

# 1-甲基环丙烯处理结合塑料袋包装对核桃青果采后贮藏品质的影响

钟迪颖<sup>1</sup>, 郜海燕<sup>2</sup>, 杨晓月<sup>1</sup>, 张润光<sup>1</sup>, 张有林<sup>1</sup>

(1. 陕西师范大学 食品工程与营养科学学院, 西安 710119; 2. 浙江省农业科学院, 杭州 310021)

**摘要:**探究1-甲基环丙烯(1-MCP)处理结合塑料袋包装对核桃青果采后贮藏品质的影响。采用1-MCP结合塑料袋抽真空、1-MCP结合塑料袋更换保鲜剂、1-MCP结合塑料袋和裸放(CK)4种处理方式,将核桃青果置于温度(1±0.5)℃、相对湿度85%~90%的贮藏环境中,贮期测定果仁水分、油脂、蛋白质、丙二醛含量及脂氧合酶活性,油脂酸值、过氧化值和核桃青皮褐变指数等指标,贮后(100 d)测定好果率和感官评价。结果表明:1-MCP处理结合塑料袋包装能抑制果仁水分、油脂、蛋白质含量的下降,降低果仁油脂酸值、果仁油脂过氧化值、果仁脂氧合酶活性、果仁丙二醛含量及核桃青皮褐变指数,提高核桃青果贮后的好果率及感官品质,综合贮后好果率和感官评分,以1-MCP结合塑料袋更换保鲜剂处理核桃青果贮后果实品质最佳。

**关键词:**核桃青果;1-甲基环丙烯;塑料袋包装;贮藏品质

中图分类号:TS205.9;TS255.3 文献标识码:A 文章编号:1003-7969(2021)04-0052-05

## Effects of 1-MCP treatment combined with plastic bag packaging on postharvest storage quality of green walnut fruit

ZHONG Diying<sup>1</sup>, GAO Haiyan<sup>2</sup>, YANG Xiaoyue<sup>1</sup>, ZHANG Runguang<sup>1</sup>,  
ZHANG Youlin<sup>1</sup>

(1. College of Food Engineering and Nutritional Science, Shaanxi Normal University, Xi'an 710119, China;  
2. Zhejiang Academy of Agricultural Sciences, Hangzhou 310021, China)

**Abstract:** The effects of 1-methylcyclopropene (1-MCP) treatment combined with plastic bag packaging on postharvest storage quality of green walnut fruit were investigated. The green walnut fruit was stored at (1±0.5)℃ and 85%–90% relative humidity with four treatments: 1-MCP combined with plastic bag vacuum, 1-MCP combined with plastic bag replacing preservative, 1-MCP combined with plastic bag and no packaging. The moisture, oil, protein and malondialdehyde contents and lipoxygenase activity of kernel, and acid value and peroxide value of the oil and pericarp browning index of walnut were measured during storage, then the good fruit rate and sensory evaluation after storage for 100 d were conducted. The results showed that 1-MCP treatment combined with plastic bag packaging could inhibit the decrease of moisture, oil and protein contents of the kernel, decrease the acid value,

peroxide value, the lipoxygenase activity, malondialdehyde content and pericarp browning index, and improve the good fruit rate and sensory quality of stored green walnut. Considering good fruit rate and sensory score after storage, the quality of the fruit treated by 1-MCP combined with plastic bag replacing preservative was the best.

**Key words:** green walnut fruit; 1-methylcyclopropene; plastic bag packaging; storage quality

收稿日期:2020-06-12;修回日期:2020-07-06

基金项目:国家重点研发计划(2018YFD0401304);陕西省农业科技创新驱动项目(NYKJ-2018-XA-06);榆林市科技计划项目(2018-2-37,38)

