

马雪梅,罗淑芬,胡花丽,等. 吸氧剂处理对核桃仁品质的影响[J]. 江苏农业科学,2018,46(5):167-171.

doi:10.15889/j.issn.1002-1302.2018.05.045

# 吸氧剂处理对核桃仁品质的影响

马雪梅<sup>1,2</sup>, 罗淑芬<sup>1</sup>, 胡花丽<sup>1</sup>, 李鹏霞<sup>1,3</sup>

(1. 南京农业大学食品科技学院, 江苏南京 210095; 2. 江苏省农业科学院农产品加工研究所, 江苏南京 210014;

3. 江苏省园艺作物遗传改良重点实验室, 江苏南京 210014)

**摘要:**淮河以南流域具有梅雨季节高温、高湿的特点,为保证干核桃销售期的品质,首先以 185 薄皮核桃仁为试验材料,在温度为 $(35 \pm 1)^\circ\text{C}$ 、相对湿度为 85%~90% 的条件下,进行适宜吸氧剂用量筛选。以包装盒中不放吸氧剂为对照 1(CK1)、漏气包装为对照 2(CK2),以 100 g 核桃仁为单位,用不同质量百分比(3%、4%、5%、7%、9%)的吸氧剂对密封包装盒中的核桃仁进行处理,通过分析贮藏 40 d 核桃仁的感官品质及粗脂肪含量得出,7% 以上的吸氧剂均效果显著,且差异不大;在此基础上,于相同条件下,研究 7% 吸氧剂对核桃仁贮藏品质的影响。结果表明,与 CK 相比,7% 吸氧剂能有效保持核桃仁可溶性糖及可溶性蛋白质含量,减缓核桃仁油脂酸价、过氧化值、脂肪氧合酶活性的上升并抑制碘价的下降。可见,吸氧剂处理可缓解核桃仁中的油脂氧化,延长薄皮核桃仁的贮藏期。

**关键词:**核桃仁;吸氧剂;贮藏期;贮藏品质;酸败

**中图分类号:**S664.109<sup>+</sup>.3

**文献标志码:**A

**文章编号:**1002-1302(2018)05-0167-05

核桃(*Juglans regia* L.),别称羌桃和胡桃,属于胡桃科植物,与扁桃、腰果、榛子并称为世界四大干果。核桃中含有大量的必需脂肪酸以及丰富的营养物质,被称为天然脑白金,具有极高的食用和药用价值<sup>[1]</sup>。核桃的含油率基本在 60% 以上,其中 90% 以上是不饱和脂肪酸,正因如此,核桃在采后贮藏过程中极易氧化酸败,不仅产生异味且口感品质降低,甚至出现哈败、霉变等现象,产生对人体有害的物质,造成其营养价值及商品价值丧失<sup>[2-3]</sup>。

影响核桃仁贮藏的主要因素有环境中的氧气、光照、温湿度等<sup>[4-6]</sup>,其中氧气含量是核桃仁贮藏过程中最关键的影响因素之一<sup>[7]</sup>,因此对核桃仁的贮藏研究尤为重要。李鹏霞等对核桃仁进行常温气调包装研究,通过气调包装方式改变微环境中气体比例来延长核桃仁的贮藏期<sup>[8]</sup>;杨曦等利用塑料

袋抽真空的方式贮藏核桃仁<sup>[9]</sup>;张文涛通过真空包装方式降低核桃仁贮藏环境的氧气,从而延缓核桃仁脂肪酸的氧化<sup>[10]</sup>。

吸氧剂的主要作用是通过降低环境中的氧气,防止食品发生腐烂、变质、发霉等理化性质变化<sup>[11]</sup>。为降低板栗贮藏环境中的氧气含量,李亚娜等用吸氧剂结合真空包装对其进行处理,发现吸氧剂处理对板栗有很好的保鲜效果<sup>[12]</sup>。而目前有关将吸氧剂应用于核桃仁贮藏的研究较少。基于此,本研究利用吸氧剂结合包装盒处理核桃仁,以期对核桃仁在淮河以南流域梅雨季节高温、高湿条件下的销售提供技术支持,为进一步研究核桃仁的贮藏保鲜提供参考。

## 1 材料与方法

### 1.1 材料

从市场上购买风干的 185 薄皮核桃(含水量 $5.00\% \pm 0.10\%$ ),运至江苏省农业科学院农产品加工研究所样品处理实验室。将核桃去壳,取果仁,均匀切分成 1/2 核桃仁,剔除病虫果和霉烂果,挑选新鲜、大小基本一致的果仁作为试验材料;吸氧剂(市售)。

收稿日期:2016-10-22

作者简介:马雪梅(1992—),女,安徽亳州人,硕士研究生,主要从事果蔬保鲜研究。E-mail:2015808117@njau.edu.cn。

通信作者:李鹏霞,博士,研究员,硕士生导师,主要从事果蔬保鲜与加工研究。E-mail:pengxiali@126.com。

[20] 魏宇清. 几种香辛料提取物对常见食源性致病菌生物膜作用的研究[D]. 广州:华南农业大学,2016.

