

DOI: 10.11931/guihaia.gxzw201901030

王纪辉. 青核桃冷藏期间氧化状态分析 [J]. 广西植物, 2020, 40(7): 1054–1060.

WANG JH. Analysis of oxidation status of walnut with husk during cold storage [J]. *Guihaia*, 2020, 40(7): 1054–1060.

青核桃冷藏期间氧化状态分析

王纪辉

(贵州省核桃研究所, 贵阳 550005)

摘要: 为了解青核桃在冷藏期间的氧化状态, 该文以青核桃为材料, 研究其在低温冷藏中果仁含水量、酸价 (AV)、过氧化值 (POV)、碘值 (IV)、过氧化氢酶 (CAT)、脂氧合酶 (LOX)、丙二醛 (MDA) 的变化。结果表明: 冷藏期间, 青核桃果仁水分含量、IV 呈逐渐降低趋势; CAT 活性保持良好; AV、POV、LOX 活性、MDA 含量总体上表现为上升趋势; 主体间效应检验得出, 冷藏时间对青核桃品质影响显著 ($P < 0.05$)。IV、果实含水量两两之间均呈极显著性正相关 ($P < 0.01$), AV、POV、LOX 及 MDA 两两之间表现为极显著性正相关 ($P < 0.01$); 部分指标呈 (极) 显著性负相关; 主成分分析结果表明, 果仁含水量、AV、POV、IV、MDA、CAT、LOX 与果实品质关系密切, 可作为评价其氧化程度的重要指标。青核桃采摘预冷后, 在温度为 1~2 °C、相对湿度为 85%~90% 的条件下可贮藏 18 d。以上结果可为青核桃冷藏提供理论依据和基础数据。

关键词: 青核桃, 冷藏, 相关性, 主成分

中图分类号: S664.1 文献标识码: A

文章编号: 1000-3142(2020)07-1054-07

开放科学 (资源服务) 标识码 (OSID):



Analysis of oxidation status of walnut with husk during cold storage

WANG Jihui

(Guizhou Institute of Walnut, Guiyang 550005, China)

Abstract: In this research, the changes of moisture content, acid value (AV), peroxide value (POV), iodine value (IV), catalase (CAT), lipoxigenase (LOX) and malondialdehyde (MDA) of walnut with husk were studied to understand the oxidation status of walnut with husk during cold storage. The results were as follows: During cold storage, the moisture content and IV decreased gradually; The CAT remained good; The AV, POV, LOX activities and MDA content showed an increasing trend; The inter-subjectivity effecting test showed that the effect of cold storage time on the quality of walnut with husk was significant ($P < 0.05$). Studies have shown that there was a very significant positive correlation between the IV value, moisture content with kernel ($P < 0.01$), in addition, there was a very significant positive

收稿日期: 2019-04-19

基金项目: 国家自然科学基金 (3186030247); 贵州省核桃工程技术研究中心项目 (黔科合平台人才 [2019]5202); 贵州省林业厅林业优秀青年人才培养专项项目 (黔林科合 J [2018]16) [Supported by the National Natural Science Foundation of China (3186030247); Project of Walnut Engineering Technology and Research Center of Guizhou (Guizhou Science and Technology Platform Talent [2019]5202); Forestry Outstanding Young Talents Training Special Project of Guizhou Forestry Department (Qianlin Science and Technology J [2018]16)].

作者简介: 王纪辉 (1988-), 男, 河南周口人, 硕士, 助理研究员, 研究方向为食品贮藏保鲜, (E-mail) shikewangjihui@163.com。

correlation between the AV, POV, LOX and the MDA ($P < 0.01$); Some of the indexes were (extremely) negatively correlated with each other; The result of principal component analysis showed that the moisture content and AV, POV, IV, MDA, CAT, LOX were closely related to the quality of the fruit, and it could be used as an important index to evaluate the degree of oxidation. The walnut with husk could be stored for 18 days at $1\sim 2\text{ }^{\circ}\text{C}$ and RH 85%–90%, after walnut with husk was picked and precooled. This research will provide theoretical basis and basic data for walnut with husk during cold storage.

