



黄雪梅, 黄烈健, 王莹, 等. 油梨品种桂垦3号和哈斯后熟生理和营养品质比较[J]. 华南农业大学学报, 2015, 36(3): 59-64.

油梨品种桂垦3号和哈斯后熟生理和营养品质比较

黄雪梅¹, 黄烈健², 王莹¹, 张昭其¹

(1 华南农业大学 园艺学院, 广东 广州 510642; 2 中国林业科学研究院 热带林业研究所, 广东 广州 510520)

摘要:【目的】比较我国2个主栽油梨 *Persea americana* 品种桂垦3号和哈斯的后熟生理和营养品质.【方法】2个品种采收后在20℃条件下自然后熟8 d, 测定后熟过程中乙烯释放量和呼吸速率等生理变化以及含油量等营养品质的变化.【结果和结论】桂垦3号的乙烯峰出现在第5天, 比哈斯提前1 d, 且峰值约为哈斯的5倍. 后熟过程中果肉的纤维素酶、果胶甲酯酶活性高于哈斯, 而原果胶和可溶性果胶含量低于哈斯, 果肉膜透性大于哈斯, 硬度则低于哈斯. 后熟过程中, 2个品种果肉中油脂含量、可溶性蛋白含量以及类胡萝卜素含量均不断上升, 而可溶性糖含量不断下降; 哈斯的果肉含油量在整个后熟过程中高于桂垦3号, 两者完熟后的油质量分数分别为21.0%和11.7%, 而哈斯的可溶性蛋白、可溶性糖以及类胡萝卜素含量在整个后熟过程中低于桂垦3号, 完熟后哈斯可溶性蛋白、类胡萝卜素质量分数分别为 $9.1\text{ mg} \cdot \text{g}^{-1}$ 、 $6.2\text{ }\mu\text{g} \cdot \text{g}^{-1}$, 而桂垦3号分别为 $17.7\text{ mg} \cdot \text{g}^{-1}$ 和 $7.8\text{ }\mu\text{g} \cdot \text{g}^{-1}$. 桂垦3号比哈斯更易成熟软化, 哈斯在含油量品质上高于桂垦3号, 而桂垦3号在可溶性蛋白、类胡萝卜素含量品质上高于哈斯.

关键词:油梨; 后熟; 果胶甲酯酶; 纤维素酶; 营养品质; 含油量; 蛋白质含量

中图分类号: S667.9

文献标志码: A

文章编号: 1001-411X(2015)03-0059-06

A comparative study of postharvest physiology and nutrient components between Guiken 3 and Hass avocado fruits

HUANG Xuemei¹, HUANG Liejian², WANG Ying¹, ZHANG Zhaoqi¹

(1 College of Horticulture, South China Agricultural University, Guangzhou 510642, China;

2 Research Institute of Tropical Forestry, Chinese Academy of Forestry, Guangzhou 510520, China)

Abstract:【Objective】Guiken 3 and Hass are the two main avocado, *Persea americana*, cultivars in China. The differences in postharvest physiology and nutrient components between Guiken 3 and Hass avocado during the ripening process were compared.【Method】The fruits of Guiken 3 and Hass were harvested and allowed to ripen at 20℃. The physiological changes in postharvest and nutrient components during the fruit ripening process were determined.【Result and conclusion】A climacteric ethylene peak of Guiken 3 was observed on the 5th day, one day earlier than that in Hass, and the peak value was about 5 times higher than that of Hass. During the ripening process, pectinmethylesterase and cellulase activities of Guiken 3 pulp were higher than those in Hass, and propectin pectin and soluble pectin contents were lower than those in Hass. Moreover, cell membrane permeability of Guiken 3 pulp was higher and the pulp firmness was lower than those of Hass. The oil, protein and carotenoid contents increased during the fruit ripening process, while soluble carbohydrate content decreased. The oil content of Hass pulp remained at a higher level during the ripening process than that of Guiken 3 pulp. The oil content reached