[21] Ozdemir G, Karabay N U, Dalay M C, et al. Antibacterial activity of volatile component and various extracts of *Spirulina platensis* [J]. Phytother Res, 2004, 18(9): 754-757.

[22] Mallikarjun Gouda K G, Kavitha M D, Sarada R. Antihyperglycemic, antioxidant and antimicrobial activities of the butanol extract from *Spirulina platensis* [J]. Journal of Food Biochemistry, 2015, 39(5): 594-602.

[23] 曾惠, 刘尊英, 朱素芹, 等. 钝顶螺旋藻提取物对细菌群体感应的抑制作用[J]. 食品科学, 2012, 33(7): 138-141.

[24] Sarada D V L, Sreenath K C, Rengasamy R P. C-phycocyanin from

*Spirulina platensis* (Nordstedt) Geitler: a novel and potent agent against drug resistant bacteria [J]. World Journal of Microbiology and Biotechnology, 2011, 27(4): 779-783.

[25] Li K, Hao X, Gao F, et al. Identification of cultured and natural astragalus root based on monosaccharide mapping [J]. Molecules, 2015, 20(9): 16466-16490.

[26] 杜玲. 钝顶螺旋藻两个生态种多糖的抗菌、抗肿瘤活性及其机理的研究[D]. 呼和浩特:内蒙古农业大学,2010.

[27] 徐扬, 杨保伟, 柴博华, 等. 超声波-酶法提取海带多糖及其抑菌活性[J]. 农业工程学报, 2010, 26(增刊1): 356-362.

[28] 符晓杰, 徐年军, 廖智, 等. 海带多酚的提取和抑菌研究[J]. 安徽农业科学, 2013, 41(9): 4099-4100.

1.2 仪器与设备

MAP - YHH360 复合气调包装机(苏州亚和保鲜科技有限公司);pH 计[梅特勒-托利多集团];TU - 1810 紫外可见分光光度计(北京普析通用仪器有限责任公司);Danbell 气体分析仪(丹麦 DANSENSOR 公司)。

1.3 试验方法

1.3.1 包装中吸氧剂用量的筛选 以 100 g 核桃仁为单位,将不同质量比例(3%、5%、7%、9%)的吸氧剂分别放入聚丙烯(polypropylene,简称 PP)材质的食品包装盒[(21.00 cm × 14.50 cm × 8.00 cm),O<sub>2</sub> 渗透系数 112.38 cm<sup>3</sup>/(m<sup>2</sup> · d),CO<sub>2</sub> 渗透系数 42.88 cm<sup>3</sup>/(m<sup>2</sup> · d)]后,立即用气调包装机进行封口包装(防止吸氧剂吸收空气中的氧气),盒内为空气,设置 3 个平行处理。对照 1(CK1)于气调包装机上直接进行封口包装,盒内为空气;对照 2(CK2)在封口包装后,于盒两侧各打孔 4 个,孔径 1 ~ 2 mm。处理组于 0 h 时放入吸氧剂,立即包装,盒内为空气,24 h 后,用气体分析仪测定盒中 O<sub>2</sub> 含量,分别确定盒中含氧量约为 15%、10%、5%、0%,它们对应的吸氧剂用量分别为 3%、5%、7%、9%。由此,以 3%、5%、7%、9% 吸氧剂放入包装盒对核桃仁进行包装。每个处理 3 个平行,每盒 100 g 核桃仁,于温度为(35 ± 1)℃、湿度为 85% ~ 90% 的环境下贮藏 40 d。

1.3.2 吸氧剂对核桃仁贮藏品质的影响 以筛选出的最佳质量百分比吸氧剂为处理组,每盒包装 100 g,设置 3 个平行处理。按照“1.3.1”节的方法同样设置对照组 CK1、CK2。于温度为(35 ± 1)℃,湿度为 85% ~ 90% 的环境下贮藏 40 d,每 10 d 取样 1 次。

1.4 指标测定方法

1.4.1 感官分析 根据 GB/T 20398—2006《核桃坚果质量等级》<sup>[13]</sup>,参照狄建兵的方法<sup>[14]</sup>并略加改动,采用感官评分法对核桃仁的气味、外观、口感等感官表现进行评价,其中感官品质的评分标准见表 1。

