龙眼核精油的体外抗氧化活性及其保鲜效果

蔡文韬，袁学文，陈秋苑，余伟业，冯丽娜

（广东第二师范学院生物与食品工程学院，广东广州 510303）

摘要：本项目研究龙眼核精油体外抗氧化性及常温保鲜效果，以有机溶剂正己烷提取龙眼核精油，测定精油对 1,1-二苯基-2-苦肼基自由基（DPPH·）、羟基自由基（·OH）及亚硝酸钠（$NaNO_2$）的清除能力，以龙眼果肉颜色、果皮褐变指数、失重率、可溶性固形物、可滴定酸含量等生理指标变化作为保鲜效果的评判标准。结果表明：龙眼核精油对 DPPH·、·OH 及 $NaNO_2$ 均有一定清除作用，IC_{50} 分别为 11.04、4.58、0.12 mg/mL，在试验浓度范围内呈一定量效关系；精油可降低龙眼果皮褐变指数及失重率上升速度；可溶性固形物含量变化起伏小；贮藏前期，可滴定酸含量变化缓慢，后期上升较快；精油处理组与空白对照组间差异不显著（p>0.05），龙眼核精油对龙眼果实不具备明显保鲜效果；精油浓度过大会对龙眼果实产生不同程度的药害。

关键词：龙眼核精油；抗氧化性；保鲜效果

文章篇号：1673-9078(2018)11-119-125 DOI: 10.13982/j.mfst.1673-9078.2018.11.019

In Vitro Antioxidant Activity and Preservative Effect of Longan Seed Essential Oil

CAI Wen-tao, YUAN Xue-wen, CHEN Qiu-yuan, YU Wei-ye, FENG Li-na

(Guang Dong University of Education, College of Biological and Food Engineering, Guangzhou 510303, China)

Abstract: This study investigated the *in vitro* antioxidant activity and preservative effect at ambient temperature of Longan seed essential oil. Longan seed essential oil was extracted with organic solvent n-hexane for the determination of 1, 1-diphenyl-2-picrylyl (DPPH·) free radical, hydroxyl radicals (·OH) and sodium nitrite ($NaNO_2$) scavenging abilities. The preservative effects were assessed based on the changes in physiological indices including Longan flesh color, peel browning index, weight loss rate, soluble solids content and titratable acidity. The results showed that the Longan seed essential oil exhibited detectable DPPH·, ·OH and $NaNO_2$ scavenging activities, with respective IC50 values as 11.04, 4.58 and 0.12 mg/ mL, and a dose-effect relationship was found within the experimental concentration range. The essential oil can reduce peel browning index and weight loss rate of Longan peel; the change in the soluble solid content was small; the titratable acidity changed slowly in the early stage of storage, but increased rapidly in late stage. There was no significant difference (P > 0.05) between the essential oil-treated group and the control (untreated) group. The Longan seed essential oil did not exert obvious preservative effect on Longan fruit. Excessive essential oil could also cause different degrees of phytotoxicity to Longan fruit.

Key words: Longan seed essential oil; antioxidant activity; preservative effect

龙眼（*Dimocarpus longan* Lour）又名“桂圆”，具较高的营养价值和保健功能，素有南“桂圆”北“人参”之说[1]。龙眼核为龙眼种仁，占新鲜果实总重量的17%[2]，其味苦、涩，性平，气微，含大量淀粉、还原糖和蛋白质等营养要素，具有止血、定痛和燥湿等功效[3,4]。随着龙眼种植面积扩大，产量持续增长，造成龙眼产量过剩，且龙眼深加工产品如龙眼酒、龙眼干和龙眼罐头等的出现，大量的龙眼核被废弃，利用率趋近于零，造成资源的极大浪费和环境污染[5]。

植物精油经植物萃取，含特殊芳香气味，主要由脂肪族类、芳香族类、萜烯类化合物及含氮、硫化合物组成[6]，具有净化空气、杀菌、提供细胞营养、提高免疫功能和天然防腐等优点[7]。在美国，多种精油类产品通过食品药品管理局（FDA）和环境保护署（EPA）的批准后，纳入可用于食用消费的“一般认为安全的”（GRAS）名单中[8]。在果蔬保鲜方面，植物精油无残留、无环境污染及无抗药性，符合果蔬保鲜朝绿色安全方向的发展趋势相符[9~11]。近年来，国内在植物精油用于果蔬保鲜方面进行过相关研究，并取得一定成效。如韩林等[12]人研究不同浓度龙眼核精油经浸泡处理对草莓采后低温保鲜效果。本文将龙眼加