收稿日期: 2014-01-23 优先出版时间: 2015-04-14

优先出版网址: <http://www.cnki.net/kcms/detail/44.1110.s.20150414.0934.012.html>

作者简介:黄雪梅(1969—),女,副研究员,博士,E-mail: xmhuang@scau.edu.cn; 通信作者:黄烈健(1971—),男,副研究员,博士,E-mail: 13802987948@163.com

基金项目:国家林业局948项目(2004-C06)

21.0% and 11.7% in the ripened Hass and Guiken 3 fruits, respectively. But the soluble protein, soluble carbohydrate and carotenoid contents of Hass pulp remained at lower levels compared with those of Guiken 3. In the ripened Hass fruits, the contents of soluble protein and carotenoid reached $9.1\text{ mg} \cdot \text{g}^{-1}$ and $6.2\text{ }\mu\text{g} \cdot \text{g}^{-1}$, respectively, while in Guiken 3, they were $17.7\text{ mg} \cdot \text{g}^{-1}$ and $7.8\text{ }\mu\text{g} \cdot \text{g}^{-1}$, respectively. These results indicate that Guiken 3 avocado fruits ripen and soften more quickly than Hass, and Hass has a higher contents of oil, while Guiken 3 has higher contents of soluble protein and carotenoid.

Key words:avocado; ripening; pectinmethylesterase; cellulase; nutrient component; oil; protein

油梨 *Persea americana* 别名鳄梨、樟梨、酪梨或牛油果,为樟科油梨属常绿乔木.其果实具有很高的营养保健价值,果肉富含人体必需的脂肪酸、蛋白质和各种维生素等,脂肪含量高达其鲜果质量的 20% 以上,居于所有水果之冠,故有“森林黄油”的美誉^[1].从油梨果肉中提取出的油梨油更是受到人们的青睐,国外广泛应用于香皂、香波、面霜、眼霜和防晒霜等多种护肤品^[2].

油梨是典型的呼吸跃变型果实,采收后置于 20℃ 条件下 1 周左右完成后熟.后熟过程出现明显的呼吸和乙烯高峰并伴随其他生理变化^[3-5],部分果实果皮变褐,果肉腐烂,丧失食用价值,损失率最高可达 40% 以上,严重影响了油梨的商业化生产^[6].低温贮藏可有效减慢油梨的后熟生理变化,但 7℃ 以下低温易导致油梨发生冷害^[7-8].

尽管油梨营养价值高,但由于我国油梨种植仍缺乏优良品种^[9],且保鲜技术研究滞后,导致油梨在我国的栽培始终没有得到较大面积的推广.桂垦 3 号为我国自主选育的高产优质油梨品种,哈斯是目前世界主栽的优良油梨品种,产量占世界油梨总产量的 50% 以上^[10].本文比较了桂垦 3 号和哈斯 2 个油梨品种在后熟过程中相关生理及营养品质的动态变化,旨在进一步提高桂垦 3 号油梨贮藏保鲜技术,进一步推动油梨在我国大面积推广种植.

1 材料与方法

1.1 材料

油梨品种为桂垦 3 号(2001 年从广西引进,2002 年种植于广东省鹤山市,2008 年 9 月采收,平均单果质量 280 g)、哈斯(2001 年从以色列引进,2002 年种植于广东省鹤山市,2008 年 11 月采收,平均单果质量 180 g),采收后立即运回实验室.

选择果形、果色、大小一致的桂垦 3 号或哈斯油梨果 100 个,用 $1\text{ }000\text{ }\mu\text{g} \cdot \text{mL}^{-1}$ 的施保功溶液浸泡 1 min,晾干,5 个为 1 组装入篮框,套上聚乙烯袋,贮于

20℃ 冷库中,分别在 0、2、4、6 和 8 d 取样观察和测定.每次随机取 3 组油梨果实,每组取 3 个果实测定硬度,然后取一半果肉测定相对膜透性,另一半果肉切碎混匀分装,置于 -80℃ 条件下待用.每组取 1 个果实用于乙烯和呼吸的测定.

