016, 37(2): 250-255. (in Chinese with English abstract) DOI:10.7506/spkx1002-6630-201602044. <http://www.spkx.net.cn>

中国核桃 (*Juglans regia* L.) 产量居世界第一, 2012年总产72万 t, 高于位居第二的美国24万 t^[1]。在政策鼓

励和价格驱动双重动力下, 各地发展核桃热情高涨, 近几年内1/2以上的新建园和幼园将陆续进入盛果期, 中国

收稿日期: 2015-04-05

基金项目: 中央财政计划林业科技推广项目 (2014-14-01)

作者简介: 弓弼 (1963—), 男, 副教授, 学士, 研究方向为植物产品保鲜与应用。E-mail: gongbi@sina.com

核桃产量将迎来新的大幅增长。突飞猛进的发展之下核桃产业不可避免地面对产品采后销售、减损的问题,产品多样化是应对和解决这一问题,实现产业可持续发展的必由之路。在可开发的众多核桃新产品中,鲜食核桃适于大量上市,符合当今提倡高营养、重保健的科学饮食潮流,是最具有市场前景的产品^[2],于是关乎鲜食核桃市场寿命的低温保鲜技术成为生产中的急需。前人在这方面的研究^[3-5]取得了一些突破性进展,探明自发气调包装条件下核桃青皮果实低温贮藏是鲜食核桃保鲜的新出路,相关研究^[6]在近两年还对该方法进行了完善与提高,提出主动自发气调较被动自发气调更好地发挥了对青皮核桃的保鲜作用。品种是影响果实保鲜期的重要因素之一。杨梅8个品种果实低温(0℃)6 d、室温(20℃)1~2 d的模拟流通条件下耐贮性各不相同,硬丝安海变和大叶种的腐烂率低于其他品种15%以上,硬度、含糖量等品质基本不变^[7];柿品种间以‘富平尖柿’果实较‘干帽盔’耐贮,对1-MCP保鲜效应的响应较敏感^[8]。不同品种核桃果实耐贮性的研究尚鲜有报道,使贮藏实践中选材存在盲目性。基于果品贮藏中优先选择晚熟品种,以最大程度延长果品市场供应期的原则,针对西北核桃产区主栽早熟核桃,其成熟期以早熟、中熟和中晚熟为主的现状,本实验以陕西主栽的3个中晚熟核桃品种为试材,对其成熟青皮果实采后生理和冷藏寿命进行了比较,以期找出耐贮性较强的品种,为核桃产业化贮藏提供切实可行的理论依据。

1 材料与方法

1.1 材料与试剂

‘辽二’、‘鲁光’、‘西扶二号’核桃(*Juglans regia* L.)果实均采自陕西省扶风县杏林镇良种核桃示范园,采样时间:2012年8月29号(花后约145 d)。采后小心剪去果柄,装入发泡网衬底的塑料框,当天运回西北农林科技大学生命科学院冷库(路途约1 h),于(0±1)℃条件下预冷24 h,挑选大小均一、无病虫害的健康果实待用。

福林酚试剂 北京索莱宝科技有限公司; 愈创木酚、邻苯二酚 公私合营新中心化工厂; 抗坏血酸 成都市科龙化工试剂厂; 2,4,6-三吡啶基三氮 美国Aladdin公司; 考马斯亮蓝G-250 东莞市瓦里西化工有限公司。

1.2 仪器与设备

3501H型果蔬呼吸仪 北京均方理化科技研究所; Trace GC Ultra气相色谱仪、超低温冰箱 美国Thermo公司; DHG-9070A型电热恒温鼓风干燥箱 上海齐欣科学仪器有限公司; UV-3100紫外-可见分光光度计 上海美谱达仪器有限公司。

1.3 方法

1.3.1 果实处理

挑取健康、无斑、大小均匀的果实200个,装于塑料框,用6 μm保鲜膜(市售)防失水包裹后于冷库(0±1)℃条件下贮藏,各品种均重复3次。冷藏24 h时第一次取样,作为0 d样品,以后每6 d取样,10个/重复,测定呼吸强度、乙烯释放率、同时调查贮藏中果实的质量损失率和腐烂指数;每9 d再取样,10个/重复,分开青皮与核仁,取各果的青皮和脱皮核仁各1/3量分别混匀,分装,加液氮快速冷冻,置于一80℃冰箱保存,用于后期其他生理指标和核仁品质指标的测定。

