

MA 包装对鲜食核桃冷藏期货架品质及内源激素的影响

李 晴¹, 刘 丹², 马艳萍³, 寇莉萍¹, 贾彩霞³

(1. 西北农林科技大学 食品科学与工程学院, 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; 3. 西北农林科技大学 林学院, 陕西 杨凌 712100)

摘 要:以“辽核 2 号”鲜食核桃为试材, 采用 Thn-PE11(11 μm)、PE30(30 μm)、PE50(50 μm) 和 Thk-PE90(90 μm) 4 种 MA 包装后于 $(0 \pm 0.5)^\circ\text{C}$ 下贮藏, 定期转入 7°C 货架期贮藏 7 d, 以 6 μm 的普通薄膜包装为 CK, 监测各包装袋内气体成分、核仁品质及内源激素含量的变化。结果表明: 各 MA 包装处理均具有提高 CO_2 浓度和降低 O_2 浓度的气调能力; 4 种包装下鲜核仁的酸价、过氧化值和羰基价均极显著低于 CK, 其中以 PE30 和 PE50 包装最低; PE30 和 PE50 包装核桃的粗蛋白和脂肪含量较高; 同时, 4 种 MA 包装降低了鲜食核桃脱落酸(abscisic acid, ABA)的含量, 显著维持了其贮藏后期较高的赤霉素(gibberellic acid, GA)与玉米素核苷(zeatin riboside, ZR)的含量。综合考虑各指标变化及成本因素, 确定 PE30 为脱青皮鲜食核桃适宜的 MA 包装。

关键词:贮藏; 鲜食核桃; 气调包装(MA); 货架品质; 内源激素

中图分类号:S 664.109⁺.3 **文献标识码:**A **文章编号:**1001-0009(2015)04-0123-06

核桃含有丰富的不饱和脂肪酸、蛋白质及矿物质等营养物质而被称为“天然脑黄金”, 在国际食品市场上占有极其重要的地位^[1-2]。目前, 鲜食核桃因其脂肪含量低、氨基酸和维生素含量高及其风味特殊等特性, 其消费量及价格稳步攀升, 在我国核桃主产区已形成了一定的消费市场^[3]。有关鲜食核桃研究包括青皮果实贮藏与脱青皮鲜食核桃贮藏 2 种。项目组前期研究发现, 贮藏用青皮核桃在接近成熟期时需严格控制采收期, 这与生产者提早采收以获取市场高价的矛盾突出, 而提早采

收的青皮核桃冷藏后去青皮难度显著加大, 明显增加了处理成本。与青皮核桃相比, 脱青皮鲜食核桃不仅保留了其丰富营养和独特的风味, 也有效解决了其上市前去青皮困难的突出问题, 可满足市场的长期需求。然而, 鲜食核桃贮藏期间存在发霉、失水等问题, 缩短其冷藏货架寿命。可见, 寻求去青皮鲜食核桃简易可行的贮藏方式对满足其市场长期需求具有重要意义。

自发气调(modified atmosphere, MA)包装是采用对氧气(O_2)和二氧化碳(CO_2)具有不同透性的薄膜密封包装来调节果实微环境气体条件以增强保鲜效果的方法^[4-5]。近年来, MA 包装因其方便、成本低廉等优点, 被广泛应用于果蔬贮藏保鲜中^[5-6], 但在青皮核桃中的应用目前仅处于初探阶段^[7-10], 有关其在脱青皮鲜食核桃中的应用尚鲜见报道, 致使 MA 包装在脱青皮鲜食核桃中的应用缺乏理论依据。

研究表明, 贮藏品质是衡量包装优劣的关键^[9]; 内

第一作者简介:李晴(1990-), 女, 硕士, 研究方向为果蔬贮藏与加工。E-mail:liqing900414@gmail.com.

责任作者:马艳萍(1976-), 女, 博士, 讲师, 现主要从事经济林果品贮藏与加工等研究工作。E-mail:mypl273@163.com.

基金项目:国家自然科学基金资助项目(31200518); 西北农林科技大学试验示范站科技成果推广资助项目(TGZX2014-20)。

收稿日期:2014-11-28

Abstract: Taking the leaves infected by poplar isolated pathogenic bacteria as experimental materials, pathogenic bacteria was identified by morphology and molecular biology method, the effects of different culture medium, temperature, light, pH value, carbon source and nitrogen source on colony growth were studied by method of mycelium culture. The results showed that pathogen P1 was identified as *Macrophoma* sp.. The optimum temperature of the mycelium growth was $25-30^\circ\text{C}$, the optimum pH value was 6, PA medium and PDA medium were suitable, and different illumination had no obvious effect on mycelium growth. The mycelium grew best on media with Lactose as carbon source, yeast as nitrogen resource.