Key words: walnut with husk, cold storage, correlation, principal component

核桃(*Juglans regia*), 又称胡桃、羌桃, 为胡桃科(*Juglandaceae*)植物。与扁桃、腰果、榛子并称为世界著名的“四大干果”(耿阳阳等, 2018)。核桃仁中油酸、亚油酸及亚麻酸等不饱和脂肪酸含量较为丰富, 被誉为天然的脑黄金(王纪辉等, 2017, 2018), 含有人体必需的微量元素和矿物质以及多种维生素, 是深受老百姓喜爱的坚果类食品之一(Gao et al., 2010; 耿阳阳等, 2016)。鲜核桃果仁饱满、澄白、滋味甘甜, 能有效保持营养物质、风味品质, 在市场上深受消费者喜爱。然而, 青核桃冷藏期间生理生化指标所表现的响应程度有所不同, 适时了解掌握青核桃冷藏期间各指标的响应变化, 对预测青核桃冷藏期间品质变化尤为关键(Ma et al., 2010; Dong et al., 2012)。因此, 对青核桃采后冷藏期间氧化状态进行跟踪研究, 为青核桃最基本的冷藏保鲜提供基础数据。

目前, 针对国内外鲜核桃贮藏研究已有部分报道, 巩芳娥等(2018)研究发现, 用 PE40 自发气调袋包装青核桃进行冷藏, 不同青核桃品种贮藏期限有所差异, 但均能很好地保持青果品质; 叶妞等(2018)运用气调贮藏对青皮核桃保鲜效应进行研究, 得出复合气体气调贮藏能够抑制贮藏中后期 PPO 活性, 促进酚类物质含量保持, 提高后期抗氧化能力, 能更好地保持核桃仁理化品质; 李勇鹏等(2018)研究表明常温下不同处理对核桃青果的保鲜效果, 发现 1-甲基环丙烯(1-MCP)处理效果最好, 而用 ^{60}Co γ 射线辐照处理时果皮开裂指数高于对照组; 魏雯雯等(2017)研究发现, 采取 CF 和 ClO_2 保鲜剂浸果处理均能延长核桃青果贮藏期, CF 保鲜剂处理效果较 ClO_2 处理更明显; 耿阳阳等(2013)利用 0.07 mm 聚乙烯袋包装观察鲜食核桃在贮藏期品质及生理变化, 发现限气贮藏在一定

程度上能延缓果实品质氧化。

上述研究主要采用气调、射线辐照及保鲜剂喷施处理来进行鲜核桃的贮藏, 而核桃青果在低温自然裸露下的冷藏效果究竟如何, 果实冷藏期间氧化状态怎样变化不得而知。因此, 本研究以青皮核桃为材料, 对青核桃在自然裸露冷藏下的氧化状态进行跟踪分析, 探索青核桃在 $1\sim 2\text{ }^{\circ}\text{C}$ 冷藏期间果实的氧化状态, 运用相关性分析指标间的协同拮抗作用, 利用主成分分析更加科学合理地报道各指标与果实品质的密切程度, 为民间冷库青核桃的冷藏提供依据。

1 材料与方 法

1.1 材料与仪器

以山东济南核桃良种种植园当地核桃品种香玲为材料, 选取大小适中、青皮无褐变、无机械损伤、无病虫害、充分成熟的果实, 带果柄剪下, 2 h 内运送到保鲜实验室冷库, 然后放置于 $3\text{ }^{\circ}\text{C}$ 下预冷 3 d。

L5S 型紫外可见分光光度计(上海仪电分析仪器有限公司); TGL20M 型冷冻离心机(长沙迈佳森仪器设备有限公司); MS104TS 型电子精密天平(梅特勒-托利多仪器有限公司); XMA-600 型数显鼓风干燥箱(上海叶拓仪器仪表有限公司); DKB-8 型数显恒温水浴锅(上海精宏实验设备有限公司)。

1.2 方法

选取贮藏温度为 $1\sim 2\text{ }^{\circ}\text{C}$ 、相对湿度(RH)为 85%~90%进行青皮核桃鲜果贮藏实验, 每隔 18 d 对其生理指标进行测定, 每次测定 5 个果, 每个指标值测定 3 次取其平均值。