表 1 感官品质评分标准

| 评分<br>(分) | 评价项目   |      |      |    |
|-----------|--------|------|------|----|
|           | 气味     | 颜色   | 口感   | 质地 |
| 80 ~ 100  | 无哈喇味   | 浅棕色  | 无涩味  | 较脆 |
| 60 ~ 79   | 无明显哈喇味 | 深棕色  | 涩味淡  | 略软 |
| 30 ~ 59   | 无明显哈喇味 | 稍有变黑 | 涩味中等 | 略软 |
| 0 ~ 29    | 轻微哈喇味  | 局部变黑 | 涩味重  | 较软 |

1.4.2 粗脂肪 粗脂肪含量参照 GB/T 5009. 6—2003<sup>[15]</sup>测定。

1.4.3 油样的提取 将核桃仁充分研碎,取 25 g 放入三角瓶中,加入 30 mL 乙醚后密封避光浸提,12 h 后过滤,再加 30 mL 乙醚进行二次浸提,使无水乙醚自然风干得油样。该方法提取的核桃仁油用以酸价、碘价、过氧化值的测定。其中酸价参照 GB/T 5530—2005<sup>[16]</sup>(热乙醇测定法)进行测定;碘价参照 GB/T 5532—2005<sup>[17]</sup>,采用 Na<sub>2</sub>S<sub>2</sub>O<sub>3</sub> 滴定法测定;过氧化值参照 GB/T 5538—2005<sup>[18]</sup>进行测定。

1.4.4 脂肪氧合酶活性测定 按照张群等的方法<sup>[19]</sup>并略加修改测定脂肪氧合酶(lipoxygenase,简称 LOX)活性。取 2 g 核桃仁粉末样品,加入 0.1 mol/L Tris - HCl 磷酸缓冲液(pH 值 8.0,含 0.05 mol/L 巯基乙醇)8 mL,混合均匀后,于 4 ℃、

10 000 r/min 条件下离心 20 min,上清液即为待测的粗酶液。反应液包括:pH 值 6.0 的 0.1 mol/L 磷酸钠缓冲液 2.70 mL、10 mmol/L 亚油酸钠 50 μL、酶液 0.25 mL;空白对照为 pH 值 6.0 的 0.1 mol/L 磷酸钠缓冲液 2.95 mL、10 mmol/L 亚油酸钠 50 μL,于 30 ℃ 条件下进行反应,在 234 nm 下测定吸光度。酶活性单位为 U/g,表示以反应体系 1 min 增加吸光度 0.01 为 1 个活力单位。

1.4.5 可溶性糖含量测定 参照韩雅珊的方法<sup>[20]</sup>并略加改动测定可溶性糖含量。称取 1 g 样品,加 80% 乙醇溶液 5 mL,研磨、匀浆后于 80 ℃ 条件下水浴浸提 10 min,冷却后于 12 000 r/min 的转速下离心 20 min,重复浸提 1 次,合并上清液,用 80% 乙醇溶液定容至 25 mL,即为可溶性糖待测液。采用蒽酮比色法测定吸光度,计算可溶性糖含量。

1.4.9 可溶性蛋白质含量测定 采用李合生的方法<sup>[21]</sup>并略加改动测定可溶性蛋白质含量。称取 2 g 样品,加 0.1 mol/L 磷酸缓冲液 10 mL(pH 值 7.2),研磨、匀浆后,于 12 000 r/min 转速下离心 20 min,上清液即为可溶性蛋白质待测液。采用考马斯亮蓝 G - 250 法测定吸光度,计算可溶性蛋白质含量。

1.5 数据分析

所有数据均平行测定 3 次,以“平均值( $\bar{x}$ ) ± 标准偏差( $s$ )”的形式进行表示,用 SPSS 软件进行数据处理,并进行邓肯氏多重差异分析( $\alpha=0.05$ )。

2 结果与分析

2.1 包装中吸氧剂用量的筛选

2.1.1 不同质量百分比吸氧剂处理对核桃仁感官品质的影响 由表 2 可知,贮藏 0 d 时,核桃仁呈浅棕色、无哈喇味、无涩味、质地较脆、品质较好。贮藏 40 d 时,CK1、CK2 组均出现严重的品质劣变,外观局部变黑,质地较软,带有严重涩味、稍有哈喇味;而吸氧剂处理组核桃仁的感官品质明显优于 CK1、CK2 组。其中以 7%、9% 吸氧剂处理的核桃仁感官品质较好,口感仍较脆、无哈喇味、无涩味,颜色变化不明显,且这 2 个组之间无显著差异。