1.3.2 指标测定

1.3.2.1 呼吸强度

随机抽取每处理5个果实,称质量,采用果蔬呼吸仪测定果实CO₂释放量,各品种每个采样点测定重复3次。

1.3.2.2 乙烯释放速率

测定呼吸强度之后,将每个重复的5个果实与其余5个合并称质量,放入容积3 L的干燥器中密封2 h,通过干燥器橡皮塞用注射器抽取顶空气体5 mL,用气相色谱仪测定乙烯含量。色谱条件:2 M不锈钢填充柱,载气N₂,恒压40 kPa;柱温70℃,进样口温度70℃;火焰离子化检测器,温度150℃,燃气H₂,流速35 mL/min,助燃气空气,流速350 mL/min。果实乙烯释放量以μL/(kg·h)计,各品种每个采样点测定重复3次。

1.3.2.3 褐变指数和腐烂指数

褐变指数分级标准:将果实根据褐变面积分为5级,0级:果实完好无损;1级:果实表面褐斑面积0%~20%;2级:果实表面褐斑面积20%~40%;3级:果实表面褐斑面积40%~60%;4级:果实表面褐斑面积60%~80%;5级:果实表面褐斑面积80%~100%。

$$\text{褐变指数}/\% = \frac{\sum (\text{褐腐级别} \times \text{本级核桃数})}{\text{总核桃数} \times \text{最高级别数}} \times 100$$

腐烂指数分级标准:将果实腐烂面积也分为5级,0级:果实完好无损;1级:果实表面出现零星病斑,面积≤1/10;2级:果实表面病斑面积1/10~1/5;3级:果实表面褐斑面积1/5~1/3;4级:果实表面褐斑面积1/3~1/2;5级:果实表面褐斑面积≥1/2。腐烂指数的计算公式与褐变指数相同。

1.3.2.4 多酚氧化酶(polyphenol oxidase, PPO)和过氧化物酶(peroxidase, POD)活性的测定

PPO、POD的测定参照魏建梅等^[9]的方法略加改进,称取青皮2.0 g,加聚乙烯吡咯烷酮1.0 g于20.0 mL 0.2 mol/L的柠檬酸-磷酸缓冲液(pH 4.0)中,冰浴研磨,4℃离心30 min,上清液待用。

PPO活性测定:30℃水浴先将3.8 mL 0.5 mol/L的邻

苯二酚溶液保温5 min, 再加入0.2 mL酶液, 迅速混匀并开始计时, 将反应混合物倒入比色杯, 在420 nm波长条件下动态测定吸光度(A)变化, 每30 s记录一次。制作 A 随时间的变化曲线, 根据曲线的初始线性部分计算每克样品每分钟吸光度变化值(ΔA), PPO活性以 $\Delta A_{420\text{ nm}}$ 表示; POD活性测定: 30 ℃水浴先将底物溶液(2 mL 0.1%的愈创木酚+1 mL 0.1% H_2O_2 +0.8 mL蒸馏水)保温5 min, 再加入0.2 mL酶液, 迅速混匀并开始计时, 将反应混合物倒入比色杯, 470 nm波长处动态测定 A 的变化, 每30 s记录一次, 酶活性的计算方法同PPO, POD活性以 $\Delta A_{470\text{ nm}}$ 表示。

1.3.2.5 总酚与类黄酮含量测定

采用Folin-Denis比色法^[10]测定。

1.3.2.6 核仁酸值、过氧化值测定

参照Mexis等^[11]的方法提取核仁油脂, 根据GB/T 5530—2005《动植物油脂: 酸值和酸度测定》^[12]测定酸值; 参照GB/T 5538—2005《动植物油脂: 酸值和酸度测定》^[13]测定过氧化值。