1.3 测定项目和方法

(1)水分含量:参照 GB 5009.3-2016 进行测定。(2)酸价、过氧化值:分别参照 GB 5009.229-2016《食品中酸价的测定》,GB 5009.227-2016《食品中过氧化值的测定》进行测定。(3)碘值:参照 GB/T 5532-2008《动植物油脂中碘值的测定》进行测定。(4)脂氧合酶活性:参照李强等(2008)的方法进行测定。(5)过氧化氢酶活性、丙二醛含量:参照曹建康(2007)的方法进行测定。

1.4 数据处理

所得结果以平均值 \pm 标准偏差表示,采用 SPSS19.0 统计分析软件中的 Duncan's 法进行多重比较;分别采用 SPSS19.0 中的双变量法和降纬中因子分析法进行相关性分析、主成分分析;采用 Origin9.1 图表绘制软件对研究结果进行制图。

2 结果与分析

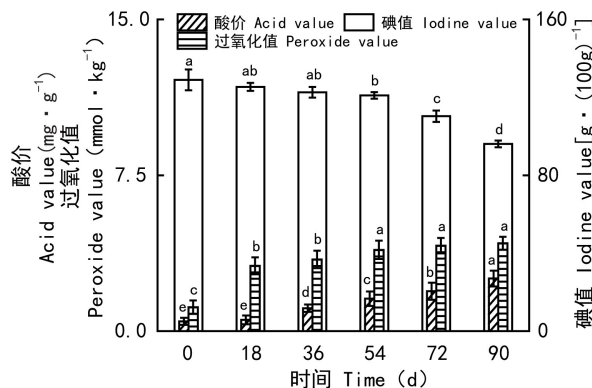
2.1 冷藏期间青核桃酸价和过氧化值及碘值变化

由图 1 可知,随着冷藏时间的延长,青核桃的 AV 值逐渐增大,表明低温冷藏只能延缓核桃氧化酸败和延长青核桃的冷藏时间,并不能阻止核桃鲜果发生哈败;前 18 d,核桃油脂酸价增加幅度较小,18 d 以后,油脂 AV 值迅速增大;由方差分析可知,0 和 18 d 之间无差异性可言($P>0.05$,下同),但却与 36、54、72、90 d 之间两两存在显著性差异($P<0.05$,下同)。

过氧化值能够很好地呈现核桃果仁发生氧化酸败的程度。由图 1 可知,POV 值的变化与 AV 值的变化规律表现一致,均是随时间的延长而逐渐增加,说明低温虽然可以减轻青核桃鲜果的氧化变质,但青核桃果仁的哈败还是在缓慢发生;从方差分析可以看出,54、72、90 d 两两之间不存在显著性差异,但与 18、36 d 之间表现出显著性差异。

青核桃鲜果果仁油脂的碘值是衡量油脂中 UFA(不饱和脂肪酸)含量和甘油酯的平均相对分子质量的重要指标(Vanhanenl et al., 2006)。由图 1 可知,冷藏时间对青核桃鲜果的 IV 值影响显著,随着冷藏时间的延长,IV 值逐渐降低,与 AV 值以及 POV 值变化相反,说明青核桃在贮藏过程中,果

仁中 UFA 的含量逐渐下降,随冷藏时间的延长,UFA 被缓慢氧化,核桃果仁的营养价值逐渐降低;由方差分析可知,0、18、36 d 的 IV 值之间无差异性,54、72、90 d 的 IV 值两两之间存在显著性差异。



不同小写字母表示差异显著($P<0.05$);相同小写字母表示差异不显著($P>0.05$)。下同。

Different lowercase letters represent significant differences ($P<0.05$); The same lowercase letters represent no significant differences ($P>0.05$). The same below.

图 1 青核桃冷藏期间果仁酸价和过氧化值及碘值变化
Fig. 1 Changes in acid value, peroxide value and iodine value of walnut with husk during cold storage

2.2 冷藏期间青核桃水分含量和脂氧合酶及过氧化氢酶活性变化

水分含量是影响青核桃鲜果冷藏期间品质变化的重要因素,核桃含水量越高,口感越清新,质地越佳(Wang et al., 2016)。由图 2 可知,青核桃鲜果在冷藏期间,其果仁水分含量呈逐渐降低的趋势,在冷藏期间,青核桃鲜果本身的呼吸作用、新陈代谢以及表面的蒸发作用降低了果仁的含水量。在冷藏初期核桃果仁含水量最高达 36.4%,存放时间达 90 d 时,果仁含水量下降到 21.73%,下降了 67.51%。由方差分析可知,0、90 d 之间差异显著,并且与其余存放天数两两之间也呈现显著性差异。