Keywords: *Populus*; identification; biological characteristics; ITS rDNA

源激素在果蔬的成熟衰老过程也起着重要的调控作用^[11]。为探究不同 MA 包装对鲜食核桃品质的影响以及内源激素与品质的关系,该研究采用先 $(0 \pm 0.5)^{\circ}\text{C}$ 冷藏后 7°C 的货架贮藏条件,观测不同 MA 包装鲜食核桃在不同冷藏期后货架 7 d 时核桃仁的品质及内源激素含量的变化,旨在筛选鲜食核桃适宜 MA 贮藏包装,为其商业化生产提供理论依据和技术支撑,并为激素调节鲜食核桃的采后品质提供依据。

1 材料与方法

1.1 试验材料

供试“辽核 2 号”核桃于 2012 年 9 月 2 日自然成熟时采自陕西省扶风县杏林镇,采后当天运回西北农林科技大学果蔬采后生理实验室,待核桃青皮大部分自然开裂后进行人工脱皮,用流动水冲洗干净后置于通风处晾干表面水分,挑选大小均匀、无机械伤和病虫害的核桃于 $(0 \pm 0.5)^{\circ}\text{C}$ 的冷库中预冷 24 h 后包装。

仪器: CheckMate-9900 型气体分析仪(丹麦 PBI Dansensor 公司); VS-KT-P Kjeldahl 全自动凯氏定氮仪(日本 Foss 公司); UV-1700 分光光度计(日本 SHIMADZU 公司); 高速冷冻离心机(德国 SIGMA 公司); A11 研磨分析仪(德国 IKA 公司)。

1.2 试验方法

将预冷核桃采用 4 种不同透气参数聚乙烯 MA 包装袋(15 cm×25 cm)包装: Thn-PE11; 厚 11 μm , O_2 和 CO_2 透气系数分别为 1.86×10^4 、 $6.53 \times 10^4 \text{ mL} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{d}^{-1} \cdot \text{atm}^{-1}$; PE30; 厚 30 μm , O_2 和 CO_2 透气系数分别为 1.01×10^4 、 $4.82 \times 10^4 \text{ mL} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{d}^{-1} \cdot \text{atm}^{-1}$; PE50; 厚 50 μm , O_2 和 CO_2 透气系数分别为 6.13×10^3 、 $2.92 \times 10^4 \text{ mL} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{d}^{-1} \cdot \text{atm}^{-1}$; Thk-PE90; 厚 90 μm , O_2 和 CO_2 透气系数分别为 4.45×10^3 、 $1.81 \times 10^4 \text{ mL} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{d}^{-1} \cdot \text{atm}^{-1}$, 每处理 3 袋, 每袋 30 个核桃, 以地膜为对照(CK), 厚 6 μm , O_2 和 CO_2 透气系数分别为 1.35×10^4 、 $6.53 \times 10^4 \text{ mL} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{d}^{-1} \cdot \text{atm}^{-1}$ 。统一于 $(0 \pm 0.5)^{\circ}\text{C}$ 贮藏 28、42、56、84 d (7°C 货架 7 d) 后取样测定各指标。

以刚脱青皮后的样品为 0 d 时测试样。从每处理的 3 袋中各随机取 15 粒核桃, 剥取种仁后迅速投入液氮中冷冻, 并于液氮条件下用研磨分析仪将种仁迅速粉碎为粉末, 然后置于 -80°C 冰箱保存备用。

1.3 项目测定

1.3.1 袋内气体浓度测定 采用气体分析仪(Check-Mate9900 型, 丹麦 PBI. Dansensor 公司)测定。

1.3.2 品质指标 粗蛋白含量采用全自动凯氏定氮仪(VS-KT-P Kjeldahl 型, 日本)测定; 可溶性蛋白质含量采用考马斯亮蓝法测定, 按照 Bradford 方法^[12]用牛血清蛋白制作标准曲线; 粗脂肪含量采用索氏提取法^[13]测定。

1.3.3 油脂品质 参照 Mexis^[14]的方法提取油样。酸价参照 AOCS(1997)方法^[15]测定; 过氧化值参照 AOCS(2003)方法^[16]测定; 羰基价参照方波等^[17]方法测定。

1.3.4 内源激素测定 核桃种仁中内源激素的提取参照丁静等^[19]的方法, 采用酶联免疫吸附法测定 ABA、GA 和 ZR。

1.3.5 感官品质 参照马艳萍等^[18]的方法进行感官品质评价。

1.4 数据分析

试验数据采用 Excel 软件处理, SPSS 软件进行统计分析。

2 结果与分析

2.1 不同 MA 包装袋气调能力的比较

由图 1 可知, 各包装袋内 O_2 浓度在冷藏货架前期迅速下降后趋于平稳, CO_2 则在冷藏货架前期迅速上升冷藏货架后期略有下降。Thk-PE90 包装袋内 O_2 浓度在冷藏 56 d 货架时达到最小值 1.03%, Thn-PE11、PE30、PE50 袋内 O_2 浓度则在冷藏 28 d 货架时降至最低, 分别是 18.03%、10.87%、3.07%。PE30 袋内 CO_2 浓度在冷藏 28 d 货架时增至最大值 4.10%, Thn-PE11 包装则在冷藏 42 d 货架时升至最大值 2.37% 之后降低, PE50、Thk-PE90 在冷藏 56 d 货架时分别达到峰值 7.17%