作者简介:钟迪颖(1996),女,硕士研究生,研究方向为农产品贮藏与加工(E-mail)953809798@qq.com。

通信作者:张有林,教授,博士生导师(E-mail)youlinzh@snnu.edu.cn。

核桃(*Juglans regia* L.)为胡桃科、胡桃属植物,原产于亚洲西部,现广泛分布于世界各地,与扁桃、腰果、榛子并称为世界四大干果<sup>[1]</sup>。我国的核桃资源丰富,种植面积和产量均位居世界第一<sup>[2]</sup>。核桃营养丰富,仁中油脂含量60%~70%<sup>[3]</sup>,油中亚油酸和亚麻酸占70%~80%<sup>[4]</sup>,还含有丰富的蛋白质,具有保健功能<sup>[5-9]</sup>。核桃青果因其口感好而深受人们喜爱,但核桃青果采后呼吸强度大,各种酶活性强,容易发生氧化反应,贮藏期间易出现果仁哈败、变色、发霉以及果皮失水腐烂等问题,导致核桃青果贮藏期短,贮后品质差<sup>[10]</sup>。乙烯是果蔬的成熟激素,研究表明,1-甲基环丙烯(1-MCP)可以占据乙烯的作用位点,抑制乙烯作用,延长贮藏期<sup>[11]</sup>。Christopoulos等<sup>[12]</sup>研究指出,核桃青果贮藏的最佳温度为1℃左右。杨曦等<sup>[13]</sup>研究表明,核桃青果为呼吸跃变型果实,乙烯是导致果实衰老的成熟激素,在温度1℃、相对湿度90%的条件下,核桃青果的贮藏效果良好。

本文依据核桃青果为呼吸跃变型果实和乙烯为其成熟激素的基本原理,将1-MCP与塑料袋包装复合应用于核桃青果贮藏保鲜中,通过提高贮藏环境CO<sub>2</sub>含量和降低乙烯浓度,延缓果实衰老,为核桃青果贮藏保鲜提供理论依据和技术方法。

## 1 材料与方法

### 1.1 试验材料

#### 1.1.1 原料与试剂

核桃青果选用‘辽核4号’品种,采自陕西省西安市蓝田县大统生态核桃种植园,挑选9成熟果实带果柄剪下,当天运至陕西师范大学食品保藏实验冷库,放置于4℃预冷。挑选大小适中、无裂缝、无褐变、无机械损伤、无病虫害的果实待用。

所用试剂均为分析纯,由西安市晶博化学试剂公司提供。

#### 1.1.2 仪器与设备

T6新世纪紫外可见分光光度计,北京普析通用仪器有限责任公司;OXYCAR-3型CO<sub>2</sub>/O<sub>2</sub>分析仪,意大利意索尔公司;Sartorius型冷冻离心机,美国Sigma公司;HH·BII·420-S型电热恒温培养箱,上海跃进医疗器械厂;373型电热恒温培养箱,上海公私合营国光医化仪器厂;全自动凯氏定氮仪,瑞典福斯公司;DZ-2SD多功能真空封装机,东莞金桥科技电器制造有限公司。

### 1.2 试验方法

#### 1.2.1 试验设计

将预冷2d的核桃进行以下试验:①1-MCP结

合塑料袋抽真空处理(1-MCP+抽真空)。准确称取30mg 1-MCP粉末于纸袋中,浸湿后与核桃青果一同放入厚度0.04mm的PE塑料袋中,2d后抽真空密封。②1-MCP结合塑料袋更换保鲜剂处理(1-MCP+更换保鲜剂)。准确称取20mg 1-MCP粉末20mg于纸袋中,浸湿后与核桃青果一同放入厚度0.04mm的PE塑料袋中封口,之后每20d更换塑料袋中的1-MCP。③1-MCP结合塑料袋处理(1-MCP+塑料袋)。准确称取20mg 1-MCP粉末于纸袋中,浸湿后与核桃青果放入厚度0.04mm的PE塑料袋中,不抽真空直接封口。④对照(CK),不用塑料袋,不放1-MCP。核桃青果裸放在塑料筐中。以上4种处理每组重复3次,每次5kg左右核桃青果。在温度(1±0.5)℃、相对湿度为85%~90%的冷库中贮藏。

#### 1.2.2 核桃青果主要理化指标测定

水分含量参照GB 5009.3—2010测定;油脂含量采用索氏抽提法测定;酸值参照GB/T 5530—1998测定;过氧化值参照GB/T 5009.37—2003测定;蛋白质含量采用全自动凯氏定氮仪测定;丙二醛(MDA)含量采用硫代巴比妥酸法测定。

#### 1.2.3 脂氧合酶(LOX)活性测定

参照文献[14-15]的方法,略作修改。

脂氧合酶粗酶液提取:准确称取5.0g核桃仁置于研钵,加入5.0mL缓冲液(含1% Triton X-100和4%聚乙烯吡咯烷酮(PVPP)),冰浴下研磨匀浆后离心,取上清液待测。