1.2 乙烯释放量和呼吸速率的测定

参考庞学群等^[11]的方法.取 4 组油梨果实,每天测定乙烯释放量和呼吸速率的变化.乙烯释放量的测定仪器为 GC-2014C 型气相色谱仪,FID 检测器检测,He 为载气,H₂ 为燃气,柱温 80℃.每处理 3 个重复,每重复测 3 次.呼吸速率(CO₂ 释放量)的测定仪器为日本岛津 G-3900 型气相色谱仪,TCD 检测器检测,He 为载气,H₂ 为燃气,柱温 50℃.每处理 3 个重复,每重复测 3 次.以鲜质量为基础,乙烯释放量和呼吸速率单位分别为 $\mu\text{L} \cdot \text{g}^{-1} \cdot \text{h}^{-1}$ 和 $\mu\text{g} \cdot \text{g}^{-1} \cdot \text{h}^{-1}$.

1.3 果实硬度的测定

参考庞学群等^[12]的方法.油梨果实纵切后,用美国 INSTRON-5542 型果蔬硬度计测定切口赤道果肉的硬度,探头直径 4 mm,单位:N.每处理测定 5 个油梨果实,重复 3 次.

1.4 相对膜透性的测定

参考王海波等^[13]的方法.用 0.5 mm 打孔器切取油梨果肉组织并切成厚 2 mm 的薄片,每处理取 5 个油梨果实,每果实取 10 片为 1 组.重复 3 次.

1.5 果胶甲酯酶活性的测定

参考 Hagerman 等^[14]的方法.取油梨果肉 1 g,加入 $88\text{ g} \cdot \text{L}^{-1}$ 的冷 NaCl 4 mL,冰浴研磨,12 000 r · min⁻¹,4℃ 条件下离心 10 min,取上清液.调节 pH 7.5,用于酶活性的测定.测定前上清液、果胶、指示剂、水 pH 均调为 7.5,反应体系:5 mg · mL⁻¹ 的果胶溶液 2.0 mL,0.1 g · L⁻¹ 溴麝香酚兰 0.15 mL,0.75 mL H₂O,0.1 mL 的酶液,以水为对照,测定 $D_{620\text{ nm}}$ 的变化,重复 3 次.以 1 min 内 $D_{620\text{ nm}}$ 减少 0.01 为 1 个酶活力单位(U),以鲜质量为基础,酶活性单位表示为 U · g⁻¹.

1.6 纤维素酶活性的测定

参考董建华^[15]的方法. 取油梨果肉 1 g, 加 5 mL、0.1 mol · L⁻¹ pH6.4 的醋酸缓冲溶液, 冰浴中匀浆, 4 ℃ 条件下、8 000 r · min⁻¹ 离心 15 min, 上清液为粗酶液. 吸取 0.2 mL 粗酶液、1.8 mL 羧甲基纤维素钠溶液(CMC), 50 ℃ 水浴 30 min, 加入 3,5-二硝基水杨酸溶液 2 mL, 沸水浴 10 min, 冷却后加水至 15 mL, 混匀后测 $D_{550\text{ nm}}$, 重复 3 次. 以鲜质量为基础, 以反应产物葡萄糖的质量表示纤维素酶活性, 单位表示为 $\mu\text{g} \cdot \text{g}^{-1} \cdot \text{min}^{-1}$.

1.7 原果胶、可溶性果胶含量的测定

参考韩雅珊^[16]的方法测定. 称取油梨果肉 2.0 g, 用 50 mL 体积分数为 95% 的乙醇, 在沸水浴上加热 30 min 分离可溶性果胶. 沉淀物加 0.5 mol · L⁻¹ 硫酸 100 mL, 在沸水浴上加热 1 h, 以水解原果胶作为原果胶测定液. 吸取可溶性果胶溶液和原果胶溶液各 1 mL, 加浓硫酸 6 mL, 在沸水浴加热 20 min, 加入 1.5 mg · mL⁻¹ 呋唑乙醇溶液 0.2 mL, 摇匀, 暗处放置 2 h, 测 $D_{530\text{ nm}}$, 重复 3 次. 原果胶和可溶性果胶质量分数以鲜质量为基础, 单位表示为 $\text{mg} \cdot \text{g}^{-1}$.