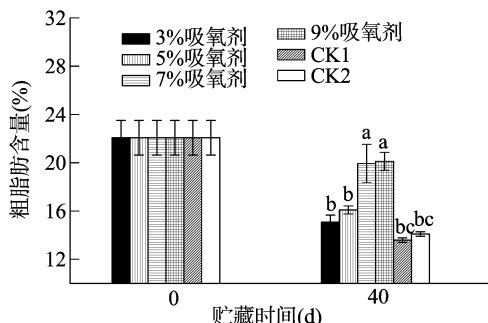
表 2 不同质量百分比吸氧剂处理对核桃仁感官品质的影响

| 处理     | 不同贮藏时间的感官得分(分) |               |
|--------|----------------|---------------|
|        | 0 d            | 40 d          |
| 3% 吸氧剂 | 100            | 44.10 ± 0.57c |
| 5% 吸氧剂 | 100            | 75.30 ± 0.45b |
| 7% 吸氧剂 | 100            | 87.40 ± 0.29a |
| 9% 吸氧剂 | 100            | 86.50 ± 0.38a |
| CK1    | 100            | 28.00 ± 0.42d |
| CK2    | 100            | 24.10 ± 0.30d |

注:同列数据后不同小写字母表示处理间差异显著( $P < 0.05$ )。

2.1.2 不同质量百分比吸氧剂处理对核桃仁粗脂肪含量的影响 核桃仁中富含大量不饱和脂肪酸<sup>[22]</sup>,是人体所需的重要营养物质<sup>[23]</sup>。由图 1 可知,在贮藏 40 d 时,核桃仁中的粗脂肪含量随着吸氧剂质量百分比的增加而增加。与 0 d 相比,3%、5%、7%、9% 吸氧剂处理的核桃仁粗脂肪含量在贮藏 40 d 时分别下降 6.98、5.98、2.13、1.94 百分点。7%、9% 吸氧剂处理的核桃仁粗脂肪含量显著高于 CK1、CK2 组( $P <$

0.05), 而 3%、5% 吸氧剂处理的核桃仁粗脂肪含量与 CK1、CK2 组无明显差异。由此说明, 7%、9% 吸氧剂处理能有效保持较高的粗脂肪含量。综合感官评定及粗脂肪含量的测定结果, 并从经济角度考虑, 宜选用 7% 吸氧剂对核桃仁进行贮藏。



不同小写字母表示处理间差异显著( $P < 0.05$ )。下图同  
图1 不同质量百分比吸氧剂处理对核桃仁粗脂肪含量的影响

## 2.2 吸氧剂处理对核桃仁贮藏品质的影响

### 2.2.1 吸氧剂处理对核桃仁油脂酸价的影响

酸价是油脂中游离脂肪酸含量的标志, 反映油脂酸败程度, 酸价越高, 油脂酸败越严重<sup>[24]</sup>。由图 2 可知, 在贮藏的前 30 d, 各组的酸价上升幅度均较小, 且无明显差异。贮藏至 40 d 时, CK1、CK2 组的酸价大幅度增加, 分别为 0 d 时的 1.84、2.35 倍, 其中 CK2 组显著高于 CK1 组( $P < 0.05$ ); 与对照组相比, 7% 吸氧剂处理组的酸价增加得不明显, 为 0 d 时的 1.52 倍, 显著低于 CK1、CK2 组( $P < 0.05$ )。表明 CK2 组较 CK1 组更易发生油脂酸败, 而 7% 吸氧剂处理可进一步抑制核桃仁油脂酸价的升高。

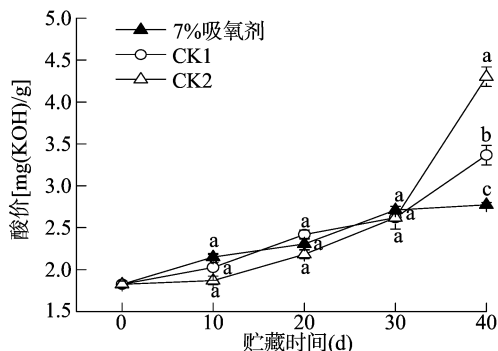


图2 吸氧剂处理对核桃仁油脂酸价的影响

### 2.2.2 吸氧剂处理对核桃仁油脂碘价的影响

碘价是鉴别油脂不饱和脂肪酸的重要参数, 油脂中亚麻酸、亚油酸等不饱和脂肪酸含量的高低决定油脂碘价的高低<sup>[25]</sup>。由图 3 可知, 随着贮藏时间的延长, 各组碘价均下降, 其中对照组的下降幅度较大。贮藏至 20 d 时, 7% 吸氧剂处理组核桃仁油脂的碘价显著高于 CK1、CK2 组( $P < 0.05$ ); 30 d 时, CK2 组的碘价显著低于 7% 吸氧剂处理组与 CK1 组( $P < 0.05$ ); 40 d 时, 7% 吸氧剂处理组核桃仁油脂的碘价为 134.53 g/100 g, 显著高于 CK1 组(134.46 g/100 g)、CK2 组(134.32 g/100 g)( $P < 0.05$ ), 且 CK1 组高于 CK2 组。由此可知, 对核桃仁进行密封可在一定程度上延缓核桃仁油脂碘价的下降, 而 7% 吸氧剂处理可进一步延缓核桃仁油脂碘价的下降。