脂氧合酶活性测定:取2.7mL 0.1mol/L、pH 6.8的磷酸钠缓冲液,加入100μL 0.5%的亚油酸溶液,30℃下水浴10min,加入200μL粗酶液,混匀。用蒸馏水调零,反应15s测定反应体系在波长234nm处吸光度(作为初始值),然后每隔30s测定1次,连续测定获取6个点的数据。重复3次,以每克样品每分钟吸光度的变化值表示酶活性。

#### 1.2.4 青皮褐变指数的计算

青皮褐变指数 =  $\sum(\text{褐变级别} \times \text{该级别褐变核桃个数}) / (\text{最高褐变级别} \times \text{核桃总数})$ ,其中核桃青皮褐变级别的评判标准参照表1。

#### 1.2.5 感官评价

核桃青果贮藏100d后,由6名专业人员对核桃青果进行感官评价。依据青皮色泽、内种皮色泽和果仁风味打分评定,取平均值。感官评分标准见表2。

表1 核桃青皮褐变级别的评判标准

褐变级别	表面组织形态
0级	青皮表面无褐变,组织正常
1级	青皮表面无明显褐变,有少量褐色放射线,但未形成明显褐色斑
2级	青皮表面有明显褐色放射线和褐色斑,褐色斑面积小于25%青皮面积
3级	青皮表面有明显的褐色斑,褐色斑面积小于60%青皮面积
4级	青皮表面显著褐变,褐色斑面积大于60%青皮面积

表2 感官评分标准

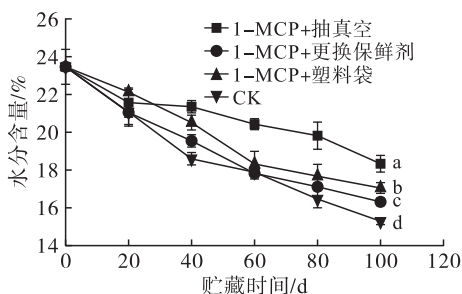
项目(权重)	100~80分	79~60分	59~0分
青皮色泽(0.2)	绿色纯正,浓郁有光泽	呈黄褐色,有少量黑斑	有大量黑斑或呈黑褐色
内种皮色泽(0.3)	呈黄白色	呈黄褐色	呈黑褐色
果仁风味(0.5)	油脂香味浓郁,无异味	油脂香味较淡,无异味	无油脂香味,有异味

### 1.2.6 数据处理

试验重复测定3次,结果表示为“ $\bar{x} \pm s$ ”。采用Origin 2015软件处理数据并作图,邓肯氏多重比较,显著水平取 $P < 0.05$ (差异显著)或 $P < 0.01$ (差异极显著)。

## 2 结果与分析

### 2.1 不同处理对贮期果仁水分含量的影响(见图1)



注:图中不同小写字母表示差异显著( $P < 0.05$ )。下同

图1 不同处理贮期核桃仁水分含量变化

果仁水分含量的高低关系着口感、风味及营养成分,是影响果品贮藏品质的一个重要指标。由图1可看出,4种不同处理的核桃青果贮期果仁水分含量均呈下降趋势,其中1-MCP+抽真空处理组的水分含量下降缓慢,对照组(CK)的下降最快。核桃青果贮藏100 d时,1-MCP+抽真空处理组核桃仁水分含量为18.34%,与其他处理组差异显著( $P < 0.05$ )。

### 2.2 不同处理对贮期果仁油脂含量的影响(见图2)

核桃仁油脂含量丰富,不饱和脂肪酸含量高,贮

期易氧化损耗,油脂含量高低可直接反映核桃的贮藏品质。由图2可看出,4种不同处理的核桃青果贮期果仁油脂含量均呈下降趋势,以1-MCP+更换保鲜剂处理组的核桃仁油脂含量下降最慢,对照组(CK)的下降最快。核桃青果贮藏100 d时,1-MCP+更换保鲜剂处理组核桃仁油脂含量为38.29%,与其他处理组差异显著( $P < 0.05$ )。其原因可能是低温、低氧环境抑制了各种酶活性<sup>[16]</sup>,减缓果仁脂肪酸的酶促氧化,降低油脂的分解速率。