1.8 果肉含油量(粗脂肪)的测定

残余法. 称取油梨果肉 2 g, 放入滤纸袋中, 置于烘箱中 110 ℃ 条件下杀青 20 min, 之后降温至 70 ℃ 烘到恒质量, 称质量(m_1); 随后将烘好的果肉连同滤纸袋一并放入石油醚中, 更换石油醚 2~3 次, 直至石油醚透明后取出, 待石油醚挥发完全后称质量(m_2). 测定重复 3 次. 计算出油率:

出油率 = ($m_1 - m_2$) / 2 × 100%.

1.9 可溶性蛋白含量的测定

称取油梨果肉样本 0.5 g, 按考马斯亮蓝法^[17]测

$D_{595\text{ nm}}$, 重复 3 次. 根据牛血清蛋白标准曲线查得相应的蛋白质质量分数, 计算样品蛋白质质量分数, 单位以鲜质量为基础, 以 $\text{mg} \cdot \text{g}^{-1}$ 表示.

1.10 可溶性糖的测定

精确称取油梨果肉样本 0.3 g, 按蒽酮试剂法^[18]测 $D_{620\text{ nm}}$, 重复 3 次. 根据标准曲线上查得的相应葡萄糖质量分数计算样品可溶性糖质量分数, 单位以鲜质量为基础.

1.11 类胡萝卜素的测定

消光系数法^[19]. 称取油梨果肉样本 1 g 于 50 mL 具塞试管中, 加石油醚 20 mL, 浸泡 24 h 后, 吸取提取液, 在 1 cm 的比色皿中测定其 $D_{445\text{ nm}}$, 并以石油醚作空白, 重复 3 次. 按下式计算:

$$X = D_{445\text{ nm}} V \times 10^4 / (A m_{\text{样}}),$$

其中, X : 总类胡萝卜素质量分数 ($\mu\text{g} \cdot \text{g}^{-1}$), 以鲜质量为基础; V : 样品最后定容的体积 (mL); $m_{\text{样}}$: 所称样品质量 (g); A : 类胡萝卜素的平均消光系数, 为 2 500.

2 结果与分析

2.1 2个油梨品种在后熟过程中的乙烯释放量和呼吸速率的变化

在 20 ℃ 贮藏 8 d 过程中, 桂垦 3 号在第 5 天出现急剧的乙烯峰, 乙烯释放量 $764\text{ }\mu\text{L} \cdot \text{g}^{-1} \cdot \text{h}^{-1}$, 哈斯出峰缓和, 比桂垦 3 号迟到 1~2 d, 峰值约为桂垦 3 号的 1/5 (图 1A). 随着贮藏时间的延长, 哈斯在第 3 天出现呼吸速率高峰, 可达 $131\text{ }\mu\text{g} \cdot \text{g}^{-1} \cdot \text{h}^{-1}$, 而桂垦 3 号的呼吸速率高峰在第 5 天出现, 峰值略高于哈斯 (图 1B).

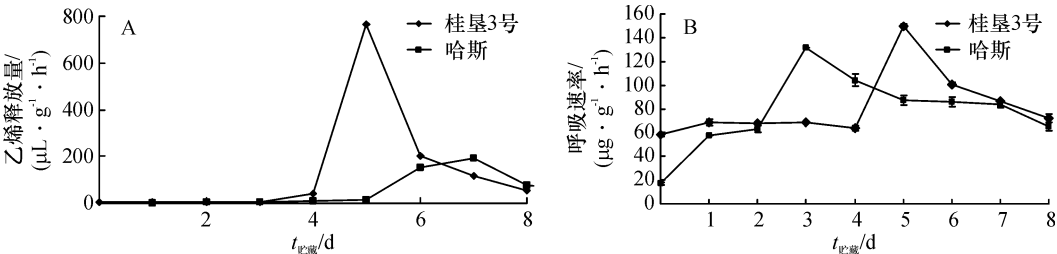


图1 桂垦3号和哈斯油梨在20℃贮藏过程中乙烯释放量和呼吸速率的变化
Fig.1 Changes of ethylene production rate and respiration rate in Guiken 3 and Hass avocado fruits during storage at 20 ℃