收稿日期：2018-05-11

基金项目：大学生创新创业训练项目（201714278082）

作者简介：蔡文韬（1986-），博士，研究方向：农副产品加工

通讯作者：袁学文（1964-），男，教授，研究方向：感染性疾病的防治和生物药学

工过程产生的废弃物龙眼核作为原料，提取龙眼核精油，考察精油对 DPPH·、·OH、$NaNO_2$ 的清除能力及龙眼果实的保鲜效果，一方面，可为开发天然果蔬保鲜方法提供理论基础和技术依据，另一方面，对实现资源可持续发展具有重要意义。

1 材料与方法

1.1 原料

龙眼购买于广州市白云区槎龙果品市场，品种为泰国龙眼，挑选外观完好、大小一致的果实进行实验。

龙眼核将购买的龙眼去皮、肉，留核，置于 60 ℃电热鼓风干燥箱中干燥 3 h 后磨碎，得龙眼核粉；无水乙醇（购自广州泽明科技发展有限公司）、氢氧化钠（购自广州化学试剂厂）、DPPH、无水乙醇、抗坏血酸、硫酸亚铁、水杨酸、双氧水、亚硝酸钠、对氨基苯磺酸、浓盐酸、盐酸萘乙二胺、酚酞、正己烷，购自广州爱彤生物制品有限公司。

1.2 主要仪器设备

CN61M/STSXT 型索氏提取器，北京中西远大科技有限公司；DHG-9030 型电热鼓风干燥箱，上海-恒科学仪器有限公司；YP2002 型电子天平，上海佑科仪器仪表有限公司；WZBC3 型数显折光仪，上海仪电物理光学仪器有限公司；RE-52A 型旋转蒸发仪，上海亚荣生化仪器厂；SPX 型生化培养箱，上海科恒实业发展有限公司；FA2004 型电子天平，上海舜宇恒平科学仪器有限公司；MJ-BL25C4 型搅拌机，广东美的精品电器制造有限公司；NC-BH05 型 NICO（尼珂）超纯水机，重庆隆暾科技有限公司；BCD-201E/A 型冰箱，海信容声（广东）冰箱有限公司；752N 紫外可见分光光度计，上海精科实业有限公司。

1.3 实验方法

1.3.1 龙眼核精油提取

参照韩林等[12]实验方法。

称取定量龙眼核粉，以正己烷为提取剂，利用索氏提取器在 80 ℃下提取 4 h，经旋转蒸发仪浓缩，得正己烷提取液，置于棕色瓶中，于 4 ℃冰箱中保存、备用。

1.3.2 龙眼核精油体外抗氧化性研究

1.3.2.1 龙眼核精油清除 DPPH[13,14]

以 70%乙醇为溶剂，将龙眼核精油分别配成 1.5 mg/mL、2.0 mg/mL、2.5 mg/mL、3.0 mg/mL、3.5 mg/mL、4.0 mg/mL 系列浓度，分别取 2 mL 龙眼核精油，加入 2 mL 无水乙醇，于 517 nm 波长处测定其吸光度(A_j)；另取精油 2 mL，分别加入 2×10^{-4} mol/mL DPPH·溶液 2 mL，混匀后置暗处 30 min，相同条件下测其吸光度(A_i)；同时测 2×10^{-4} mol/mL DPPH·溶液的吸光度(A_0)。以 Vc 作为阳性对照，计算龙眼核精油对 DPPH·的抑制率。

$$\text{DPPH自由基抑制率}/\% = \left(1 - \frac{A_i - A_j}{A_0}\right) \times 100 \quad (1)$$

1.3.2.2 龙眼核精油清除·OH[15]

根据表 1 加入反应试剂，摇匀后置于 37 ℃水浴锅中，60 min 后取出，在 510 nm 波长处测定其吸光度，计算对·OH 的清除能力：

$$\cdot OH\text{清除率}/\% = [1-(A_X-A_{X0})/A_0]\times100\% \quad (2)$$

表 1 ·OH 反应体系加样表

Table 1 ·OH reaction system table of adding sample

吸光度	样液/mL	1 mM 硫酸亚铁/mL	6 mM 水杨酸/mL	样液溶剂/mL	1 mM 双氧水/mL
A_X	1	3	3	-	-
A_{X0}	1	3	-	3	-
A_0	1	3	-	-	3

1.3.2.3 龙眼核精油清除 $NaNO_2$

$NaNO_2$ 标准曲线的绘制：分别于 10 支 25 mL 具塞刻度试管内移入 0.00 mL、0.20 mL、0.40 mL、0.60 mL、0.80 mL、1.00 mL、1.50 mL、2.00 mL、2.50 mL、3.00 mL $NaNO_2$ 标准液（5 μg/mL）。

各加入 0.4%对氨基苯磺酸溶液 1 mL，混合均匀后静置 5 min，加入 0.2%盐酸萘乙二胺溶液 0.5 mL，加水至刻度，混合均匀后静置 15 min，在 538 nm 处测其吸光度。以亚硝酸钠含量（μg）为横坐标，吸光度值为纵坐标绘制标准曲线，得到回归方程为 y=0.0292x-0.0076，R^2=0.9991。