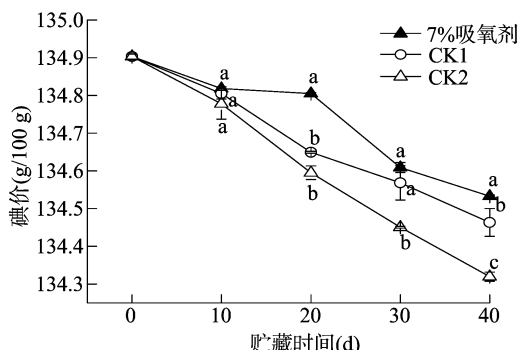


图3 吸氧剂处理对核桃仁油脂碘价的影响

### 2.2.3 吸氧剂处理对核桃仁油脂过氧化值的影响

过氧化值是衡量核桃仁酸败的重要标志<sup>[26]</sup>。由图 4 可知, 各组核桃仁油脂过氧化值均随时间的延长呈上升的趋势。贮藏前 20 d, 各组过氧化值变化均不明显; 贮藏至 30 ~ 40 d 时, CK1、CK2 组的过氧化值大幅上升, 而 7% 吸氧剂处理组的过氧化值上升幅度较小, 且显著低于 CK1、CK2 组( $P < 0.05$ )。贮藏 40 d, 7% 吸氧剂处理组的过氧化值最低, 仅为 0 d 的 2.13 倍, 而此时 CK1、CK2 组的过氧化值分别为 0 d 的 4.13、4.49 倍。由此可知, 7% 吸氧剂处理可显著缓解核桃仁油脂过氧化值的上升。

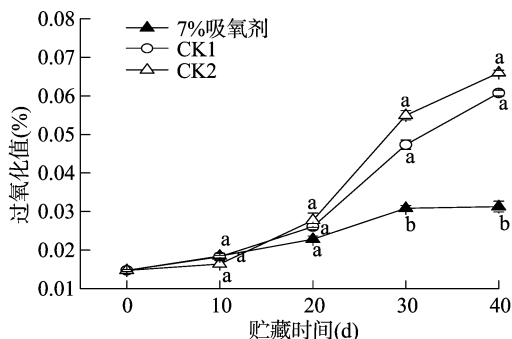


图4 吸氧剂处理对核桃仁油脂过氧化值的影响

### 2.2.4 吸氧剂处理对核桃仁脂肪氧合酶活性的影响

脂肪氧合酶广泛存在于需氧的机体中, 可催化油脂中的不饱和脂肪酸(主要是亚油酸和亚麻酸及酯类)发生过氧化反应, 产生一系列的醛、酮类等化合物, 从而影响油脂的品质<sup>[27]</sup>。由图 5 可知, 各组核桃仁脂肪氧合酶活性均随时间的延长呈先上升后下降的趋势。贮藏前 20 d, 各组脂肪氧合酶活性均上升, 且 CK1、CK2 组的上升幅度高于 7% 吸氧剂处理组; 在贮藏至 20 d 时, CK1、CK2 组的脂肪氧合酶活性出现峰值, 显著高于 7% 吸氧剂处理组( $P < 0.05$ ); 贮藏至 30 d 时, 7% 吸氧剂处理组的脂肪氧合酶活性出现峰值。贮藏至 30 ~ 40 d 时, CK1、CK2 组的脂肪氧合酶活性较 7% 吸氧剂处理组下降得快。由此可知, 7% 吸氧剂处理可显著抑制核桃仁脂肪氧合酶活性的上升, 并延迟其峰值的出现。

### 2.2.5 吸氧剂处理对核桃仁可溶性糖含量的影响

核桃仁中的糖含量并不是很高, 但可溶性糖仍是核桃仁中比较重要的营养品质, 对口感也有一定的影响<sup>[28]</sup>。由图 6 可知, 在整个贮藏期间, 各组核桃仁的可溶性糖含量均随时间的延长呈下降趋势。贮藏至 20 d 时, 7% 吸氧剂处理组的可溶性糖含量显著高于对照组( $P < 0.05$ ), 而 CK1 组与 CK2 组之间的可