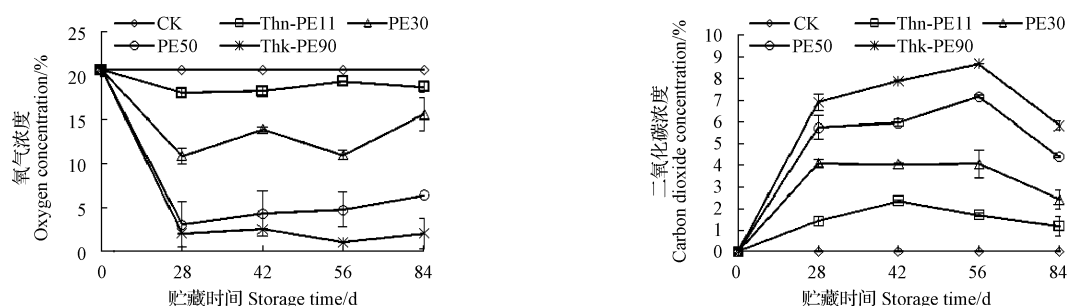


图 1 不同 MA 包装鲜食核桃 O_2 、 CO_2 浓度的变化

Fig. 1 Change of O_2 and CO_2 concentration of fresh walnuts in different packages

和 8.70%。可见,供试的 4 种薄膜包装与 CK 相比均具有明显的自发气调作用,而且其厚度越大,袋内的 O_2 浓度越低, CO_2 浓度越高,这一现象符合薄膜气体扩散理论,与它们的透气系数随厚度增加而下降的特性相一致。

2.2 不同 MA 包装对鲜食核桃粗蛋白含量及可溶性蛋白质含量的影响

从表 1 可以看出,CK 组鲜食核桃在不同冷藏期货架中的核仁粗蛋白含量呈下降趋势,处理组核仁的粗蛋白含量则先上升后下降。与处理初期相比,冷藏 84 d 后货架时 CK、Thn-PE11、PE30、PE50、Thk-PE90 的粗蛋白含量分别降低了 6.0%、2.7%、2.4%、1.4%、2.0%,4 个处理组降低幅度显著($P<0.05$)低于 CK 组,表明 4 种 MA 包装均抑制了鲜核仁粗蛋白含量的下降,其中 PE50 包装的降低幅度最小且含量始终高于其它各组。

表 1 不同 MA 包装鲜食核桃粗蛋白及可溶性蛋白质含量的变化

Table 1 Change of crude and soluble protein concentrations of fresh walnuts in different packages

指标	包装	贮藏时间 Storage time/d		
Index	Package	0	42	84
粗蛋白含量 Crude protein content/ %	CK	15.31±0.03 ^a	15.20±0.08 ^c	14.39±0.08 ^b
	Thn-PE11	15.31±0.03 ^a	15.34±0.01 ^{bc}	14.90±0.07 ^a
	PE30	15.31±0.03 ^a	15.40±0.18 ^{abc}	14.95±0.09 ^a
	PE50	15.31±0.03 ^a	15.79±0.01 ^a	15.10±0.11 ^a
	Thk-PE90	15.31±0.03 ^a	15.75±0.13 ^{ab}	15.00±0.05 ^a
可溶性蛋白质含量 Soluble protein content/ %	CK	1.97±0.02 ^a	2.10±0.08 ^a	2.39±0.03 ^a
	Thn-PE11	1.97±0.02 ^a	1.88±0.11 ^a	2.37±0.53 ^a
	PE30	1.97±0.02 ^a	1.79±0.13 ^a	2.28±0.03 ^a
	PE50	1.97±0.02 ^a	1.77±0.15 ^a	2.23±0.06 ^a
	Thk-PE90	1.97±0.02 ^a	1.80±0.14 ^a	2.34±0.08 ^a

注:表中同列不同小写字母表示数据间差异达统计学显著水平($P<0.05$)。下同。

Note: Values within a column followed by different lowercase letters show significant difference ($P<0.05$) among the treatments. The same below.

植物体内的可溶性蛋白质大多数为参与代谢的酶类,其含量与核桃果实生命活动密切相关^[20]。由表 2 可知,各组核仁的可溶性蛋白质含量先下降后上升。不同冷藏期后货架期间,4 个处理组核仁的可溶性蛋白质含量均低于 CK 组,可见 4 个处理组包装在贮藏期间均有抑制代谢的作用。在冷藏 42 d 后货架时,PE30、PE50 包装的鲜食核桃核仁的可溶性蛋白质含量分别降至 1.79%、1.77%,低于 CK 和 Thn-PE11、Thk-PE90 包装下核仁的含量,说明这 2 种包装更有效的抑制了鲜食核桃的物质代谢,有利于保持其良好品质。

2.3 不同 MA 包装对鲜食核桃粗脂肪含量的影响

由图 2 可知,鲜食核桃的脂肪含量在贮藏期间呈现先下降后上升趋势。在冷藏 28 d 后货架时,PE50、Thk-PE90 袋内核桃的核仁脂肪含量极显著($P<0.01$)高于