1.3.2.7 核仁可溶性蛋白含量测定

采用考马斯亮蓝G-250法^[14]测定。

2 结果与分析

2.1 品种对青皮核桃乙烯释放的影响

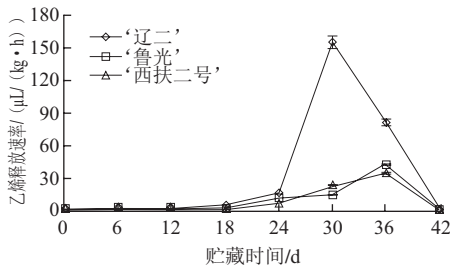


图1 不同品种青皮核桃的乙烯释放速率

Fig.1 Changes in ethylene production rate of green walnut fruit

图1显示, 3个品种核桃青皮果实贮藏过程中乙烯释放在18 d之前都保持在很低的水平, 以后开始缓慢上升, ‘辽二’在24 d起迅速上升至30 d出现一明显高峰, ‘鲁光’和‘西扶二号’的则于36 d出现一小峰, ‘辽二’的峰值155.0 $\mu\text{L}/(\text{kg}\cdot\text{h})$, 约为后两者4倍, 差异极显著($P<0.01$)。由于跃变型果实的乙烯高峰是由乙烯合成系统II产生的, 只有进入成熟衰老期果实才会启动系统II机制^[15], 说明供试3个品种在生产上常用的采收期条件下冷藏30~36 d后果实开始进入生理衰老。

2.2 品种对青皮核桃呼吸强度的影响

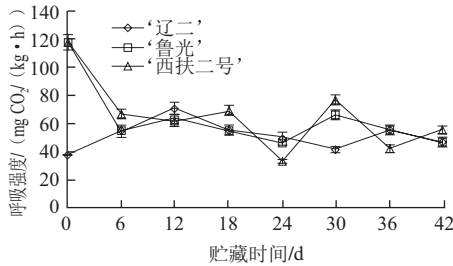


图2 不同品种青皮核桃的呼吸强度

Fig.2 Changes in respiration intensity of green walnut fruit

由图2可知, 不同品种核桃青皮果实呼吸峰值出现时间不一致, ‘鲁光’和‘西扶二号’在贮前正处于呼吸高峰, 贮藏6 d内急剧下降。‘辽二’贮前则处于低呼吸水平, 于贮藏12 d才出现第一个呼吸高峰, 峰值显著低于‘鲁光’和‘西扶二号’($P<0.01$)。贮藏30 d时‘鲁光’和‘西扶二号’均出现了第二个呼吸高峰, ‘辽二’则出现在36 d, 峰值再次显著低于‘鲁光’和‘西扶二号’($P<0.05$)。此3个品种青皮核桃成熟衰老期有两个呼吸高峰的现象与在‘辽宁4号’品种上得到的结果^[3]一致。

2.3 品种对青皮核桃果实褐变指数和腐烂指数的影响

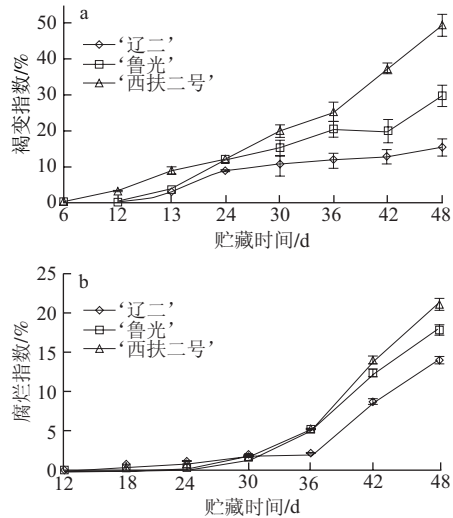


图3 不同品种青皮核桃褐变指数(a)和腐烂指数(b)的变化

Fig.3 Changes in browning index (a) and decay index (b) of green walnut fruit

贮藏期3个品种果实于12 d左右开始出现褐变, 18 d后褐变加快, 以‘辽二’、‘鲁光’、‘西扶二号’加快速率依次增大(图3a), 至48 d时三者间差异显著。3个品种共同于贮藏30 d后明显出现腐烂。‘鲁光’和‘西扶二号’腐烂指数上升早于‘辽二’, 分别与它们的呼吸第二峰出现时期一致。在贮藏48 d时, 腐烂指数最高的是‘西扶二号’, 为21.07%, 显著高于‘鲁光’

(17.8%) ($P<0.05$), ‘鲁光’又显著高于‘辽二’ (14.0%) ($P<0.05$) (图3b), 从褐变和腐烂两方面均以‘辽二’表现为最耐贮。3个品种褐变指数上升快于腐烂指数, 二者变化显著正相关 ($R=0.8133>R_{(14,0.01)}=0.6259$), 预示着青皮褐变降低了果实抗病性。