LOX 是一种含非血红素铁的蛋白质,能够催化多元不饱和脂肪酸发生加氧反应,氧化生成具有共轭双键的过氧化氢物以及自由基和茉莉酸等衰老物质,进而直接或间接地参与到组织衰老的进程当中(李晴等,2015)。由图 2 可知,LOX 活性整体上是上升的,但却是呈先升又降的趋势变化。冷藏初

期即 0~36 d 时, LOX 活性上升速率较快, 增加幅度较大, 而 36~90 d, LOX 活性逐渐降低, 但下降趋势较为平缓; 0~54 d, LOX 活性和 CAT 活性呈相反变化, 两种酶的活性相互抑制; 54~90 d 时, 两种酶的活性均出现不同幅度下降, 其原因可能是冷藏后期, 果仁含水量较低, 在一定程度上抑制了两种酶的活性。就方差分析而言, 0、18、36、90 d 时的 LOX 活性两两之间均呈显著性差异, 而 36、54、72 d 之间以及 54、72、90 d 之间均无显著性差异。

过氧化氢酶是一种氧化还原酶, 可以促使 H_2O_2 发生分解生成 H_2O 和 O_2 , 能够有效地破坏青核桃果仁在冷藏期间因氧化作用生成的有毒有害物质, 进而保护果仁品质 (Jiang et al., 2015)。由图 2 可知, 随着冷藏时间的延长, CAT 活性呈先降又升再降的趋势, 36~54 d 时, 果仁可能因微生物污染加剧氧化作用产生大量的活性氧自由基进而诱导组织大量合成 CAT, 引起 CAT 活性的暂时性升高。就显著性分析而言, 18、54、72 d 时的 CAT 活性无差异性, 18、72、90 d 时的 CAT 活性也无差异性可言, 36、90 d 时的 CAT 活性也不存在差异性, 而 0 d 时的 CAT 活性与其余冷藏时间均呈现显著性差异。

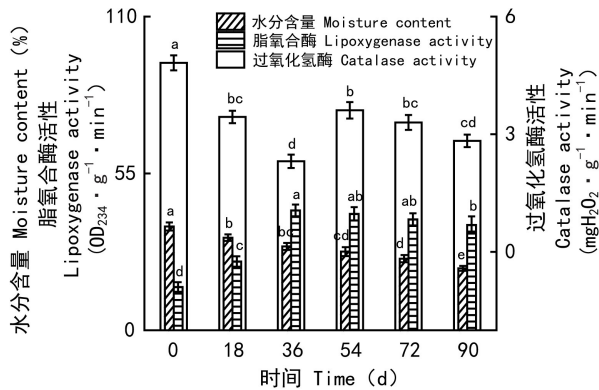


图 2 青核桃冷藏期间果仁水分含量和脂氧合酶及过氧化氢酶活性变化

Fig. 2 Changes in moisture content, activities of lipoxigenase and catalase of walnut with husk during cold storage

2.3 冷藏期间青核桃丙二醛含量变化

青核桃冷藏期间, 产生大量自由基, 促进膜脂发生过氧化反应, 生成过氧化产物 MDA, 质膜遭到破坏。由图 3 可知, 在整个冷藏期间 MDA 含量呈现逐渐增加的规律变化。0~18 d 以及 54~72 d

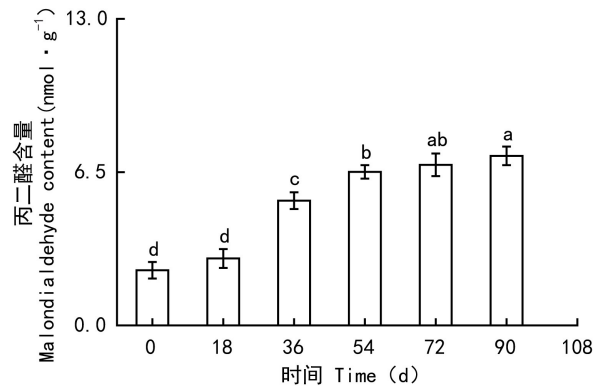


图 3 青核桃冷藏期间丙二醛含量变化

Fig. 3 Changes in malondialdehyde content of walnut with husk during cold storage