其它各组,之后 Thk-PE90 处理的脂肪含量迅速降至冷藏 56 d 货架时的最低含量 31.43%,说明该包装核桃的脂肪大量分解,可能是由于其气调功能过强,致使 CO_2 浓度超出鲜食核桃耐受上限,进而对果实产生伤害,这与李富军等^[21]对长把梨的研究结果相似。其它各组核桃的核仁贮藏前期脂肪含量下降缓慢,冷藏 56 d 货架后缓慢回升;冷藏 56~84 d 货架时,PE30、PE50 包装核桃核仁的脂肪含量极显著($P<0.01$)高于 CK 和其它处理。贮藏期间 PE50 包装脂肪含量从冷藏 28 d 后的货架期开始持续高于其它各组,表明该包装抑制脂肪氧化的效果最佳,PE30 包装次之。

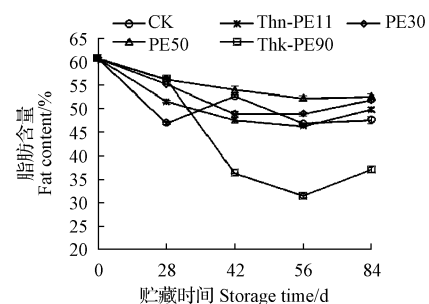


图 2 不同 MA 包装鲜食核桃脂肪含量的变化

Fig. 2 Change of fat content of fresh walnuts in different packages

2.4 不同 MA 包装对鲜食核桃酸价、过氧化值及羰基价的影响

从表 2 可以看出,在贮藏期间鲜食核桃核仁的酸价总体呈上升趋势,表明鲜食核桃贮藏中脂肪氧化产生的游离脂肪酸不断增多。贮藏期间 CK 组核仁的酸价极显著($P<0.01$)高于 Thn-PE11、PE30 和 PE50 包装下的核仁;冷藏 56、84 d 货架时,Thk-PE90 包装下核仁酸价极显著($P<0.01$)高于 CK 和其它处理组。各组核桃核仁的酸价均符合 GB 2716-2005 的标准(≤ 4 mg/g),其中 PE30、PE50 包装的酸价一直处于较低水平,并表现为 PE30 酸价低于 PE50,说明这 2 种包装明显利于减缓核仁的酸败。

过氧化值是脂肪氧化产物的衡量指标,其大小与油脂品质优劣密切相关^[22]。由表 3 可知,贮藏期间,CK 组和 4 种 MA 包装下鲜食核桃核仁的过氧化值呈上升趋势,且均在冷藏 56~84 d 货架期迅速升高;冷藏 56、84 d 货架时,CK 组核仁的过氧化值均极显著($P<0.01$)高于各处理组,说明其油脂酸败比较严重,产生的过氧化物较多。冷藏 0~56 d 货架期间,PE30 包装下核仁的过氧化值极显著($P<0.01$)低于其它各组;PE50 包装下核仁的过氧化值从冷藏 56 d 的货架期开始极显著($P<0.01$)低于 CK 组、Thn-PE11 和 Thk-PE90,说明 PE30 和 PE50 包装均具有明显的减缓鲜食核桃脂肪氧化的效果。

表 2 不同 MA 包装鲜食核桃酸价、过氧化值及羰基价的变化

Table 2 Change of acid value, peroxide value and carbonyl value of fresh walnuts in different packages

指标 Index	贮藏时间 Storage time/d	CK	Thn-PE11	包装 Package PE30	PE50	Thk-PE90
酸价 Acid value (mg · g ⁻¹)	0	1.19±0.06 ^{Aa}	1.19±0.06 ^{Aa}	1.19±0.06 ^{Aa}	1.19±0.06 ^{Aa}	1.19±0.06 ^{Aa}
	28	1.53±0.04 ^{Aa}	1.22±0.03 ^{Cc}	1.11±0.01 ^{Dd}	1.23±0.06 ^{Cc}	1.27±0.09 ^{Bb}
	56	1.50±0.03 ^{Bb}	1.28±0.05 ^{Cc}	1.19±0.07 ^{Dd}	1.30±0.02 ^{Cc}	2.68±0.04 ^{Aa}
	84	1.53±0.09 ^{Cc}	1.59±0.07 ^{Bb}	1.28±0.03 ^{Ec}	1.36±0.01 ^{Dd}	3.07±0.01 ^{Aa}
过氧化值 Peroxide value (g · (100g) ⁻¹)	0	0.04±0.06 ^{Aa}	0.04±0.06 ^{Aa}	0.04±0.06 ^{Aa}	0.04±0.06 ^{Aa}	0.04±0.06 ^{Aa}
	28	0.03±0.06 ^{Bb}	0.03±0.04 ^{Bb}	0.02±0.05 ^{Cc}	0.03±0.02 ^{Bb}	0.05±0.09 ^{Aa}
	56	0.08±0.09 ^{Aa}	0.06±0.02 ^{Bb}	0.03±0.11 ^{Dd}	0.04±0.07 ^{Cc}	0.06±0.06 ^{Bb}
	84	0.16±0.09 ^{Aa}	0.13±0.06 ^{Bb}	0.12±0.07 ^{Cc}	0.10±0.46 ^{Dd}	0.12±0.03 ^{Cc}
羰基价 Carbonyl value (meq · kg ⁻¹)	0	2.28±0.16 ^{Aa}	2.28±0.16 ^{Aa}	2.28±0.16 ^{Aa}	2.28±0.16 ^{Aa}	2.28±0.16 ^{Aa}
	28	3.63±0.02 ^{Aa}	3.45±0.04 ^{Bb}	2.30±0.02 ^{Ec}	2.36±0.02 ^{Dd}	2.75±0.03 ^{Cc}
	56	3.72±0.04 ^{Bb}	3.46±0.02 ^{Cc}	3.16±0.03 ^{Dd}	3.04±0.02 ^{Ec}	3.88±0.01 ^{Aa}
	84	6.41±0.31 ^{Aa}	5.11±0.32 ^{Dd}	4.46±0.34 ^{Ec}	5.56±0.30 ^{Cc}	6.05±0.33 ^{Bb}