2.4 品种对青皮核桃PPO和POD活性的影响

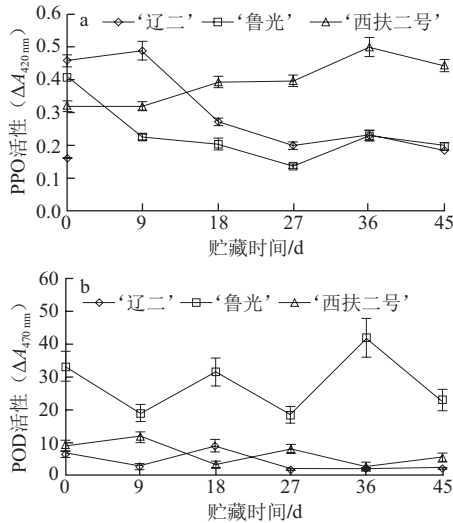


图4 不同品种果实青皮PPO (a) 和POD (b) 活性变化

Fig.4 Changes of PPO (a) and POD (b) activities in green husk from each walnut variety

如图4a所示, 在贮藏期间, ‘辽二’和‘鲁光’的PPO活性整体上呈下降趋势, ‘西扶二号’则于中后期上升, 27 d后后者显著高于前二者 ($P<0.05$), 并于36 d达到峰值。贮藏期间各品种青皮POD活性变化趋势也有所不同 (图4b), ‘辽二’和‘西扶二号’一直处于较低水平, ‘鲁光’则从起始至整个贮藏期显著高于二者 ($P<0.05$)。贮藏期间‘西扶二号’和‘鲁光’分别具有较高的PPO、POD活性, 且酶活性的高峰期在果实第二个呼吸峰之后, ‘辽二’的PPO、POD活性持续较低, 第二呼吸峰晚且峰值低, 说明与‘辽二’相比, ‘西扶二号’和‘鲁光’于贮藏30 d左右起发生较强呼吸相伴条件下活跃的酚类氧化。

2.5 品种对青皮总酚和类黄酮含量的影响

贮藏期间, ‘辽二’果实青皮的总酚含量始终处于3个品种间的最低水平 (图5a), ‘西扶二号’在多数观测点均处于最高水平, ‘鲁光’几乎居中, 类黄酮含量亦为同样结果 (图5b)。酚类 (包括类黄酮) 是植物抗病物质的重要组分^[16], 其贮藏期升高有利于果实延缓腐烂。可是, 此处3个品种青皮该类物质含量高低却与图3b中果实腐烂指数排序顺序相同, 不但使酚类物质的抗病作用未得以表现, 而且呈现了酚类水平越高的品种其果实腐烂越快的趋势。进一步分析发现, 不同品种的果实各阶段的总酚含量高低与青皮褐变进程的加快慢呈

正相关 ($R=0.5700>R_{(14,0.05)}=0.4973$), 与桃上易于褐变品种的酚类物质含量更高^[17]的结果一致, 展示出酚类褐变引起了腐烂加快的可能性。贮藏27、36 d后西扶二号、‘鲁光’的总酚含量增加明显, 基本与它们此段的PPO、POD活性较强相对应, 较强的酚类氧化并未引起总酚含量的下降, 可见此期酚类合成亦加强。

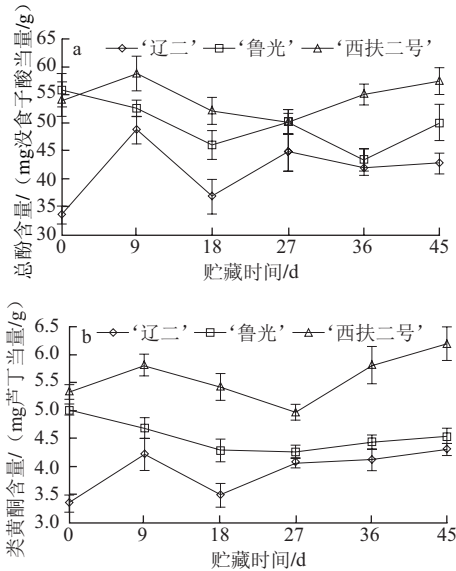


图5 贮藏过程中各品种青皮总酚 (a) 和类黄酮 (b) 含量的变化

Fig.5 Changes in total phenol (a) and flavonoids (b) contents of green husk from each walnut variety