$NaNO_2$ 清除率[16]：分别取 1.0 mg/mL、1.5 mg/mL、2.0 mg/mL、2.5 mg/mL、3.0 mg/mL、3.5 mg/mL 的龙眼核精油移入 25 mL 比色管内，加入 2 mL $NaNO_2$ 标准溶液（5 μg/mL），于 37 ℃恒温水浴中反应 30 min 后取出，立即加入 0.4%对氨基苯磺酸溶液 1 mL，摇匀后静置 5 min，加入 0.2%盐酸萘乙二胺溶液 0.5 mL，加水至 25 mL 刻度，混合均匀后静置 15 min，以零管作为空白，于波长 538 nm 处测吸光度。计算清除率，以 Vc 作阳性对照。

$$NO_2^-\text{清除率}/\% = \frac{\text{加入标准}NaNO_2\text{的质量浓度-}NaNO_2\text{残留质量浓度}}{\text{加入标准}NaNO_2\text{的质量浓度}} \times 100 \quad (3)$$

1.3.3 常温保鲜实验

参照韩林等[12]实验方法。以无水乙醇为溶剂，将精油稀释成 20 μg/mL、40 μg/mL、80 μg/mL、160 μg/mL、320 μg/mL 系列浓度。将筛选出的龙眼分组，分别浸泡于不同浓度的龙眼核精油中，10 s 后取出。装入做好标记的塑料篮中，置于培养箱，在常温下（25 ℃）内贮藏。每隔 2 d 观察龙眼果肉颜色变化、测定龙眼果皮褐变指数、失重率、可溶性固形物含量、可滴定酸含量等品质指标。并分别做无水乙醇和空白对照（CK），每实验重复 3 次。

1.3.3.1 龙眼果皮褐变指数评价

参照林河通等[17]实验方法，随机取 30 颗龙眼果实，以龙眼内表皮褐变程度分为 6 个等级：1 级，褐变面积为 0%；2 级：褐变面积<25%；3 级：褐变面积 25%～50%；4 级：褐变面积 50%~75%；5 级：褐变面积>0.75%；6 级：全部褐变。计算果皮褐变指数。

果皮褐变指数=Σ(褐变级数×该级果实数)/总果实数

1.3.3.2 龙眼失重率测定

失重率采用重量法测定[18]，计算失重率。

失重率＝（贮前质量-贮后质量）/贮前质量×100%

1.3.3.3 龙眼可溶性固形物含量测定[19]

取 5.0 g 龙眼果实样品研磨离心(4000 r/min，10 min)后过滤，在 20 ℃下用手持式糖度计测定折射率，读数即为可溶性固形物含量。

1.3.3.4 龙眼可滴定酸含量测定

采用 NaOH 滴定法[20]，以柠檬酸百分数表示结果。随机取 15 颗果实，去皮、核，榨汁，经 4 层纱布过滤后搅拌均匀，称重，滴加酚酞，使用 0.005 mol/L 的 NaOH 溶液滴定，至 30 s 内不褪色为终点，计算可滴定酸含量。

可滴定酸/%＝（V×C×K/M）×100

注：V 表示消耗 NaOH 体积（L）；C 表示 NaOH 浓度（mol/L）；K 为苹果酸换算系数；M 表示测定时的果汁重（g）。

1.3.4 数据处理

使用 SPSS 22.0 软件对数据进行多重比较分析；使用 Excel 2010 软件进行数据汇总及作图。

2 结果与讨论

2.1 龙眼核精油对 DPPH·的清除

DPPH·稳定性强，517 nm 波长处有强吸收作用，在乙醇溶液中呈深紫色。自由基清除剂利用与其单电子配对原理，使其逐步退色，若有其它物质供给一个电子以配对此单电子，则会导致吸收消失，退色程度与其所接收的电子呈现出定量关系[21]，结果见图 1。

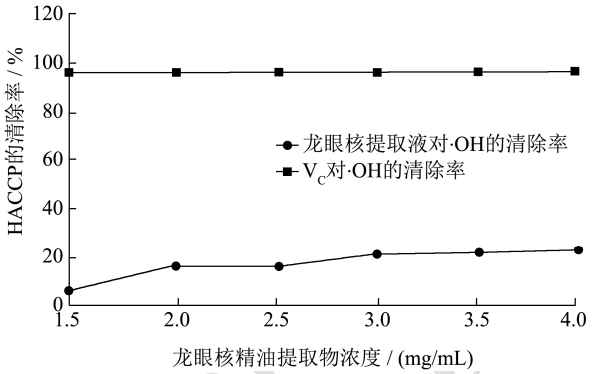


图 1 龙眼核精油与 Vc 对 DPPH・的清除率比较

Fig.1 Comparison of the scavenging rate of the essential oil fromLongan seed and Vc to DPPH·