贮藏期间,核仁羰基价变化的整体趋势同酸价、过氧化值一致。贮藏期间,CK 组核仁的羰基价极显著($P<0.01$)高于处理组。PE30 包装下核仁的羰基价在冷藏 28 d 和 84 d 后货架时极显著($P<0.01$)低于其它包装,说明该包装更有效减缓了脂肪分解,与其在酸价和过氧化值上表现的结果一致。

2.5 不同 MA 包装对鲜食核桃内源激素含量的影响

植物内源激素在果实生长发育及采后贮藏过程中具有重要的调控作用。有研究表明 ABA 在果蔬贮藏期间促进其成熟衰老^[11]。由表 3 可知,4 个处理组核仁的 ABA 含量在不同冷藏期货架时先下降后上升。贮藏初期 CK 组 ABA 含量上升并在冷藏 28 d 后货架时极显著($P<0.01$)高于各处理组,说明处理组包装抑制了贮藏初期 ABA 含量的升高,有利于延迟鲜食核桃衰老。贮藏后期,CK 组 ABA 含量仍处于较高水平;PE30、PE50 在冷藏 56 d 后货架时出现低谷,分别为 234.64 ng/g 和

204.69 ng/g,极显著($P<0.01$)低于其它各组,说明这 2 种包装在延缓果实衰老上效果较好。

ZR 是细胞分裂素(CTK)在木质部中运输的重要形式。GA 和 CTK 具有延迟果实成熟、衰老的作用^[11]。各 MA 包装鲜食核桃的核仁 GA 含量在贮藏初期呈先降低后升高趋势。CK 组 GA 含量在贮藏前期的货架期略高于处理组,冷藏 56 d 后货架时开始降低,此时 Thk-PE11、PE30、PE50 3 个处理组的 GA 含量极显著($P<0.01$)高于 CK,说明 3 种包装均延缓了 GA 含量的降低。CK 组及 MA 包装核桃的核仁 ZR 含量在贮藏后期呈明显下降趋势,且 CK 组 ZR 含量持续显著($P<0.05$)低于各处理组,冷藏 28~56 d 后货架时,PE30、PE50 包装下核桃的核仁 ZR 含量高于其它处理组。表明 4 个 MA 包装均减缓了鲜食核桃核仁中 GA 和 ZR 含量的降低,延迟了鲜食核桃的衰老,其中 PE30、PE50 保鲜作用比较明显。

表 3 不同 MA 包装鲜食核桃 ABA、GA、ZR 含量的变化

Table 3 Change of ABA, GA, ZR concentrations of fresh walnuts in different packages

指标 Index	包装 Package	贮藏时间 Storage time/d 0	28	56	84
ABA (ng · g ⁻¹ FW)	CK	270.48±3.0 ^{Aa}	282.40±0.49 ^{Aa}	262.79±2.07 ^{Aa}	275.91±2.02 ^{ABab}
	Thn-PE11	270.48±3.0 ^{Aa}	271.02±0.43 ^{Bb}	269.62±1.78 ^{Aa}	279.81±0.98 ^{Aa}
	PE30	270.48±3.0 ^{Aa}	267.14±1.16 ^{Bbc}	234.64±3.43 ^{Bb}	270.37±3.78 ^{Bb}
	PE50	270.48±3.0 ^{Aa}	266.15±3.43 ^{Bc}	204.69±1.53 ^{Cc}	258.67±1.62 ^{Cc}
	Thk-PE90	270.48±3.0 ^{Aa}	265.41±1.85 ^{Bc}	266.31±3.36 ^{Aa}	250.95±0.89 ^{Cd}
GA (ng · g ⁻¹ FW)	CK	7.19±0.15 ^{Aa}	7.22±0.15 ^{Aa}	6.63±0.07 ^{Dd}	6.46±0.09 ^{De}
	Thn-PE11	7.19±0.15 ^{Aa}	6.63±0.13 ^{BCb}	8.04±0.10 ^{Aa}	8.01±0.12 ^{Aa}
	PE30	7.19±0.15 ^{Aa}	6.73±0.10 ^{Bb}	7.35±0.05 ^{Cc}	7.71±0.15 ^{Bb}
	PE50	7.19±0.15 ^{Aa}	6.81±0.04 ^{Bb}	7.58±0.09 ^{Bb}	7.16±0.09 ^{Cd}
	Thk-PE90	7.19±0.15 ^{Aa}	6.40±0.13 ^{Cc}	6.63±0.07 ^{Dd}	7.37±0.07 ^{Cc}
ZR (ng · g ⁻¹ FW)	CK	8.76±0.11 ^{Aa}	7.44±0.13 ^{Dd}	8.09±0.08 ^{Cc}	6.62±0.16 ^{Cd}
	Thn-PE11	8.76±0.11 ^{Aa}	8.10±0.10 ^{Cc}	8.47±0.06 ^{BCb}	7.55±0.10 ^{Bb}
	PE30	8.76±0.11 ^{Aa}	8.46±0.14 ^{Bb}	8.90±0.19 ^{Aa}	7.22±0.16 ^{Bc}
	PE50	8.76±0.11 ^{Aa}	12.07±0.05 ^{Aa}	8.74±0.13 ^{ABab}	7.99±0.10 ^{Aa}
	Thk-PE90	8.76±0.11 ^{Aa}	7.34±0.13 ^{Dd}	8.72±0.22 ^{ABab}	7.57±0.15 ^{Bb}