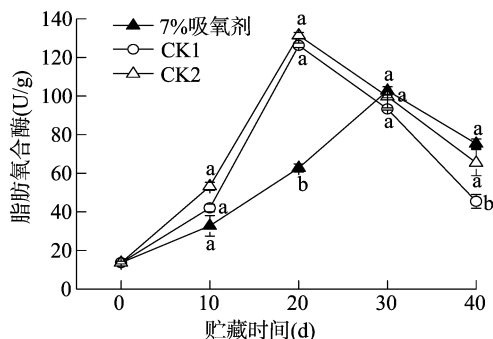


图5 吸氧剂处理对核桃仁脂肪氧合酶活性的影响

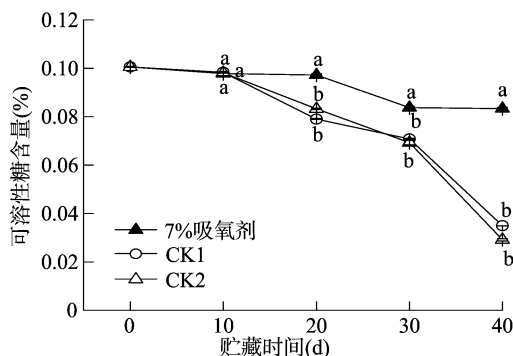


图6 吸氧剂处理对核桃仁可溶性糖含量的影响

溶性糖含量无明显差异。贮藏至 40 d 时,7% 吸氧剂处理组的可溶性糖含量仍为贮藏 0 d 时的 82.88%,而 CK1、CK2 组分别为 0 d 的 34.70%、28.96%,且 CK1 组高于 CK2 组。由此可知,与对照组相比,7% 吸氧剂处理能有效地减缓核桃仁可溶性糖含量的下降。

**2.2.6 吸氧剂处理对核桃仁可溶性蛋白质含量的影响** 蛋白质是核桃仁中重要的营养成分。由图 7 可以看出,在贮藏过程中,各处理组的可溶性蛋白质含量均随时间的延长呈下降趋势。贮藏前 20 d,各组核桃仁中的可溶性蛋白质含量无明显差异;贮藏至 30 d 时,7% 吸氧剂处理组的可溶性蛋白质含量显著高于 CK1、CK2 组 ( $P < 0.05$ )。贮藏至 40 d 时,7% 吸氧剂处理组的可溶性蛋白质含量仍为原来的 87.91%,而对照组 CK1、CK2 组分别下降为原来的 58.78%、53.52%,且 CK1 组略高于 CK2 组。由此可得,7% 吸氧剂处理能有效减缓核桃仁中可溶性蛋白质含量的下降。

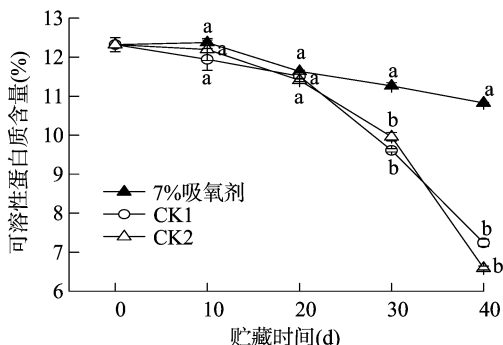


图7 吸氧剂处理对核桃仁可溶性蛋白质含量的影响

### 3 结论与讨论

核桃仁在高温、高湿的条件下极易氧化,造成核桃仁油脂

酸败,从而导致其失去商品价值,其中氧气是影响核桃贮藏过程中油脂酸败的关键因素之一。有研究报道,利用真空处理以及铁粉处理都能在一定程度上抑制核桃仁油脂的酸败,且真空处理效果更好<sup>[1]</sup>。说明降低氧浓度可以较好地抑制核桃仁油脂的氧化,脱氧处理可在一定程度上抑制核桃仁的生理代谢和衰老。本研究发现,吸氧剂能降低贮藏环境中氧气,形成相对低氧的气体环境;在 40 d 的贮藏期内,不同质量百分比的吸氧剂处理均可保持核桃仁中较高的粗脂肪含量及较好的感官品质,其中 7%、9% 的吸氧剂处理效果尤为明显。