由图 1 可知，当龙眼核精油浓度处于 1.5~2.0 mg/mL，对 DPPH·清除率增幅最大；随着样品浓度持续增大，清除率增幅趋向缓和；清除率和样品浓度之间呈一定化学计量关系，如果 Y 为清除率，x 为样品质量浓度，则 Y=2.8309x+8.4453，R^2=0.882；IC_{50}（样品清除 50%的自由基所对应的浓度）=11.04 mg/mL。当样品浓度为 1.5 mg/mL 时，Vc 对 DPPH·的清除率达 95%以上；当浓度处于 1.5~4.0 mg/mL 范围内，对 DPPH·清除效果的增幅趋向缓和；清除率与 Vc 溶液浓度的关系式为 Y=0.2029x+95.39，R^2=0.9223。龙眼核精油与 Vc 对 DPPH·均有清除作用，清除效果受浓度影响明显（p<0.05）；两者对 DPPH·的清除效果均随浓度的增大而加强；当浓度相同时，龙眼核精油对 DPPH·的清除作用远低于 Vc 溶液。

2.2 龙眼核精油对·OH 的清除

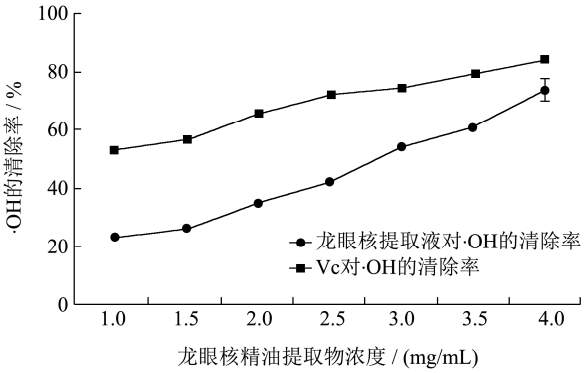


图 2 龙眼核精油与 Vc 对・OH 的清除率比较

Fig.2 Comparison of the scavenging rate of the essential oil fromLongan seed and Vc to ·OH

·OH 作为活性氧中最具化学活性的自由基，几乎可与细胞中的一切生物大分子迅速产生反应，对人体最具威胁[22]，结果如图 2 所示。

由图 2 可知，龙眼核精油对·OH 清除效果趋势明显，呈良好的浓度效应关系，与 Vc 对·OH 的清除效果趋势不完全相同，研究结果与文良娟等[23]相符，清除效果受浓度影响显著（p<0.05）。清除率与龙眼核精油浓度关系的回归方程为 Y=8.5268x+10.911，R^2=0.9799；IC_{50}=4.58 mg/mL；清除率与 Vc 溶液浓度的关系式为 Y=5.2643x+48.426，R^2=0.9769；IC_{50}=0.30 mg/mL。

2.3 龙眼核精油对 $NaNO_2$ 的清除

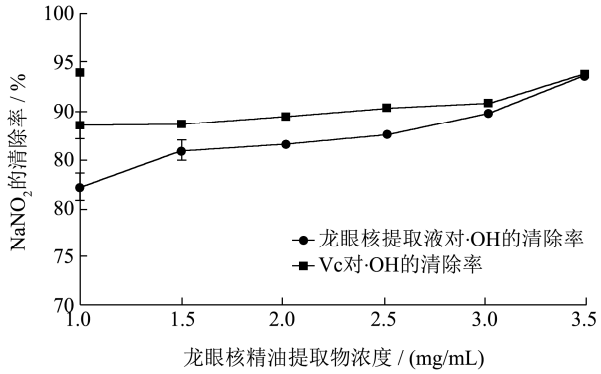


图 3 龙眼核精油与 Vc 对 $NaNO_2$ 的清除率比较

Fig.3 Comparison of the scavenging rate of the essential oil fromLongan seed and Vc to $NaNO_2$

不同浓度龙眼核精油对 $NaNO_2$ 的清除作用，结果如图 3 所示。由图 3 可知，龙眼核精油与 Vc 对亚硝酸钠均有良好清除能力，在试验浓度范围内对 $NaNO_2$ 的清除效果呈良好浓度效应关系；龙眼核精油对 $NaNO_2$ 的清除效果受浓度影响较显著。低浓度下，龙眼核精油对 $NaNO_2$ 的清除能力低于 Vc；随着浓度升高，龙眼核精油对 $NaNO_2$ 的清除能力逐渐趋同于 Vc 溶液，当浓度均为 3.5 mg/mL 时龙眼核精油对 $NaNO_2$ 的清除效果与 Vc 相当。清除率与龙眼核精油浓度的关系式为 $Y=0.1282x^2+1.1171x+81.954$，$R^2$=0.9406；清除率与 Vc 溶液浓度的关系式为 $Y=0.2195x^2-0.5483x+88.967$，$R^2$=0.9507，龙眼核精油与 Vc 对 $NaNO_2$ 的 IC_{50} 分别为 0.12 mg/mL 和 0.01 mg/mL。