2.6 不同 MA 包装对鲜食核桃感官品质的影响

从表 4 可以看出,鲜食核桃冷藏至 56 d 后货架时,CK 组、Thn-PE11 和 Thk-PE90 包装核桃种壳出现少量发霉迹象,但种皮和种仁仍保持较好品质;PE30 和 PE50 包装核桃感官品质保持较高水平,综合分值显著($P < 0.05$)高于 CK 和其它处理。冷藏 84 d 后货架时,CK 组和 Thk-PE90 包装下核桃种壳发霉现象比较严重,部分

种皮也开始出现发霉现象;PE30 和 PE50 包装核桃种壳少量开始发霉,但种皮及种仁完好,综合分值显著高于 CK 和 Thk-PE90 包装核桃,PE30 包装核桃综合分值也显著高于 Thn-PE11 包装核桃。可见,Thn-PE11 过薄对其保鲜效果不显著,Thk-PE90 因其强的保水性、发霉现象严重而对其品质保存不利。

表 4 不同 MA 包装鲜食核桃感官品质的变化

Table 4 Change of sensory quality of fresh walnuts in different packages

指标 Index	贮藏时间 Storage time/d	CK	Thn-PE11	包装 Package PE30	PE50	Thk-PE90
种壳色泽 Shell quality	56	4.00±0.10 ^b	4.10±0.04 ^b	4.50±0.16 ^a	4.50±0.14 ^a	4.00±0.02 ^b
种皮色泽 Seed coat quality	84	3.00±0.09 ^c	3.50±0.08 ^b	4.00±0.09 ^a	3.90±0.12 ^a	3.10±0.01 ^c
种仁风味 Kernel flavor	56	4.10±0.10 ^a	4.08±0.06 ^a	4.30±0.09 ^a	4.25±0.08 ^a	4.15±0.06 ^a
综合评分 Synthesis score	84	3.00±0.05 ^b	3.30±0.14 ^b	3.80±0.02 ^a	3.70±0.13 ^a	3.20±0.11 ^b
	56	4.00±0.07 ^c	4.10±0.10 ^{bc}	4.50±0.11 ^a	4.40±0.07 ^{ab}	3.98±0.13 ^c
	84	3.65±0.03 ^a	3.80±0.05 ^a	4.00±0.12 ^a	4.00±0.15 ^a	3.70±0.15 ^a
	56	4.03±0.07 ^d	4.09±0.12 ^c	4.44±0.10 ^a	4.39±0.11 ^b	4.04±0.08 ^d
	84	3.26±0.06 ^c	3.56±0.07 ^{bc}	3.94±0.18 ^a	3.88±0.14 ^{ab}	3.37±0.10 ^c

3 讨论

适宜的 MA 包装内形成适宜的 CO_2 、 O_2 浓度环境,抑制贮藏物质与酶类的代谢进而增加果品冷藏期间的耐贮性^[8,23]。核桃中含有丰富的粗蛋白质与可溶性蛋白质。植物体内粗蛋白在贮藏过程中降解为各种氨基酸,氨基酸又能转化成糖或脂肪参与呼吸作用^[24],可溶性蛋白大多数则是参与代谢的酶类^[19]。该研究发现,在贮藏初期货架时 PE30、PE50 和 Thk-PE90 包装袋中 O_2 体积分数极显著降低, CO_2 体积分数极显著升高,表明这 3 种 MA 包装明显降低了氧气透过率,减弱呼吸作用使粗蛋白的合成大于分解,致使贮藏前期货架时粗蛋白含量升高,同时代谢的减弱使参与代谢的酶类含量下降即可溶性蛋白质含量降低;冷藏 56 d 后货架时,MA 包装内外氧分压差达到最大后,包装袋的透氧速率增加,使外界向袋内 O_2 补充加快,袋内 O_2 体积分数回升^[7],此时呼吸作用加强导致粗蛋白含量降低,可溶性蛋白质含量升高。