时, MDA 含量上升速率较慢, 增加幅度较小, 18~54 d 和 72~90 d 时, MDA 含量增加幅度较大, 上升速率较快。在冷藏期间, 果仁逐渐被微生物污染, 细胞膜脂缓慢被破坏, 发生膜脂过氧化。由差异性分析可知, 0 和 18 d、54 和 72 d 以及 72 和 90 d 的 MDA 含量无显著性差异, 但均与 36 d 时的 MDA 含量呈现差异性显著。

2.4 低温冷藏条件下的方差分析及相关性分析

由表 1 可知, 冷藏时间对青核桃品质的影响差异性显著, 由上述分析结果可以得出低温冷藏可有效地保存核桃鲜果品质的稳定性。由表 2 可知, IV 值与 AV 值、POV 值呈极显著负相关 ($P < 0.01$, 下同); 果仁含水量与 IV 值呈极显著性正相关, 与 AV 值、POV 值均表现出极显著性负相关。说明油脂酸价、过氧化值越高, 鲜果品质越低、口味越差, 果仁氧化酸败严重。果仁 CAT 活性与 MDA 含量呈显著性负相关; LOX 活性与 MDA 含量则表现出极显著性正相关, 与 CAT 活性呈极显著性负相关。表明 CAT 和 LOX 这两种酶在一定程度上起拮抗作用, CAT 酶能有效清除自由基, 减少丙二醛生成, 保护细胞膜组织。

2.5 影响果实品质指标的主成分分析

对青核桃的果仁含水量、AV、POV、IV 等 7 项生理生化指标进行主成分筛选及分析, 根据贡献率的大小得知各指标的重要性。根据主成分确定方法, 从表 3 可以看出, 特征值大于 1 的主成分有 1 个,

表 1 主体间效应的检验
Table 1 Test of effect of main body

来源 Source	因变量 Dependent variable	III 型平方和 Type III sum of square	自由度 Degree of freedom	均方 Mean square	F 值 F value	显著性 Significance
贮藏时间 Storage time	AV	9.725	5	1.945	53.124	极显著 Extremely significant
	POV	19.535	5	3.907	69.231	极显著 Extremely significant
	IV	2 227.636	5	445.527	32.454	极显著 Extremely significant
	MDA	66.112	5	13.222	99.946	极显著 Extremely significant
	CAT	10.765	5	2.153	19.654	极显著 Extremely significant
	LOX	1 767.806	5	353.561	60.914	极显著 Extremely significant
	含水量 Moisture content	409.892	5	81.978	30.053	极显著 Extremely significant

表 2 青核桃果仁各指标相关性分析结果
Table 2 Results of correlation analysis of the indexes of walnut with husk

	贮藏时间 Storage time	AV	POV	IV	MDA	CAT	LOX	含水量 Moisture content
贮藏时间 Storage time	1							
AV	0.966 **	1						
POV	0.859 **	0.782 **	1					
IV	-0.894 **	-0.892 **	-0.669 **	1				
MDA	0.941 **	0.907 **	0.857 **	-0.761 **	1			
CAT	-0.538 *	-0.455	-0.699 **	0.437	-0.567 *	1		
LOX	0.733 **	0.642 **	0.839 **	-0.482 *	0.857 **	-0.723 **	1	
含水量 Moisture content	-0.957 **	-0.930 **	-0.882 **	0.844 **	-0.908 **	0.529 *	-0.737 **	1

注：* 表示在 0.05 水平(双侧)上显著相关；** 表示在 0.01 水平(双侧)上极显著相关。

Note: * means significant correlation at level 0.05 (bilateral); ** means extremely significant correlation at level 0.01 (bilateral).