2.6 品种对青皮核桃贮后核仁品质的影响

表1 不同品种青皮核桃贮后核仁品质的比较

Table 1 Changes in membrane permeability of green husk from each walnut variety

指标	‘辽二’			‘鲁光’			‘西扶二号’		
	贮前	贮后	变化率/%	贮前	贮后	变化率/%	贮前	贮后	变化率/%
可溶性蛋白质含量/(mg/g)	11.07±0.53	7.15±0.55	-35.4	9.24±0.28	6.27±0.18	-32.1	10.451±0.509	6.115±0.402	-41.53
酸值/(mg/g)	0.49±0.02	1.10±0.03	+124.5	0.74±0.05	2.33±0.19	251.4	1.18±0.08	2.648±0.18	+124.4
过氧化值/(meq/kg)	0.049±0.003	0.070±0.002	+42.8	0.235±0.01	0.85±0.05	261.7	0.05±0.00	0.27±0.02	+440.0

由表1可见, 入贮前‘辽二’青皮果实中核桃仁的可溶性蛋白质含量最高, 酸值和过氧化值最低, 品质居3个品种之首。贮藏48 d后‘辽二’的3项指标变化率最低, 而‘西扶二号’的可溶性蛋白质含量下降最多, ‘鲁光’的酸值上升幅度最大, ‘西扶二号’的过氧化值升高最快, 从品质变化方面仍然表现为‘辽二’最耐贮。

3 讨论

3.1 青皮核桃果实的采后呼吸和乙烯高峰与耐贮性的关系

桃果实上也存在呼吸双峰现象, 有研究^[18]认为第一

个呼吸高峰与成熟有关,第2个高峰与衰老有关。3个品种青皮核桃果实的第一呼吸高峰时或者处于采收期,或者处于贮藏初期,也证实核桃果实的第一呼吸高峰是伴随着果实成熟而发生的,并且,从‘辽二’第一呼吸高峰晚于另外两个品种判断,其达到完熟的生理成熟期较晚,采收期可适当再晚几天;‘鲁光’和‘西扶二号’的第二个呼吸高峰发生期紧挨乙烯高峰之前,‘辽二’却紧跟乙烯高峰之后,呼吸高峰与乙烯生成增强的顺序在不同品种上并不一致,‘辽二’乙烯升高幅度大,呼吸峰值却显著低,这些现象典型地反映了跃变型果实呼吸跃变发生与乙烯高峰相互独立的规律^[15]。另一方面,根据果实呼吸高峰是呼吸失调的一种表现,易引起果实耐贮性和抗病性的下降的理论^[15],青皮核桃果实耐贮性与其采后呼吸水平负相关。第2次呼吸高峰的强弱决定了抗病性下降量的大小。3个品种内源乙烯生成高峰的出现均在果实腐烂加剧之前,与前期不同处理上测得的结果^[4]相同,但是乙烯高峰早晚和峰值高低均未与腐烂快慢表现相关性,这与不同品种李子的耐贮性研究^[19]的结果一致,该研究得出,‘御皇’李乙烯高峰最明显且峰值显著高于其他品种,耐贮性最强,‘美国一号’、‘总统’李乙烯峰值很低或不明显,却软化快,易发生腐烂,不耐贮藏。苏素香等^[20]又报道极耐贮的秦王桃果实采后不软化是由于乙烯合成酶相关基因转录受阻,不能产生乙烯,从而致使细胞壁物质降解酶几乎不表达,果胶分解受阻所致。而不耐贮的‘沙红’桃在采后贮藏中乙烯合成酶相关基因随贮藏时间的延长而表达增强,果实释放大量的乙烯,促进了细胞壁物质降解酶基因的表达,导致果实迅速软化。可见,不同种类果实的耐贮性差异的原因有所不同。