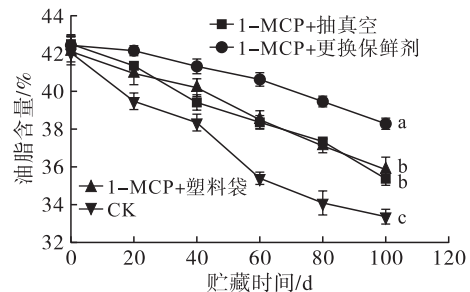
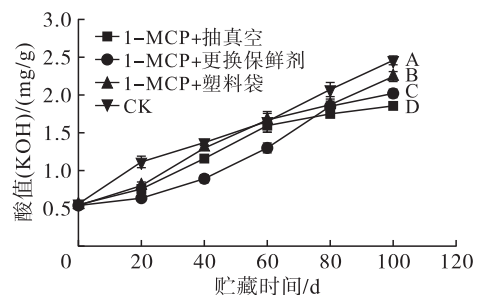


图2 不同处理贮期核桃仁油脂含量变化

### 2.3 不同处理对贮期果仁油脂品质的影响(见图3、图4)



注:图中不同大写字母表示差异极显著( $P < 0.01$ )。下同

图3 不同处理贮期核桃仁油脂酸值变化

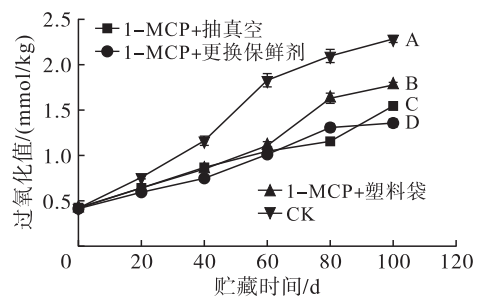


图4 不同处理贮期核桃仁油脂过氧化值变化

油脂的酸值和过氧化值是反映油脂品质的基本指标,数值越高,表示油脂氧化越严重,品质越差。由图3可看出,4种不同处理的核桃青果贮期果仁油脂酸值均呈上升趋势,以1-MCP+抽真空处理组的酸值上升最慢,对照组(CK)的上升最快。核桃青果贮藏100 d时,1-MCP+抽真空处理组核桃仁油脂酸值(KOH)为1.86 mg/g,与其他处理组差异极显著( $P < 0.01$ )。由图4可看出,4种不同处理的

核桃青果贮期果仁油脂过氧化值均呈上升趋势,其中1-MCP+更换保鲜剂处理组的过氧化值上升最慢,对照组(CK)的上升最快。核桃青果贮藏100 d时,1-MCP+更换保鲜剂处理组果仁油脂过氧化值为1.36 mmol/kg,与其他处理组差异极显著( $P < 0.01$ )。其原因可能是PE塑料袋在袋内能形成高CO<sub>2</sub>、低O<sub>2</sub>的气体环境<sup>[17]</sup>,能有效调节袋内果蔬的呼吸作用,减弱了核桃青果的氧化反应程度,从而使核桃青果果仁油脂保持较好品质。

2.4 不同处理对贮期果仁蛋白质含量的影响(见图5)

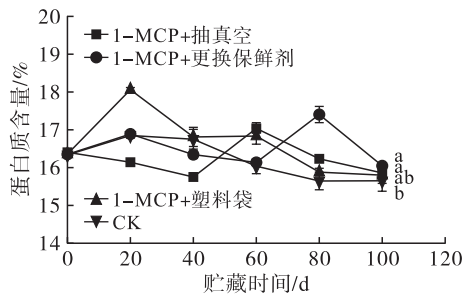


图5 不同处理贮期核桃仁蛋白质含量变化

核桃仁富含蛋白质,且适宜人体,利于吸收。核桃蛋白中的赖氨酸含量丰富,赖氨酸对青少年的生长发育具有重要作用,因此核桃青果果仁蛋白质含量变化是反映营养价值的一个重要指标。由图5可看出,4种不同处理的核桃青果贮期果仁蛋白质含量总体上均呈先上升后下降趋势。核桃青果贮藏100 d时,各处理组的蛋白质含量均低于起始值,其中以1-MCP+更换保鲜剂处理组的核桃青果果仁蛋白质含量最高,为16.05%,与对照组(CK)差异显著( $P < 0.05$ )。

2.5 不同处理对贮期果仁丙二醛含量的影响(见图6)