其累积贡献率达到 81.249%。依据各生理生化指标在主成分 1 中载荷系数绝对值大小来判断主成分 1 包含的生理生化指标,由表 4 可知,第一主成分在果仁含水量、AV、POV、IV、MDA、CAT、LOX 7 项指标上有较大的载荷系数,该主成分与果仁含水量、AV、POV、IV、MDA、CAT、LOX 有较强的相关性。

3 讨论与结论

青核桃在存放过程中,因自身的呼吸代谢以及果实体表面的蒸发作用,会降低果仁的水分含

量。本研究中青核桃果仁的含水量随着冷藏时间的延长而逐渐下降,与冯文煜等(2013)研究的不同厚度 PE 膜包装对核桃果实采后生理变化的结果一致;AV 值、POV 值以及 IV 值能够客观地反应核桃油脂被氧化的程度,前两者值越高说明核桃油脂哈败的程度越严重,而 IV 值越高表明油脂的新鲜程度越佳(马艳萍等,2011)。本研究中 AV 值、POV 值的含量逐渐增加而 IV 值的含量却缓慢下降,究其原因可能是核桃仁油脂中亚麻酸、亚油酸不饱和脂肪酸含量较高以及青核桃水分含量高,氧化酶活性活跃导致在自然裸露下较易氧化,出现酸败,这与王萍等(2016)的试验结果相一致。

表 3 青核桃生理生化指标主成分筛选结果

Table 3 Screening results of principal component of physiological and biochemical indexes of walnut with husk

成分 Component	特征值 Eigen value	方差贡献率 Variance contribution rate (%)	累积方差 贡献率 Cumulative variance contribution rate(%)
1	5.687	81.249	81.249
2	0.869	12.412	93.660
3	0.326	4.660	98.320
4	0.117	1.674	99.994
5	0.000	0.006	100.000
6	-3.078E-17	-4.398E-16	100.000
7	-3.647E-16	-5.210E-15	100.000

表 4 青核桃生理生化指标在主成分中的载荷系数

Table 4 Load coefficient of physiological and biochemical indexes of walnut with husk in principal component

指标 Index	指标在主成分 1 中载荷系数 Load coefficient of index in principal component 1
含水量 Moisture content	-0.985
酸价 Acid value	0.934
过氧化值 Peroxide value	0.937
碘值 Iodine value	-0.850
丙二醛 Malondialdehyde	0.962
过氧化氢酶 Catalase	-0.746
脂氧合酶 Lipoxigenase	0.874

植物组织内的抗氧化酶能够有效地清除活性氧簇 (ROS), 稳定膜系统。当处于正常的环境时, 抗氧化酶系能维持植物体内 ROS 的相对稳定, 防止生成大量的 ROS 对植物体造成伤害, CAT 活性的高低对于植物对抗不良环境的胁迫具有重要意义 (李晴等, 2015)。本研究中 CAT 活性呈先降又升再降的趋势变化, 究其原因可能是, 冷藏初期, 果实内部 H_2O_2 生成量较少, 不足以激发 CAT 活性, 果实细胞内部 SOD 作为第一道防御屏障先于 CAT 发挥效用, 及时清除因氧化而积累的 H_2O_2 , 以保持细胞内活性氧产生和清除的动态平衡, 保护细胞膜稳定性。相关研究表明, 多余的

H_2O_2 对生物膜、核算、蛋白等具有损伤作用, 贮藏至 36~54 d 时, 随着果实内部营养物质氧化加剧, 细胞内部产生的大量 H_2O_2 打破了活性氧生成和清除平衡, 果实内部机制为维护这种代谢平衡, 激发自身第二道防御体系 CAT 进而发挥效用, 这种变化证明为了避免过多的活性氧对植物造成损害, 植物体内本身会做出相应的应急反应, 之后 CAT 活性下降, 原因可能是 CAT 发挥作用是存在一定阈值的, 加之果仁水分含量下降, 各种复杂因素共同作用最终导致 CAT 活性降低 (杨曦等, 2015)。LOX 活性在冷藏后期表现为下降的趋势, 其原因可能是青核桃在后期发生严重腐烂及果仁水分丧失, 抑制 LOX 活性 (Dong et al., 2012)。MDA 是膜脂发生过氧化生成的产物, 其含量的高低直接预示着果实细胞膜被破坏的程度, 低温胁迫破坏细胞内活性氧代谢平衡而产生过多活性氧, 造成细胞膜系统的损害, 引发或加剧膜脂过氧化的作用。本研究中 MDA 含量呈逐渐升高的趋势变化, 说明低温冷藏只可延缓青核桃发生氧化酸败, 但并不能完全阻止, 冷藏初期 MDA 含量增幅较小, 说明初期的果实细胞组织膜脂过氧化程度弱。冷藏中后期果实抗氧化酶活性降低加之低温微生物生长繁殖代谢产生的各种氧化酶等共同作用导致果实营养物质氧化程度加剧, MDA 含量增幅较大, 这与王萍等 (2016) 研究结果存在差异。本试验就青核桃采后冷藏期间氧化状态进行了初步分析, 为获得更准确有效的核桃品质评价指标, 后续试验将深入探讨不同保鲜方式以及不同包装处理对青核桃采后品质评价体系的构建。