3.2 酚类物质氧化与青皮核桃果实耐贮性的关系

PPO将果实酚类物质氧化为深色多聚物,POD将PPO作用产物进一步氧化^[21-22]。两种酶的作用均与果实褐变有关,但在不同种类或品种的果实中两种酶的作用重要性有所不同。Huang等^[23]测定具有不同褐变特性的不同品种竹笋,发现PPO活性与褐变快慢呈显著相关,认为不同品种PPO活性的差别是基因型不同所致。Raimbault等^[24]得出,对低温不敏感,不易发生果肉褐变的菠萝品种其贮藏期PPO活性较低;易于褐变的品种因PPO同功酶种类增多而活性较高,POD活性变化较小。山药的酶促褐变以过氧化物酶的作用更加重要^[25]。本研究中‘西扶二号’和‘鲁光’的青皮褐变分别以PPO、POD的作用为主。由于果实组织发生褐变与其细胞完整性遭受破坏有关^[26],进而腐烂进程加快^[21],因此,‘辽二’青皮果实的腐烂指数增加慢于另外两个品种的耐贮特性与其青皮氧化褐变活性低有关。并且说明,酚类作为抗病物质和作为褐变底物对果实保鲜是有利和不利两个相反的作用

面,哪一个方面占优势取决于二者的平衡。如同本研究中贮藏30 d后‘西扶二号’和‘鲁光’的情况,当同时具备了总酚含量高,氧化酶活性增大的条件时,组织褐变加剧使果实易于腐烂,但是,是酚类合成增加诱导其氧化酶活性增大,还是氧化酶自身活性增大引起褐变加剧,值得进一步研究。

4 结 论

供试的3个早实品种核桃的青皮果实以‘辽二’采后乙烯高峰较‘鲁光’和‘西扶二号’出现早且峰值高,前者两个呼吸高峰晚于和峰值低于后二者。

冷藏48 d内3个品种的腐烂指数以‘辽二’的褐变指数和腐烂指数最低,品质变化率最小,表现为最耐贮。

各品种青皮果实入贮前和贮藏过程中的总酚和类黄酮含量与果实耐贮性未表现正相关关系,贮藏过程中青皮氧化酶类活性却与耐贮性负相关,贮期青皮酚类氧化活动较弱可能是果实耐贮的一个生理标志。

参考文献:

- [1] 深圳市深福源信息咨询有限公司. 中国核桃行业市场调查与发展前景研究报告(2014版)[EB/OL]. (2013-12-26). <http://wenku.baidu.com/view/4fc5ad74a8956bec0975e376.html>.
- [2] CHRISTOPOULOS M V, TSANTILI E. Storage of fresh walnuts (*Juglans regia* L.)-low temperature and phenolic compounds[J]. Postharvest Biology and Technology, 2012, 73: 80-88. DOI:10.1016/j.postharvbio.2012.06.001.
- [3] 马惠玲, 宋淑亚, 马艳萍, 等. 自发气调包装对核桃青果的保鲜效应[J]. 农业工程学报, 2012, 28(2): 262-267. DOI:10.3969/j.issn.1002-6819.2012.02.045.
- [4] 冯文煜, 蒋柳庆, 马惠玲, 等. 不同厚度PE膜包装对核桃果实采后生理与鲜贮的效应[J]. 食品科学, 2013, 34(18): 295-300. DOI:10.7506/spkx1002-6630-201318061.
- [5] 郭园园, 鲁晓翔, 李江阔, 等. 自发气调包装对青皮核桃采后生理及品质的影响[J]. 食品科学, 2014, 35(4): 205-209. DOI:10.7506/spkx1002-6630-201404042.
- [6] 王进, 马艳萍, 陈金海, 等. 自发气调方式对核桃鲜贮及核桃仁品质的影响[J]. 现代食品科技, 2014, 30(3): 169-176.
- [7] 钟秋珍, 林旗华, 张泽煌. 福建主栽杨梅品种贮藏性初步研究[J]. 中国南方果树, 2014(6): 87-89; 99.
- [8] 孙振营, 马秋诗, 李秀芳, 等. 丙烯和1-MCP对不同耐贮性柿果实采后生理变化的影响[J]. 西北农林科技大学学报(自然科学版), 2015, 43(5): 156-162. DOI:10.13207/j.cnki.jnwafu.
- [9] 魏建梅, 朱向秋, 刘长江, 等. 甜樱桃果实LOX、PPO和POD活性变化特性及采后处理效应[J]. 河北农业科学, 2010, 14(1): 25-28; 60. DOI:10.3969/j.issn.1088-1631.2010.01.010.
- [10] TOOR R K, SAVAGE G P. Antioxidant activity in different fractions of tomatoes[J]. Food Research International, 2005, 38: 487-494. DOI:10.1016/j.foodres.2004.10.016.
- [11] MEXIS S F, BADEKA A V, RIGANAKOS K A. Effect of packaging and storage conditions on quality of shelled walnuts[J]. Food Control, 2009, 20(8): 743-751. DOI:10.1016/j.foodcont.2008.09.022.