2.2 2个油梨品种在后熟过程中的纤维素酶及果胶甲酯酶活性的变化

桂垦3号和哈斯油梨果肉的纤维素酶活性呈上升的趋势,但在贮藏中期桂垦3号的纤维素酶活性明显高于哈斯,第8天时酶活性分别高达243和226

$\mu\text{g} \cdot \text{g}^{-1} \cdot \text{min}^{-1}$ (图 2A). 2 个品种油梨的果胶甲酯酶活性较高, 分别为 3.7 和 3.5 $\text{U} \cdot \text{g}^{-1}$, 从第 4 天起明显下降, 哈斯的果胶甲酯酶活性下降较早、较快, 因此在整个后熟期间桂垦 3 号的果胶甲酯酶活性始终高于哈斯 (图 2B).

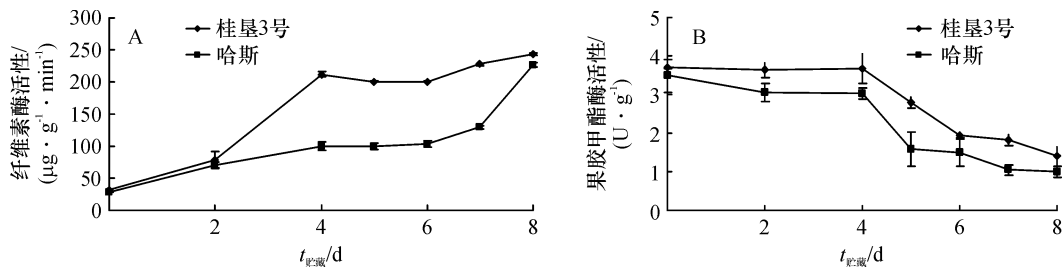


图2 桂垦3号和哈斯油梨在20℃贮藏过程中纤维素酶和果胶甲酯酶活性的变化

Fig.2 Changes of cellulase and pectinmethylesterase activities in Guiken 3 and Hass avocado fruits during storage at 20 °C

2.3 2个油梨品种在后熟过程中的原果胶和可溶性果胶含量的变化

后熟初始时(第0天)哈斯油梨果肉原果胶质量分数高于桂垦3号油梨,分别为9.0和7.2 mg · g⁻¹.之后2个品种油梨果肉的原果胶含量均缓慢下降,哈斯果

肉的原果胶含量始终高于桂垦3号(图3A).后熟过程中可溶性果胶含量呈上升趋势,除了第2天两者无差异外,其他时间桂垦3号果肉可溶性果胶含量均低于哈斯(图3B).

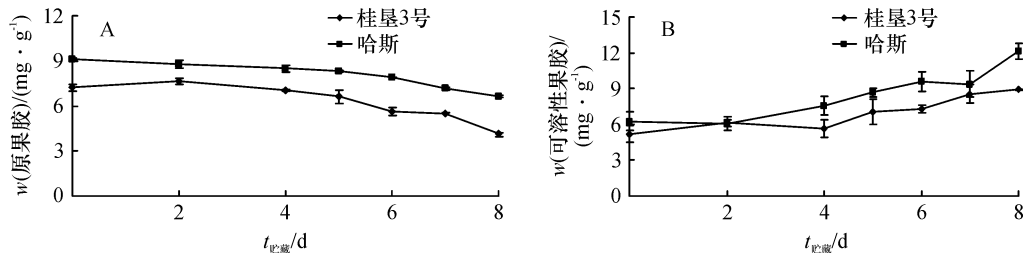


图3 桂垦3号和哈斯油梨在20℃贮藏过程中原果胶和可溶性果胶的变化

Fig.3 Changes of propectin and soluble pectin in Guiken 3 and Hass avocado fruits during storage at 20 °C