核桃仁油含有大量的不饱和脂肪酸,油脂的酸价和过氧化值客观反映了脂肪酸的氧化酸败程度<sup>[29-30]</sup>,碘价则是鉴别不饱和脂肪酸的重要参数。油脂氧化酸败主要是指不饱和脂肪酸在光照、氧气、水分等因素的影响下,氧化成低分子脂肪酸,然后低分子脂肪酸进一步氧化产生有机酸,使酸价升高的过程<sup>[31-32]</sup>。另外,陶菲等研究发现,油脂发生氧化酸败产生过氧化物,导致油脂过氧化值升高,而真空包装能有效减缓山核桃过氧化值的升高<sup>[27]</sup>。本研究发现,7% 吸氧剂处理可有效抑制核桃仁油脂酸价及过氧化值的升高及碘价的下降;不放吸氧剂的 CK1 组与漏气包装 CK2 组相比,具有较低的酸价及过氧化值,并具有较高的碘价,说明 CK2 组油脂氧化更严重,进一步验证说明  $O_2$  是核桃仁在贮藏中变质的重要影响因素,这与张文涛等的研究结果<sup>[33]</sup>一致。另一方面,王伟等研究发现,相对较高的氧气浓度更能诱发脂肪酸的不稳定性,核桃仁中的油脂在贮藏过程中能够产生游离基,而游离基对环境中的基态氧的吸收可导致脂肪酸发生自动氧化,较高浓度的氧气会加速游离基对  $O_2$  的主动吸收,从而加快脂肪酸氧化酸败的速率<sup>[34]</sup>。杨曦等的研究表明,核桃鲜果在贮藏环境中的  $O_2$  含量越低,越能保持较高的核桃油脂品质<sup>[9]</sup>。本研究用吸氧剂对包装盒内的气体进行微调节,在一定程度上降低了贮藏环境中的可吸收氧浓度,减弱了油脂中游离基对氧的吸收,达到了抑制油脂氧化速率、保持核桃仁油脂贮藏品质的目的。

核桃仁中的脂肪氧合酶活性反映了核桃仁的衰老程度。在一定的贮藏时间内,其活性随时间的延长呈现先增加后减少的趋势,这与陶菲等的研究结果<sup>[27]</sup>一致。表明贮藏环境中氧含量的减少能够在一定程度上抑制脂肪氧合酶活性的上升,从而延缓核桃的衰老。

核桃仁中除含有大量油脂外还含有丰富的营养物质,如可溶性糖、可溶性蛋白质<sup>[35]</sup>。果蔬中的可溶性糖、可溶性蛋白质主要与其生理生化代谢有关,它们也是果蔬品质和营养价值的重要评价指标<sup>[28,36]</sup>。在整个贮藏过程中,核桃仁呼吸代谢及其生理代谢可消耗大量营养物质,导致其组织可溶性糖和可溶性蛋白质含量降低。结果表明,7% 吸氧剂处理能够有效减缓可溶性糖、可溶性蛋白质含量的下降,这可能与吸氧剂处理使包装盒内氧气减少,抑制其呼吸作用,减少呼吸底物的消耗有关。另外,CK2 组的营养物质含量较 CK1 组更易降低,主要由于漏气包装盒联通外界空气,具有充足的氧气供核桃仁呼吸代谢。这与张文涛得出的气调包装有效保持了核桃仁可溶性糖及可溶性蛋白质含量的结果<sup>[10]</sup>一致。