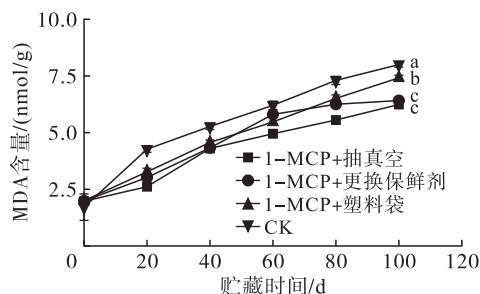


图6 不同处理贮期核桃仁丙二醛(MDA)含量变化

丙二醛(MDA)是膜脂质过氧化作用的有毒代谢产物,是细胞膜脂质过氧化程度的体现,MDA含量越高表示细胞膜脂质过氧化程度越高,果蔬的贮藏品质越差。由图6可看出,4种不同处理的核桃青果贮期果仁MDA含量均呈上升趋势,其中1-

MCP+抽真空处理组的MDA含量上升最慢,对照组(CK)的上升最快。核桃青果贮藏100 d时,1-MCP+抽真空处理组的果仁MDA含量为6.23 nmol/g,其次为1-MCP+更换保鲜剂处理组,两组差异不显著( $P > 0.05$ ),但与其他处理组差异显著( $P < 0.05$ )。

2.6 不同处理对贮期果仁脂氧合酶活性的影响(见图7)

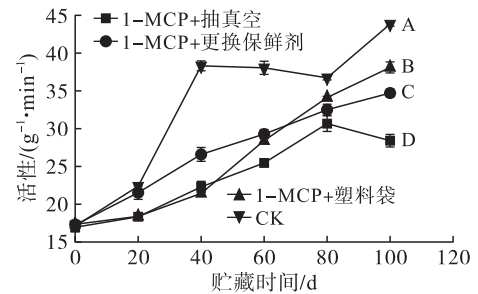


图7 不同处理贮期核桃仁脂氧合酶活性变化

核桃仁易氧化酸败的主要原因是其含有高活性的脂氧合酶(LOX),LOX可催化不饱和脂肪酸发生氧化。核桃仁中含有丰富的亚油酸和亚麻酸等不饱和脂肪酸,在LOX的催化下加快其氧化哈败。LOX的活性越高,氧化越剧烈,果仁品质越差。由图7可看出,4种不同处理的核桃青果贮期果仁LOX活性均呈上升趋势,1-MCP+抽真空处理组的上升最慢,对照组(CK)的上升最快。核桃青果贮藏100 d时,1-MCP+抽真空处理组的果仁LOX活性为28.43 g<sup>-1</sup>·min<sup>-1</sup>,与其他处理组差异极显著( $P < 0.01$ )。

2.7 不同处理对贮期核桃青皮褐变指数的影响(见图8)

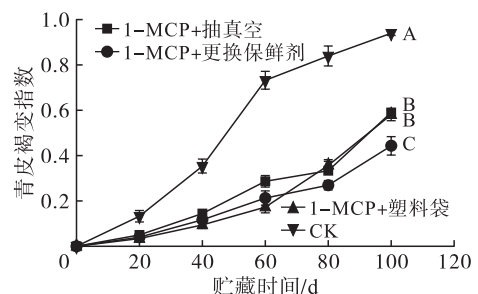


图8 不同处理贮期核桃青皮褐变指数变化

核桃青皮褐变指数是核桃青皮褐变程度的直接体现,是核桃青果贮期保鲜效果的重要考察指标。由图8可看出,4种不同处理的核桃青果贮期青皮褐变指数均呈现上升趋势,以1-MCP+更换保鲜剂处理组的核桃青皮褐变指数上升最慢,对照组(CK)的上升最快。核桃青果贮藏100 d时,1-MCP+更换保鲜剂处理组的核桃青皮褐变指数为

0.44,与其他处理组差异极显著( $P < 0.01$ )。

## 2.8 不同处理核桃青果贮后好果率及感官评价

4种处理的核桃青果贮藏100 d时好果率及感官评分见表3。

表3 不同处理核桃青果贮后好果率及感官评分

项目	1 - MCP + 抽真空	1 - MCP + 更换保鲜剂	1 - MCP + 塑料袋	CK
好果率/%	90	92	89	71
青皮色泽(分)	86	88	78	53
内种皮色泽(分)	92	76	71	40
果仁风味(分)	69	92	72	59
总分	79.3	86.4	72.9	52.1