综上所述, 低温冷藏虽可延缓核桃青果氧化程度加剧, 但青果营养品质还是有所下降, 通过对核桃青果冷藏期间氧化状态分析, 发现青核桃在采后冷藏期间果仁含水量迅速下降, 且不同时期呈现显著性差异, 之后维持在低水平状况; AV、POV 值缓慢升高, UFA 中双键发生加成反应, 导致 IV 值降低; CAT 保持较高活性, 抑制 LOX 活性, 减少 MDA 积累; 各理化指标之间存在不同程度的协同和拮抗作用, 对维持果实品质具有重要意义; 果仁含水量、AV、POV、IV、MDA、CAT、LOX 与果实品质密切相关。

参考文献:

- CAO JK, 2007. Study on physiology and biochemistry of fruits and vegetables after harvest [M]. Beijing: China Light Industry Press:59-155. [曹建康, 2007. 果蔬采后生理生化实验指导 [M]. 北京: 中国轻工业出版社:59-155.]
- DONG YZ, CHEN H, LIANG FL, 2012. Investigation and analysis on the wild walnut in Gongliu, Xinjiang [J]. J Plant Gene Resour, 13(3):386-392.
- FENG WY, JIANG LQ, MA HL, et al., 2013. Effects of different thickness PE film packaging on postharvest physiology and fresh storage of walnut fruit [J]. Food Sci, 34(18):295-300. [冯文煜, 蒋柳庆, 马惠玲, 等, 2013. 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, 34(18):295-300.]
- GONG FE, HU YQ, JIA XH, 2018. Changes in sensory quality of main cultivars of walnut with husk in Longnan under low temperature storage [J]. Economic For Res, 36(4):59-63. [巩芳娥, 虎云青, 贾星宏, 2018. 陇南主栽核桃品种青果低温贮藏下感官品质的变化 [J]. 经济林研究, 36(4):59-63.]
- GENG YY, HOU N, HE JL, et al., 2018. Effects of drying temperature with gradient on sensory quality of walnut [J]. Food Technol, 43(2):64-69. [耿阳阳, 侯娜, 何佳丽, 等, 2018. 梯度干燥温度对核桃感官品质的影响 [J]. 食品科技, 43(2):64-69.]
- GENG YY, ZHANG YX, HU YW, et al., 2016. Advances in fresh walnut research [J]. Food Ind Sci Technol, 37(16):396-399. [耿阳阳, 张彦雄, 胡译文, 等, 2016. 鲜食核桃研究进展 [J]. 食品工业科技, 37(16):396-399.]
- GAO HY, CHEN HJ, SONG LL, 2010. Effects of short-term N₂ treatment on quality of loquat fruit during cold storage [J]. Acta Horti, (877):899-903.
- GENG YY, XU L, MA BJ, et al., 2013. Quality and physiological changes of fresh walnut during cold storage [J]. Food Technol, 38(3):49-54. [耿阳阳, 徐俐, 马宝军, 等, 2013. 不同品种鲜食核桃冷藏期间品质及生理变化 [J]. 食品科技, 38(3):49-54.]
- JIANG LQ, FENG WY, LI F, 2015. Effects of one-methylcyclopropene(1-MCP) and chlorine dioxide(ClO₂) on preservation of green walnut fruit and kernel traits [J]. J Food Sci Technol, 52(1):267-275.
- LI YP, PAN L, NING DL, et al., 2018. Comparison of fresh-keeping effect of different treatments of walnut with husk at room temperature [J]. Western For Sci, 47(3):41-44. [李勇鹏, 潘莉, 宁德鲁, 等, 2018. 不同处理核桃青果常温保鲜效果的比较 [J]. 西部林业科学, 47(3):41-44.]
- LI Q, WU XL, LI HW, et al., 2008. Establishment of method for determination of lipoxygenase activity in cucumber fruit [J]. J NE Agric Univ, 39(5):62-65. [李强, 吴晓露, 李红伟, 等, 2008. 黄瓜果实脂氧合酶活性测定方法的建立 [J]. 东北农业大学学报, 39(5):62-65.]