2.4 龙眼果皮褐变指变化

由图 4 可见，精油处理组与 CK、无水乙醇组相比，不同浓度精油对龙眼果皮褐变均有一定程度的抑制作用，但不成线性关系。在常温（25 ℃）条件下，0~2 d 内果皮褐变指数呈增长趋势；2~7 d 内变化趋势平缓；贮藏 7~11 d 内，果皮褐变指数快速增加，当精油浓度为 320 μg/mL 时，褐变指数较高，保鲜效果不理想，可能是高浓度龙眼核精油对龙眼果实产生药害，加速果皮的褐变进程。当精油浓度为 160 μg/mL 时，果皮褐变指数最低，仅 1.07，远小于最高的 3.47，龙眼果皮的褐变进程减缓。经统计分析，精油处理组与 CK 组相比，对龙眼保鲜效果差异不显著（p>0.05）。

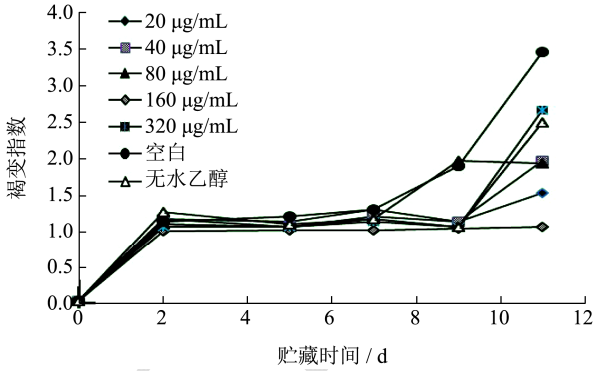


图 4 龙眼核精油对龙眼果皮褐变指数的影响

Fig.4 Effects of postharvest treatments with essential oil from Longan seed on browning of longan peel index

2.5 龙眼在贮藏期间失重率变化

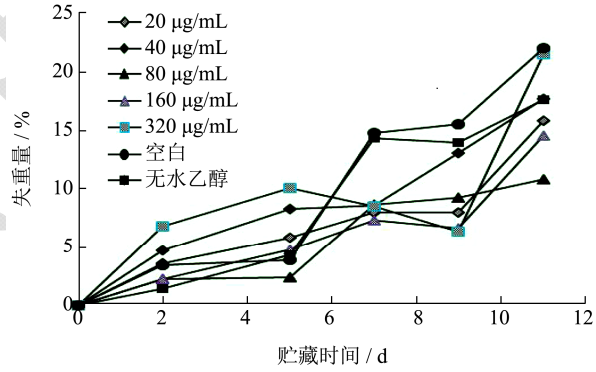


图 5 龙眼核精油对龙眼失重率的影响

Fig.5 Effects of postharvest treatments with essential oil from Longan seed on the weight loss

随着龙眼贮藏时间延长，部分龙眼发生酸败、皱缩，流汁，导致重量减轻。图 5 表明，龙眼随贮藏时间变化，重量逐渐减轻，贮藏 7~11 d 内，CK 组的龙眼果实失重率高于精油处理组，贮藏时间为 11 d 时，CK 组龙眼果实失重率高达 22.00%，为各组最高，贮藏 0~5 d 时，浓度为 320 μL/mL 的精油处理组，龙眼果实重量减轻速度明显高于各组，第 9 d 后失重率急速上升，可能是精油浓度过高，对龙眼产生病害，促进其腐烂，导致龙眼酸败流汁严重，水分减少，从而使失重率上升。龙眼核精油浓度为 80 μL/mL 时，龙眼果实失重率为 10.79%，为各组最低，不同龙眼核精油浓度对龙眼果实的保鲜效果之间差异性不显著（p>0.05）。

2.6 龙眼可溶性固形物含量（TTS）变化

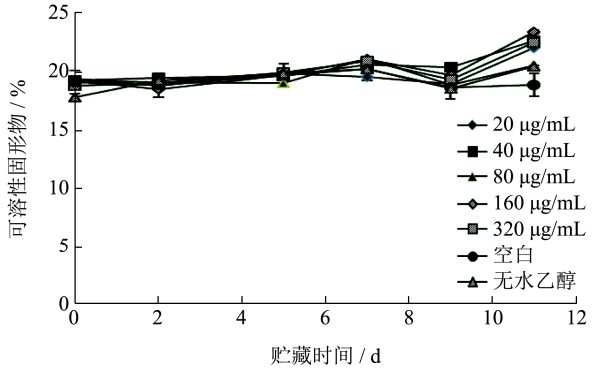


图 6 龙眼核精油对龙眼 TTS 含量的影响

Fig.6 Effects of postharvest treatments with essential oil from Longan seed on total soluble solids