2.4 2个油梨品种在后熟过程中膜透性和硬度的变化

后熟过程中2个品种油梨的膜透性呈上升趋势,桂垦3号果肉的初始膜透性高于哈斯,贮藏第8天,2个品种油梨果肉相对电导率均达到最大值,分别为37.1%和29.5%(图4A).桂垦3号油梨果肉初

始的硬度低于哈斯油梨果肉,随着果实后熟,2个品种油梨的硬度呈下降趋势.桂垦3号果肉硬度始终低于哈斯果肉.但桂垦3号软化时间先于哈斯,它们分别在第4和第5天果肉硬度急剧下降,第7和第8天达到可食硬度(图4B).

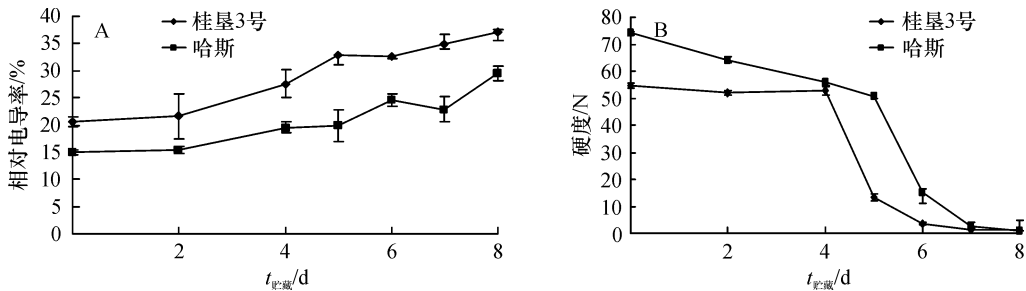


图4 桂垦3号和哈斯油梨在20℃贮藏过程中相对电导率和硬度的变化

Fig.4 Changes of cell membrane permeability and flesh firmness in Guiken 3 and Hass avocado fruits during storage at 20 °C

2.5 2个油梨品种在后熟过程中营养品质的变化

后熟过程中,哈斯油梨的含油量高于桂垦3号(图5A).哈斯油梨果肉初始的油质量分数(13.5%)明显高于桂垦3号(3.2%).哈斯油梨油质量分数在贮藏5d后迅速上升,第8天达到21.0%.桂垦3号油质量分数逐渐上升,第8天达到11.7%(图5A).

桂垦3号果肉初始的可溶性蛋白质量分数(14.6 mg · g⁻¹)明显高于哈斯油梨(3.6 mg · g⁻¹).后熟过程中,2个品种油梨的可溶性蛋白含量逐渐上升,第7天桂垦3号和哈斯的可溶性蛋白质量分数分别达17.7和9.1 mg · g⁻¹,第8天略下降(图5B).后熟过程中,桂垦3号油梨的可溶性蛋白高于哈斯(图5B).

桂垦3号果肉初始的可溶性糖质量分数(11.2%)明显高于哈斯油梨(5.4%)。后熟过程中,2个品种油梨的可溶性糖含量总体呈下降趋势,第8天降低到1.8%左右(图5C)。

桂垦3号果肉初始的类胡萝卜素质量分数($5.6\text{ }\mu\text{g}\cdot\text{g}^{-1}$)明显高于哈斯油梨($3.0\text{ }\mu\text{g}\cdot\text{g}^{-1}$)。后熟过

程中,2个品种油梨的类胡萝卜素含量有所上升,桂垦3号在第5天达到最高,哈斯在第7天达到最高,随后都开始下降,第7天桂垦3号和哈斯的类胡萝卜素质量分数分别为 7.8 和 $6.2\text{ }\mu\text{g}\cdot\text{g}^{-1}$ (图5D)。后熟过程中,桂垦3号油梨的类胡萝卜素含量高于哈斯(图5D)。