鲜食核桃含有丰富的不饱和脂肪酸,包装和贮藏环境不当极易引起其油脂酸败,其脂肪含量、油脂酸价、过氧化值和羰基价是衡量鲜食核桃品质的重要指标。该研究中,冷藏后期货架时 PE11、PE30 和 PE50 包装鲜食核桃的脂肪含量均高于 CK 组核桃,同时这 3 种包装有效抑制了种仁油脂的酸价、过氧化值和羰基价的升高,延缓了其油脂劣变;然而,Thk-PE90 包装鲜食核桃脂肪含量极显著($P < 0.01$)低于其它各组的脂肪含量,其酸价、过氧化值和羰基价也处于较高水平。冷藏 28 d 后,不同冷藏期货架时 Thk-PE90 包装袋内 O_2 浓度低至 1.0%~2.6%, CO_2 浓度高至 5.7%~8.7%,推测可能由

于该包装气调能力过强,超过鲜食核桃对 O_2 的耐受下限或 CO_2 的耐受上限进而造成伤害;也可能是其保水能力过强导致其酸败加重^[25]。

植物内源激素是植物体内合成的对植物生长发育有显著作用的几类微量有机物质,随着果实后期的成熟与衰老,几种主要的内源激素发生着此消彼长的规律性变化,共同调控着果实后期的品质等方面指标的变化^[11]。内源 ABA 可能促进葡萄、草莓、鲜枣等果实的成熟衰老^[26-29];GA 和 ZR 均有延迟果实成熟和衰老的作用^[11]。该研究中各 MA 包装抑制了不同冷藏期货架时鲜食核桃 ABA 的上升和 GA 的下降,这与 MA 包装对竹笋内源激素含量的影响一致^[30];其中 PE30、PE50 包装核桃的 GA 和 ZR 含量较高,且有效抑制了 ABA 含量的上升,利于鲜食核桃的长期贮藏。

在先(0 ± 0.5)℃冷藏后 7℃的货架条件下,PE30、PE50 2 种包装有效抑制了鲜食核桃粗蛋白、脂肪的分解与可溶性蛋白质含量、酸价、过氧化值和羰基价的上升,延缓了内源激素 ABA 含量的升高及 GA、ZR 含量的降低。综合考虑不同冷藏期货架各项指标与贮藏成本,认为 PE30 为鲜食核桃冷藏后货架贮藏适宜的 MA 包装。

参考文献

- [1] Abbey M, Noakes M, Belling B G, et al. Partial replacement of saturated fatty acids with almonds or walnuts lowers total plasma cholesterol and low-density-lipoprotein cholesterol[J]. Am J Clin Nutr, 1994, 59: 995-999.
- [2] Pribis P, Bailey R N, Russell A A. Effects of walnut consumption on cognitive performance in young adults[J]. Brit J Nutr, 2012, 107: 1393-1401.
- [3] 马艳萍, 马惠玲, 刘兴华. 鲜食核桃和干制核桃贮藏生理及营养品质变化比较[J]. 食品与发酵工业, 2011, 37(3): 235-238.
- [4] 崔立华, 黄俊彦. 气调保鲜包装技术在食品包装中的应用[J]. 食品发酵与工程, 2007, 33(6): 100-103.