TTS 含量下降是龙眼本身降解酶的作用，使果肉自溶，果胶、纤维素等细胞壁物质及多糖转化为小分子物质，即龙眼果肉内部败坏[24]。图 6 表明，常温贮藏 0~8 d，精油处理组龙眼的 TTS 含量变化趋势平缓，贮藏 9 d~11 d 内，龙眼 TTS 含量有所上升。经统计分析，不同龙眼核精油浓度间 TTS 含量的变化差异不显著（p>0.05）。

2.7 龙眼可滴定酸含量(TA)变化

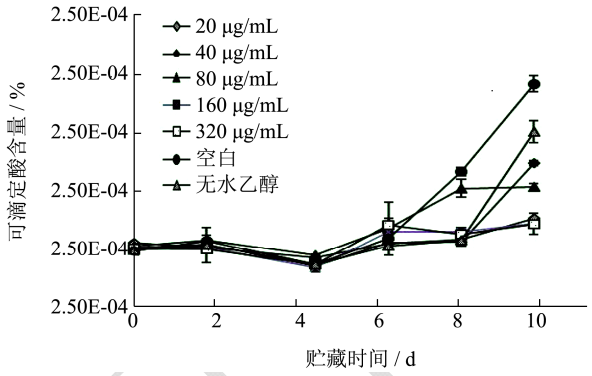


图 7 龙眼核精油对龙眼 TA 含量的影响

Fig.7 Effects of postharvest treatments with essential oil from Longan seed on titratable acidity

如图 7 所示，常温（25 ℃）贮藏 0~2 d，龙眼果肉 TA 含量变化趋势平缓；贮藏 2~5 d，精油处理组与 CK 组 TA 含量均呈下降趋势；贮藏 5~7 d 内，精油处理组 TA 含量呈缓慢上升趋势，7 d 后，CK 组与无水乙醇组的 TA 含量具有明显的上升趋势，经统计分析得出，精油处理组与 CK 组相比，TA 含量差异不显著（p>0.05），龙眼核精油对龙眼果实不具备明显的保鲜效果。有研究表明：贮藏初期，TA 含量下降，与龙眼果实中的酸首先作为呼吸基质而被消耗有关，贮藏后期，TA 含量快速上升，与龙眼酸腐病菌入侵引起果肉酸败有关[24]。赵云峰等[25]研究发现，采后龙眼果肉自溶时 TA 含量会有所增加，使果实品质下降。贮藏后期 TA 含量上升的原因可能还有：贮藏后期龙眼果肉发生褐变，使果汁颜色加深，滴定过程发生的颜色变化可能被果汁颜色所掩盖，导致滴加的氢氧化钠溶液过多，根据公式（3）计算出龙眼 TA 的含量偏高，从而出现快速上升的现象。普通龙眼品种 TA 含量一般在 0.096%~0.109%之间[26]，本次研究结果得出，泰国龙眼 TA 含量与国内采摘的普通龙眼 TA 含量相差较大，可能是龙眼品种不同，TA 含量存在较大差异。

3 结论

3.1 龙眼核精油对 DPPH·、·OH 及 $NaNO_2$ 均有一定的清除效果，在试验浓度范围内呈一定的量效关系。当浓度相同时，龙眼核精油对 DPPH·的清除作用低于 Vc 溶液；随着浓度增高，龙眼核精油对·OH 清除趋势与 Vc 不完全相同，后者上升趋势相对平缓，对 $NaNO_2$ 的清除能力逐渐趋同于 Vc 溶液；浓度较低时，精油对 $NaNO_2$ 的清除能力低于 Vc；精油对 DPPH·、·OH 及 $NaNO_2$ 的 IC_{50} 分别为 11.04 mg/mL、4.58 mg/mL、0.12 mg/mL。龙眼核精油在不同的抗氧化体系中所表现出的清除作用之所以有差别，可能是龙眼核中的抗氧化活性成分对不同类型自由基的敏感性及作用机制存在差异造成。

3.2 适中的精油浓度可缓解龙眼果皮褐变指数、失重率及 TA、TTS 的损失速度，精油处理组与 CK 组之间的统计结果无显著性差异（p>0.05），龙眼核精油在果实保鲜方面不具备明显的保鲜效果，高浓度龙眼核精油会对龙眼果实产生药害。

3.3 大量研究均表明植物精油在果蔬保鲜方面具备一定的保鲜效果，与本实验结果存在差异，可能是实验对象不同，龙眼具备较坚硬的外壳，在精油中的浸泡时间不足，达不到理想的保鲜效果。因此，后续进行相关研究时，应吸取本次实验的教训。龙眼核的利用价值还未被充分发掘出来，精油应用于果蔬保鲜的效果有待进一步深入，研究龙眼核精油的活性成分及其作用机理，将龙眼核精油应用于果蔬保鲜的最佳方法及用量等，研究出绿色安全、科学有效的生物源保鲜剂，应用于食品保鲜市场。