综上所述,7% 吸氧剂处理可维持核桃仁较高的粗脂肪含量及良好的感官品质,有效延缓核桃仁中油脂的氧化酸败,并

可保持较好的营养品质,从而达到延长核桃仁贮藏期的目的。本研究可为核桃仁在贮藏、流通和销售中的品质控制提供理论及技术支持。

#### 参考文献:

- [1] 耿阳阳,徐 俐,马宝军. 不同脱氧处理对于核桃品质及生理变化的影响[J]. 食品工业,2013,34(8):17-20.
- [2] 刘广勤,朱海军,周蓓蓓,等. 早涝胁迫对薄壳山核桃光合特性和叶绿体超微结构的影响[J]. 江苏农业学报,2012,28(6):1429-1433.
- [3] 郝艳宾,王克建,冯晓元,等. 核桃在我国加工利用现状及发展趋势[J]. 食品工业科技,2002,23(1):70-71.
- [4] 徐 华. 气调贮藏对生核桃仁及其加工品品质的影响[D]. 南京:南京农业大学,2011.
- [5] Bakkalbasi E, Yilmaz O M, Javidipour I, et al. Effects of packaging materials, storage conditions and variety on oxidative stability of shelled walnuts[J]. LWT - Food Science and Technology, 2012, 46(1):203-209.
- [6] Savage G P. Chemical composition of walnut (*Juglans regis* L.) grown in New Zealand[J]. Plant Foods for Human Nutrition, 2001, 56(1):75-82.
- [7] 王克建,郝艳宾,张 烨,等. 不同包装处理对碎核桃仁中抗氧化物质的影响[J]. 食品科学,2005,26(8):418-421.
- [8] 李鹏霞,王 炜,梁丽松,等. 常温下气调包装对核桃贮藏生理和品质的影响[J]. 江苏农业学报,2009,25(5):1151-1155.
- [9] 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.
- [10] 张文涛. 气调包装对核桃仁冷藏品质和生理生化影响的研究[D]. 南京:南京农业大学,2012.
- [11] 段绘叶,李东立,许文才,等. 食品活性吸氧包装材料研究进展[J]. 北京印刷学院学报,2013,21(4):9-12.
- [12] 李亚娜,张 亚. 吸氧剂和真空包装在板栗保鲜上的应用研究[J]. 食品科技,2015,40(12):306-309.
- [13] 中华人民共和国国家质量监督检验检疫总局,中国国家标准化管理委员会. 核桃坚果质量等级:GB/T 20398—2006[S]. 北京:中国标准出版社,2006.
- [14] 狄建兵. 涂膜抑制核桃哈败的研究[D]. 晋中:山西农业大学,2005.
- [15] 中华人民共和国卫生部,中国国家标准化管理委员会. 食品中脂肪的测定:GB/T 5009. 6—2003[S]. 北京:中国标准出版社,2003.
- [16] 中华人民共和国国家质量监督检验检疫总局,中国国家标准化管理委员会. 动植物油脂 酸值和酸度测定:GB/T 5530—2005[S]. 北京:中国标准出版社,2005.
- [17] 中华人民共和国国家质量监督检验检疫总局,中国国家标准化管理委员会. 动植物油脂 碘价的测定:GB/T 5532—2005[S]. 北京:中国标准出版社,2005.
- [18] 中华人民共和国国家质量监督检验检疫总局,中国国家标准化管理委员会. 动植物油脂 过氧化值的测定:GB/T 5538—2005[S]. 北京:中国标准出版社,2005.
- [19] 张 群,周文化,谭 欢,等. 涂膜和热处理对葡萄能量和贮藏生理及品质的影响[J]. 农业工程学报,2016,32(9):255-263.
- [20] 韩雅珊. 食品化学实验指导[M]. 北京:北京农业大学出版社,1992:26-28.
- [21] 李合生. 植物生理生化实验原理与技术[M]. 北京:高等教育出版社,2000:210-211.
- [22] 中国预防医学科学院. 食物成分表[M]. 北京:人民卫生出版社,1991.
- [23] 崔和平,郭兴凤. 多不饱和脂肪酸对人体神经系统保健作用研究进展[J]. 河南工业大学学报(自然科学版),2012,33(3):97-102.
- [24] 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):170-172.
- [25] Vanhanen L P, Savage G P. The use of peroxide value as a measure of quality for walnut kernel flour stored at five different temperatures using three different types of packaging[J]. Food Chemistry, 2006, 99(1):64-69.
- [26] 杨剑婷,郝丽平. 关于引起核桃中油脂哈败因素的研究初探[J]. 山西农业大学学报,2001,21(3):271-273.
- [27] 陶 菲,郅海燕,陈杭君,等. 不同包装对山核桃脂肪氧化的影响[J]. 农业工程学报,2008,24(9):303-305.
- [28] 周春丽,钟贤武,范鸿冰,等. 果蔬及其制品中可溶性总糖和还原糖的测定方法评价[J]. 食品工业,2012,33(5):89-92.
- [29] 陈少东,陈福北,杨帮乐,等. 几种食用油中不饱和脂肪酸和皂化值的测定研究[J]. 化工技术与开发,2011,40(10):53-55.
- [30] 朱海军,生静雅,张普娟,等. 贮藏温度对薄壳山核桃抗氧化功能及品质的影响[J]. 江苏农业学报,2015,31(2):449-453.
- [31] Martinez M L, Cecilia P M, Ixtaina V A, et al. Effect of natural and synthetic antioxidants on the oxidative stability of walnut oil under different storage conditions[J]. LWT - Food Science and Technology, 2013, 51(1):44-50.
- [32] Jensen P N, Sorensen G, Engelsen S B, et al. Evaluation of quality changes in walnut kernels (*Juglans regia* L.) by Vis/NIR spectroscopy[J]. Journal of Agricultural and Food Chemistry, 2001, 49(12):5790-5796.
- [33] 张文涛,蒋林惠,陈 琛,等. 不同气调包装对核桃仁贮藏品质的影响[J]. 食品科学,2012,33(16):297-301.
- [34] 王 炜,李鹏霞,梁丽松,等. 常温下 MAP 对核桃脂肪酸氧化的影响[J]. 安徽农业科学,2008,36(23):10175-10177.
- [35] 路志芳,田 丽,郝贵增,等. 5 种野生仁用核果种仁油脂含量和成分分析[J]. 江苏农业科学,2016,44(7):317-320.
- [36] 曹 婷,朱 明,丁莎莎,等. 茶多酚复配剂对新美人指葡萄贮藏品质的影响[J]. 江苏农业科学,2016,44(5):336-339.