- LI Q, LIU D, MA YP, et al., 2015. Effect of MA packaging on quality and endogenous hormones of fresh walnut refrigerated futures shelf [J]. N Horti, (4):123-128. [李晴, 刘丹, 马艳萍, 等, 2015. MA 包装对鲜食核桃冷藏期货架品质及内源激素的影响 [J]. 北方园艺, (4):123-128.]
- LI Q, KOU LP, MA YP, et al., 2015. Effects of low dose irradiation on shelf quality of fresh walnut after different cold storage period [J]. Technol in Food Ind, 36(23):325-328. [李晴, 寇莉萍, 马艳萍, 等, 2015. 低剂量辐照对鲜食核桃不同冷藏期后货架品质的影响 [J]. 食品工业科技, 36(23):325-328.]
- MA YP, MA HL, LIU XH, et al., 2011. Comparison of storage physiology and nutrition quality between fresh walnut and dry walnut [J]. Food Ferment Ind, 37(3):235-238. [马艳萍, 马惠玲, 刘兴华, 等, 2011. 鲜食核桃和干核桃贮藏生理及营养品质变化比较 [J]. 食品与发酵工业, 37(3):235-238.]
- MA YP, LIU XH, YUAN DB, 2010. Changes of respiration intensity and quality of different varieties of fresh walnut during cold storage [J]. Transac Chine Soc Agric Engineer, 26(1):370-374.
- VANHANEN L, SAVAGE GP, 2006. The use of peroxide value as a measure of quality for walnut flour stored at five different temperatures using three different types of packaging [J]. Food Chem, 99(1):64-69.
- WEI WW, DUAN WK, SUN F, et al., 2017. Effect of CF preservative of walnut with husk in cold storage [J]. N Horti, (10):114-117. [魏雯雯, 段文凯, 孙斐, 等, 2017. CF 保鲜剂对青核桃冷藏效果的影响 [J]. 北方园艺, (10):114-117.]
- WANG JH, TIAN YL, HOU N, et al., 2018. Factors of affecting the preparation of walnut polypeptide by simultaneous enzymolysis with compound enzyme [J]. Food Res Dev, 39(12):47-52. [王纪辉, 田娅玲, 侯娜, 等, 2018. 影响双酶复配同步酶解制备核桃多肽的因素 [J]. 食品研究与开发, 39(12):47-52.]
- WANG JH, GENG YY, HOU N, et al., 2017. Study on the factors of affecting the preparation of walnut polypeptide by single enzyme [J]. Chin Brew, 36(12):68-71. [王纪辉, 耿阳阳, 侯娜, 等, 2017. 影响单酶法制备核桃多肽的因素研究 [J]. 中国酿造, 36(12):68-71.]
- WANG J, LIANG SJ, MA HL, 2016. Effects of ethephon on fresh in-husk walnut preservation and its possible relationship with phenol metabolism [J]. J Food Sci, 81(8):1921-1927.
- WANG P, SONG LJ, LU JK, et al., 2016. Effect of packaging on storage quality of fresh walnut in Aksu area [J]. Food Mach, 32(5):137-143. [王萍, 宋丽军, 陆健康, 等, 2016. 包装处理对阿克苏地区鲜食核桃贮藏品质的影响 [J]. 食品与机械, 32(5):137-143.]
- YE N, ZHANG PP, MA HL, et al., 2018. Effect of controlled atmosphere storage on fresh-keeping effect of walnut with husk [J]. Food Ind, 39(9):170-174. [叶妞, 张萍萍, 马惠玲, 等, 2018. 气调贮藏对青皮核桃保鲜效应的影响 [J]. 食品工业, 39(9):170-174.]
- YANG X, ZHANG RG, HAN JQ, et al., 2015. Effects of different storage methods on postharvest physiology and storage quality of fresh walnut fruits [J]. Chin Agric Sci, 48(10):2029-2038. [杨曦, 张润光, 韩军岐, 等, 2015. 不同贮藏方式对核桃鲜果采后生理及贮藏品质的影响 [J]. 中国农业科学, 48(10):2029-2038.]