参考文献

[1] 彭庆芳.浅谈龙眼优质高产栽培技术[J].吉林农业 C 版, 2010,7:107-117
PENG Qing-fang, High quality and high yield cultivation techniques of *Longan* [J].Jilin Agricultural C Edition, 2010, 7:

107-117

[2] 肖更生,黄儒强,曾庆孝,等.龙眼核的营养成分[J].食品科技,2004,1:93-94
XIAO Geng-sheng, HUANG Ru-qiang, ZENG Qing-xiao, et al.Nutrition composition of *Longan* seeds [J]. Food Science and Technology, 2004, 1: 93-94

[3] 邱松山,李颖,姜翠翠,等.龙眼加工废弃物的综合利用探讨[J].甘肃农业科技,2016,5:59-63
QIU Song-shan, LI Ying, JING Cui-cui, et al. Comprehensive utilization of *Longan* processing waste [J]. Gansu Agricultural Technology, 2016, 5: 59-63

[4] 王茜,徐文国,马联弟,等.食品中微量、痕量元素的不同检测方法的比较[C]//中国化学会第二十五届学术年会论文摘要集(下册).北京:中国化学会,2006:441
WANG Qian, XU Wen-guo, MA Lian-di, et al. Comparison of different detection methods for trace elements and trace elements in food [C]//Summary of the Paper Abstract of the 25th Academic Annual Conference of the Chinese Chemical Society. Beijing: Chinese chemical society, 2006:441

[5] 左映平,梁志.龙眼核的研究现状[J].轻工科技, 2010, 26(5): 7-8
ZUO Ying-ping, LIANG Zhi. The Research Status of the *Longan* seeds [J].Light Industry Science and Technology, 2010, 26(5): 7-8

[6] 李川山,陈晔.植物精油提取工艺研究进展[J].大众科技,2010,9:86-87
LI Chuan-shan, CHEN Ye. Research progress of extraction process of plant essential oils [J]. Mass Technology, 2010, 9: 86-87

[7] 蔡基智,林杰.植物精油提取新技术的研究进展[J].精细与专用化学品,2012,20(1):14-16
CAI Ji-zhi, LIN Jie. Advances in the extraction of new technologies from plant oils [J]. Fine and Specialty Chemicals, 2012, 20(1): 14-16

[8] 疏秀林,施庆珊,欧阳友生等.植物精油的抗菌特性及在食品工业中应用研究新进展[J].生物技术,2006,16(6):89-92
SHU Xiu-lin, SHI Qing -shan, OUYANG You-sheng, et al. New developments of the antimicrobial activities of essential oils and its application in food industry [J]. Biotechnology, 2006, 16(6): 89-92

[9] 周晓薇,王静,顾镍等.植物精油对果蔬防腐保鲜作用研究进展[J].食品科学,2010,31(21):427-430
ZHOU Xia-owei, WANG Jing, GU Nie et al. Research on the effect of plant essential oil on preservative preservation of fruits and vegetables [J]. Food Science, 2010, 31(21): 427-430

[10] 张媛媛,李艳利,李书国.植物源食品防腐剂抑菌机理和效果及在食品保鲜中的应用[J].粮油食品科技,2014,22(4):48-53
ZHANG Yuan-yuan, LI Yan-li, LI Shu-guo.The antibacterial mechanism and effect of plant source food preservatives and its application in food preservation [J]. Grain and Oil Food Technology, 2014, 22(4): 48-53

[11] 段伟丽,包怡红.植物精油在食品保鲜中的应用研究[J].中国林副特产,2015(1):94-97
DUAN Wei-li, BAO Yi-hong. A study on the application of plant essential oils in food preservation [J].China Forest Sub-specialty, 2015(1): 94-97

[12] 韩林,汪开拓,郭冬琴等.龙眼核精油对采后草莓的保鲜效果[J].食品工业科技,2015(11):309-313
HAN Lin, WANG Kai-tuo, GUO Dong-qin et al. Effects of *Longan* essential oil on the preservation of strawberry after harvest [J]. Food Industry Technology, 2015(11): 309-313

[13] 王萍,葛丽花.阿魏酸低聚糖的体外抗氧化性质的研究[J].食品研究与开发,2007,28(3):8-11
WANG Ping, GE Li- hua. Study on antioxidation of feruloylated oligosaccharides [J]. Food Research and Development, 2007, 28 (3): 8-11.