由表3可知,1 - MCP + 更换保鲜剂处理组的核桃青果贮后好果率最高,达92%,其次为1 - MCP + 抽真空处理组,好果率达90%。在青皮色泽和果仁风味方面,1 - MCP + 更换保鲜剂处理组的核桃青果表现最好;在内种皮色泽方面,1 - MCP + 抽真空处理组得分最高;综合评价,1 - MCP + 更换保鲜剂处理组的核桃青果贮后感官品质最佳。

## 3 结论

在温度( $1 \pm 0.5$ ) $^{\circ}\text{C}$ 、相对湿度85%~90%的条件下,采用1 - MCP结合塑料袋包装贮藏核桃青果,在贮期测定果仁水分、油脂、蛋白质、丙二醛含量及脂氧合酶活性,油脂酸值、过氧化值和青皮褐变指数等指标,并进行了贮后感官评价。结果表明:1 - MCP处理结合塑料袋包装能抑制果仁水分、油脂、蛋白质含量的下降,降低果仁油脂酸值、果仁油脂过氧化值、果仁脂氧合酶活性和丙二醛含量及青皮褐变指数,提高核桃青果的好果率及感官品质,综合贮后好果率及感官评价,以1 - MCP结合塑料袋更换保鲜剂处理的核桃青果贮后果实品质最佳。

## 参考文献:

[1] 郗荣庭,张毅萍.中国果树志:核桃卷[M].北京:中国林业出版社,1996:12-58.  
 [2] 张毅萍.世界及我国核桃生产概况和几个问题[J].林业科技与市场信息,2002(3):52-55.  
 [3] 戚登斐,张润光,韩海涛,等.核桃油中亚油酸分离纯化技术研究及其降血脂功能评价[J].中国油脂,2019,44(2):104-108.  
 [4] MARTÍNEZ M L, PENCI M C, IXTAÍNA V, et al. Effect of natural and synthetic antioxidants on the oxidative stability

of walnut oil under different storage conditions[J]. LWT - Food Sci Technol, 2013, 51(1):44-50.  
 [5] NEUEMENI C, GOUIX E, BOUROUROU M, et al. Alpha - linolenic acid: a promising nutraceutical for the prevention of stroke[J]. Phaman Nutr, 2013, 1(1):1-8.  
 [6] TSOUKAS M A, KO B J, WITTE T R, et al. Dietary walnut suppression of colorectal cancer in mice: mediation by miRNA patterns and fatty acid incorporation[J]. J Nutr Biochem, 2015, 26(7):776-783.  
 [7] CHEN H P, ZHAO M M, LIN L Z, et al. Identification of antioxidative peptides from defatted walnut meal hydrolysate with potential for improving learning and memory[J]. Food Res Int, 2015,78:216-223.  
 [8] POULOSE S M, BIELINSKI D F, SHUKITT - HALE B. Walnut diet reduces accumulation of polyubiquitinated protein and inflammation in the brain of aged rats[J]. J Nutr Biochem, 2013,24(5):912-919.  
 [9] HOLT R R, YIM S J, SHEARER G C, et al. Effect of short - term walnut consumption on human microvascular function and its relationship to plasma epoxide content[J]. J Nutr Biochem, 2015,26(12):1458-1466.  
 [10] 袁雪.不同品种青皮核桃耐贮性比较及其影响因素研究[D].陕西 杨凌:西北农林科技大学,2018.  
 [11] 陈金印,刘康.1 - 甲基环丙烯(1 - MCP)在果蔬贮藏保鲜上的应用研究进展[J].江西农业大学学报,2008,30(2):215-219.  
 [12] CHRISTOPOULOS M V, TSANTILI E. Storage of fresh walnuts (*Juglans regia* L.) - low temperature and phenolic compounds[J]. Postharv Biol Technol, 2012, 73:80-88.  
 [13] 杨曦,张润光,韩军岐,等.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,2015,48(10):2029-2038.  
 [14] 鞠延仑,房玉林,张莉,等.赤霞珠葡萄脂氧合酶活性测定及脂肪酸组分的变化[J].食品科学,2015,36(5):115-119.  
 [15] 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,2013:105-107.  
 [16] 柯有剑,黄雨婷,贾冬英,等.调味剂对核桃仁脂氧合酶活性和过氧化值的影响[J].中国油脂,2019,44(4):149-152.  
 [17] 路洪艳,李莉,罗自生.纳米TiO<sub>2</sub>改性低密度聚乙烯包装保持山核桃贮藏品质[J].农业工程学报,2017,33(3):288-293.