- [5] Li Y J, Ishikawa Y, Satake T, et al. Effect of active modified atmosphere packaging with different initial gas compositions on nutritional compounds of shiitake mushrooms (*Lentinus edodes*) [J]. *Postharvest Biol Tec*, 2014, 92: 107-113.
- [6] Villalobos M D C, Serradilla M J, Martin A. Use of equilibrium modified atmosphere packaging for preservation of 'San Antonio' and 'Banane' breba crops (*Ficus carica* L.) [J]. *Postharvest Bio Tec*, 2014, 98: 14-22.
- [7] 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.
- [8] 冯文煜, 蒋柳庆, 马惠玲, 等. 不同厚度 PE 膜包装对核桃果实采收后生理与鲜贮的效应[J]. *食品科学*, 2013, 34(18): 295-300.
- [9] 郭园园, 鲁晓翔, 李江阔, 等. 薄膜包装对青皮核桃采收后生理及品质的影响[J]. *食品科学*, 网络预发表, 2013-08-21.
- [10] 郭园园, 鲁晓翔, 李江阔, 等. 青皮鲜核桃低温贮藏后货架期品质的变化[J]. *食品与发酵工业*, 2014, 40(2): 213-218.
- [11] 刘涛, 王日葵. 水果成熟衰老与植物激素相关性研究进展[J]. *农产品加工学刊*, 2010(5): 30-33, 37.
- [12] Bradford M M. A rapid and sensitive method for the quantification of microgram quantities of protein utilizing the principle of protein-dye binding [J]. *Anal Biochem*, 1976, 72: 248-254.
- [13] 宋治军, 赵锁芳. 食品营养与安全分析检测技术[M]. 杨凌: 西北农林科技大学出版社, 2005.
- [14] Mexis S F, Badek A A V, Riganakos K A. Effect of packaging and storage conditions on quality of shelled walnuts[J]. *Food Control*, 2009, 20: 743-751.
- [15] American Oil Chemists' Society. AOCS Cd 3d-63—1997. AOCS Official method[S]. America, 1997.
- [16] American Oil Chemists' Society. AOCS Cd 8-53—2003. AOCS Official method[S]. America, 2003.
- [17] 方波, 钟良康. 食用植物油中糠基价测定方法的改进[J]. *中国卫生检验杂志*, 2005, 15(8): 1005.
- [18] 马艳萍, 刘兴华, 袁德保, 等. 不同品种鲜食核桃冷藏期间呼吸强度及品质变化[J]. *农业工程学报*, 2010, 26(1): 370-374.
- [19] 丁静, 沈镇德, 方亦熊, 等. 植物内源激素的提取分离和生物鉴定[J]. *植物生理学通讯*, 1979, 5(2): 27-39.
- [20] 马艳萍, 王国梁, 刘兴华, 等. $^{60}\text{Co}\gamma$ 射线辐照对鲜食核桃萌芽及相关生理指标的影响[J]. *西北植物学报*, 2010, 30(10): 2034-2039.
- [21] 李富军, 张新华, 孙希生, 等. 包装厚度对长把梨货架期间 CO_2 的影响[J]. *农业工程学报*, 2009, 25(2): 290-293.
- [22] 梁丽敏, 徐勇, 王三永, 等. 不同包装材料对广式腊肉储藏保鲜效果的研究[J]. *食品工业科技*, 2007, 28(6): 176-177.
- [23] 王宝刚, 侯玉茹, 李文生, 等. 自动自发气调箱贮藏对甜樱桃品质及抗氧化酶的影响[J]. *农业机械学报*, 2013, 44(1): 137-141.
- [24] 王允祥, 李峰. 生物化学[M]. 武汉: 华中科技大学出版社, 2011: 238.
- [25] 郝利平, 杨剑婷. 贮藏因素对核桃脂肪酶活性与油脂酸价的影响[J]. *农业工程学报*, 2005, 21(5): 79-81.
- [26] Zhang M, Leng P, Zhang G L, et al. Cloning and functional analysis of 9-cis-epoxycarotenoid dioxygenase (NCED) genes encoding a key enzyme during abscisic acid biosynthesis from peach and grape fruits [J]. *J Plant Physiol*, 2009, 166(12): 1241-1252.
- [27] Coomne B G. The grape berry as a sink [J]. *Horticulture*, 1989, 239: 147.
- [28] 朱海生, 温庆放, 李永平, 等. ABA 对草莓果实成熟和软化的调节[J]. *福建农业学报*, 2012, 27(4): 329-332.
- [29] 张有林, 陈锦屏, 刘广文, 等. 鲜枣贮藏期脱落酸与品质变化关系的研究[J]. *农业工程学报*, 2000, 16(5): 106-109.
- [30] 罗自生. 气调贮藏对竹笋内源激素及木质化相关酶活性的影响[J]. *农业工程学报*, 2004(20): 178-181.

Effect of Different Modified Atmosphere Packages on Shelf-Life Quality and Endogenous Hormones Content of Fresh Walnuts

LI Qing¹, LIU Dan², MA Yan-ping³, KOU Li-ping¹, JIA Cai-xia³

(1. College of Food Science and Engineering, Northwest Agriculture and Forestry University, Yangling, Shaanxi 712100; 2. College of Life Science, Northwest Agriculture and Forestry University, Yangling, Shaanxi 712100; 3. College of Forestry, Northwest Agriculture and Forestry University, Yangling, Shaanxi 712100)

Abstract: Taking 'Liaohe 2' fresh walnuts as test materials, the changes of gas concentrations, kernel quality and the endogenous hormones concentrations of 'Liaohe 2' fresh walnuts were regularly monitored after storing at $(0 \pm 0.5)^\circ\text{C}$ and a further 7 days at 7°C . These fresh walnuts were packed in Thn-PE11 ($11\ \mu\text{m}$), PE30 ($30\ \mu\text{m}$), PE50 ($50\ \mu\text{m}$) and Thk-PE90 ($90\ \mu\text{m}$) packages ($6\ \mu\text{m}$ plastic films as control). The results showed that all MA packages reduced the concentration of O_2 and increased that of CO_2 . Acidfi value, peroxide value and carbonyl value were lower in walnuts packed by MA packages than that of the control significantly ($P < 0.01$), especially obvious in PE30 and PE50 packages, in which relatively high contents of crude protein and fat were detected. All MA packages reduced abscisic acid (ABA) content and maintained significantly ($P < 0.05$) higher contents of gibberellic acid (GA) and zeatin riboside (ZR) in the late storage of fresh walnuts than control. Considered the changes of all indicators and the cost, PE30 could be selected as the suitable MA package of fresh walnuts for better shelf quality after cold storage.

Keywords: storage; fresh walnut; modified atmosphere (MA); shelf quality; endogenous hormones