[14] KUMARAN A, UMARAN A, KARUNAKARAN R J. Antioxidant and free radical scavenging activity of an aqueous extract of *Coleus* aromaticus [J]. Food Chemistry, 2006, 97(1): 183-186

[15] 郭瑜,郝慧娟,王晓闻,等.核桃壳提取物体外抗氧化活性研究[J].山西农业大学学报(自然科学版),2014,34(3):262-265
GUO Yu, HAO Hui-juan, WANG Xiao-wen, et al. Study on *in vitro* antioxidant activity of walnut shell extract [J]. Journal of Shanxi Agricultural University (Natural Science Edition), 2014, 34(3): 262-265

[16] 刘世民.洋葱对亚硝酸盐清除作用的研究[J].食品工业科技,2004,25(2):81-82
LIU Shi-min. Study on the effect of *onions* on nitrite clearance [J]. Science and Technology of Food Industry, 2004, 25(2): 81-82

[17] 林河通,席玙芳,陈绍军.龙眼果实采后失水果皮褐变与活性氧及酚类代谢的关系[J].植物生理与分子生物学学报,2005,31(3):287-297
LIN He-tong, SE Yu-fang, CHEN Shao-jun. *Longan* fruit postharvest filtration pericarp browning and reactive oxygen species and the relationship between the phenolic metabolism [J]. Journal of Plant Physiology and Molecular Biology, 2005,

31(3): 287-297

[18] 林河通,陈绍军,席玙芳.采收期对龙眼果实品质和耐贮性的影响[J].农业工程学报,2003,19(06):179-184
LIN He-tong, CHEN Shao-jun, SE Yu-fang. Harvest time of *Longan* fruit quality and the effect of water resistance [J]. Journal of Agricultural Engineering, 2003, 12(6): 179-184

[19] 宋姝婧,王晓拓,王志东,等.5 种植物精油对樱桃番茄常温保鲜效果的影响[J].核农学报,2015,29(5):0932-0939
SONG Shu-jing, WANG Xiao-tuo, WANG Zhi-dong, et al. The effects of five kinds of essential oils on the preservation effect of *cherry tomatoes* [J]. Nuclear Agriculture Journal, 2015, 29(5): 0932-0939

[20] 邱瑞瑾,谭新东,龙志荣等.茶多酚对采后龙眼果实的保鲜作用[J].食品研究与开发,2016,37(12):183-186
QIU Rui-jin, TAN Xin-dong, LONG Zhi-Rong, et al. The preservation effect of tea polyphenol on the fruit of *Longan* after harvest [J]. Food Research and Development, 2016, 37 (12): 183-186

[21] 韦霁,卢家炯,莫海涛等.甘蔗汁提取物抗氧化活性初步研究[J].轻工科技,2006,22(1):11-14
Wei Ji, Lu Jia-jiong, Mo Hai-tao, et al. Pilot study on antioxidant active substance extracted from cane juice [J]. Light Industry Science and Technology, 2006, 22(1): 11-14

[22] 丁玲强,胡丽杰,王金芳,等.野生沙米提取物清除羟基自由基的研究[J].食品研究与开发,2008,29(2):47-50
DING Ling- qiang, HULi- jie, WANGJin- fang, et al. Studies on scavenging effects on hydroxyl radical of the extraction from *Agriopllyllum squarrosum* [J].Food Research and Development, 2008, 29(2): 47-50

[23] 文良娟,李英军,毛慧君等.龙眼核的营养成分及其活性物质的抗氧化性能研究[J].食品科学,2010,31(1):243-246
WEN Liang-juan, LI Ying-jun, MAO Hui-jun, et al. Nutrients and antioxidant activity of *Longan* Seeds [J]. Food Science, 2010, 31(1): 243-246

[24] 孔祥佳,林瑜,林河通等.低温贮藏对晚熟龙眼“立冬本”果实采后生理和品质的影响[J].包装与食品机械,2008,26(1): 1-6
KONG Xiang-jia, LINYu, LIN He-tong. The effects of low temperature storage on the physiology and quality of the fruits of the late-maturing *Longan* "Lidongben" [J]. Packaging and Food Machinery, 2008, 26(1): 1-6

[25] 赵云峰,林河通,林娇芬等.龙眼果实采后呼吸强度、细胞膜透性和品质的变化[J].福建农林大学学报,2005,34(2):263-268
ZHAO Yun-feng, LIN He-tong, LIN Jiao-fen et al. Changes of respiration intensity, cell membrane permeability and quality of *Longan* fruits [J]. Journal of Fujian Agricultural and Forestry University, 2005, 34 (2): 263-268

[26] YINGSANGA P, SRILAONG V, KANLAYANARAT S, et al. Relationship between browning and related enzymes (PAL, PPO and POD) in rambutan fruit (*Nephelium lappaceum* Linn.) cvs. Rongrien and See-Chompoo [J]. Postharvest Biology & Technology, 2008, 50(2-3): 164-168