- [12] 国家质量监督检验检疫总局、中国国家标准化管理委员会. GB/T 5530—2005 动植物油脂: 酸值和酸度测定[S]. 北京: 中国标准出版社, 2005.
- [13] 国家质量监督检验检疫总局、中国国家标准化管理委员会. GB/T 5538—2005 动植物油脂: 过氧化值测定[S]. 北京: 中国标准出版社, 2005.
- [14] 王伟, 王洪伦, 周昌范, 等. 考马斯亮蓝G-250染色法测定柠条锦鸡儿种子中可溶性蛋白含量[J]. 氨基酸和生物资源, 2011(3): 74-76. DOI:10.3969/j.issn.1006-8376.2011.03.020.
- [15] 饶景萍. 园艺产品贮运学[M]. 北京: 科学出版社, 2009: 20-38.
- [16] [美]TAIZ L, ZEIGER E著. 植物生理学[M]. 宋纯鹏, 王学路, 译. 北京: 科学出版社, 2009: 263-266.
- [17] INFANTE R, CONTADOR L, RUBIO P, et al. Postharvest sensory and phenolic characterization of 'elegant lady' and 'carson' peaches[J]. Chilean Journal of Agricultural Research[J]. 2011, 71(3): 445-451.
- [18] 宫明波, 郑学勤, 位绍文, 等. 寒露蜜桃采后呼吸变化规律[J]. 北方园艺, 2000(1): 29-30. DOI:10.3969/j.issn.1001-0009.2000.01.024.
- [19] 王姣, 李丽莉, 袁树枝, 等. 不同品种李果实低温贮藏特性研究[J]. 食品工业科技, 2014, 35(19): 343-345; 350. DOI:10.13386/j.issn1002-0306.2014.19.066.
- [20] 苏素香, 赵彩平, 曹丽军, 等. 两种不同耐贮性桃果实采后乙烯合成和果实软化相关基因表达的差异[J]. 农业生物技术学报, 2015(4): 450-458. DOI:10.3969/j.issn.1674-7968.2015.04.004.
- [21] 林河通, 席珣芳, 陈绍军. 果实贮藏期间的酶促褐变[J]. 福州大学学报(自然科学版), 2002, 30(增刊1): 696-703. DOI:10.3969/j.issn.1000-2243.2002.z1.014.
- [22] HOLCROFT D M, LIN H T, KETSA S. Harvesting and storage[M]// MENZEL C, WAITE G (Eds.). Litchi and longan: botany, cultivation and uses. CAB International, Wallingford, UK, 2005: 273-295.
- [23] HUANG L C, LEE Y L, HUANG B L. High polyphenol oxidase activity and low titratable acidity in browning bamboo tissue culture[J]. In Vitro cellular and Developmental Biology-Plant, 2002, 38(4): 358-365. DOI:10.1079/IVP2002298.
- [24] RAIMBAULT A K, MARIE-ALPHONSINE P A, HORRY J P. Polyphenol oxidase and peroxidase expression in four pineapple varieties (*Ananas comosus* L.) after a chilling injury[J]. Journal of Agricultural and Food Chemistry, 2011, 59(1): 342-348. DOI:10.1021/jf102511z.
- [25] GRAHAM-ACQUAAH S, AYERNOR G S, BEDIAKO-AMOA B, et al. Spatial distribution of total phenolic content, enzymatic activities and browning in white yam (*Dioscorea rotundata*) tubers[J]. Journal of Food Science and Technology, 2014: 51(10): 2833-2838. DOI:10.1007/s13197-012-0760-6.
- [26] 段学武, 蒋跃明, 苏新国, 等. 纯氧对荔枝果实贮藏期间果皮褐变和细胞超微结构的影响[J]. 热带亚热带植物学报, 2004, 12(6): 565-568. DOI:10.3969/j.issn.1005-3395.2004.06.014.