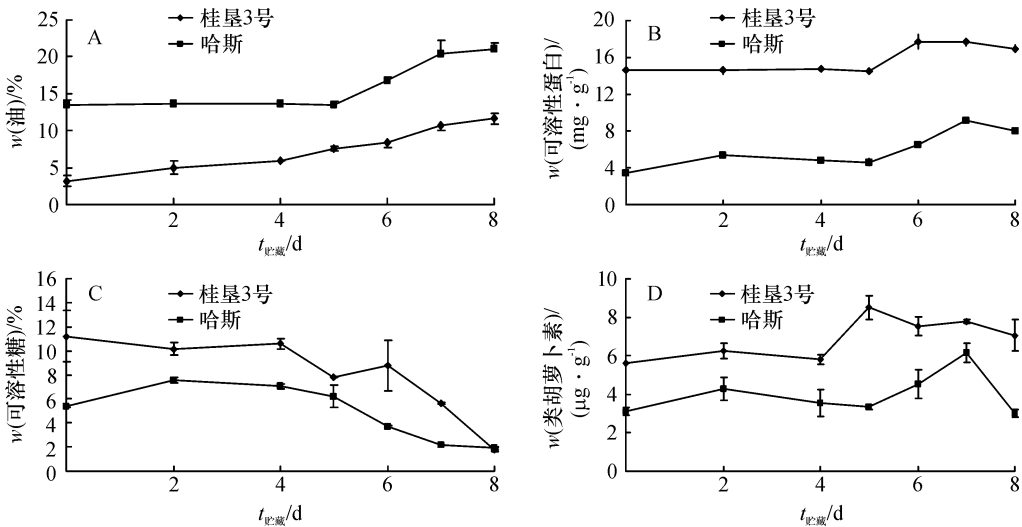


图5 桂垦3号和哈斯油梨20℃贮藏过程中油、可溶性蛋白、可溶性糖和类胡萝卜素含量的变化

Fig. 5 Changes of oil, soluble protein, soluble sugar and carotenoid contents in Guiken 3 and Hass avocado fruits during storage at 20 °C

3 讨论与结论

3.1 桂垦3号和哈斯油梨后熟的生理特点和差异

油梨采后的呼吸跃变发生在20~35℃范围内,在20℃条件下后熟时间为6 d,25℃为5 d,30~35℃为4 d,40℃时乙烯的合成受到抑制,果实不能后熟^[20]。本研究表明,油梨果实跃变前已开始活跃的生理生化变化:果胶甲酯酶和纤维素酶分别在后熟阶段前期和后期表现出高活性;由于这2个酶的作用,从第4天开始细胞壁降解,原果胶减少,可溶性果胶增多,细胞膜透性明显增加,果肉硬度明显下降,即果实开始软化。桂垦3号和哈斯的乙烯峰分别出现在第5和第6天,呼吸峰分别出现在第5和第3天。前人研究也有相似的结果,哈斯油梨在采收第5天电导率明显增加,而乙烯峰出峰在第7天^[5];油梨品种Fuerte采收后,果胶甲酯酶下降,纤维素酶则在呼吸增加时开始增加,而乙烯迟1.5 d后才开始释放^[3]。因此,在油梨果实发生呼吸跃变之前,细胞壁降解酶类活性、细胞透性等已开始发生明显变化。

本研究表明,20℃条件下桂垦3号比哈斯更易成熟软化,体现在后熟期间桂垦3号果肉中的纤维

素酶和果胶酯酶活性、膜透性高于哈斯,而硬度低于哈斯,乙烯峰比哈斯提早1 d出现且峰值是哈斯的5倍,这可能与它们发育和成熟季节的差异有紧密联系。桂垦3号在3—5月开花,果实成熟采收期在9—11月^[10],此时华南地区仍是高温高湿天气,而哈斯在3—4月开花,果实在11月至翌年2月成熟采收^[10,21],此时气温偏低。

3.2 桂垦3号和哈斯油梨后熟过程中营养物质变化特点和差异

油梨采收时质地坚硬,经后熟软化后显现出高脂肪、高蛋白、高维生素等绝佳的食用品质。本研究发现,2个油梨品种在后熟过程中可溶性糖含量大幅度减少,而含油量、可溶性蛋白质和类胡萝卜素含量明显增加,这与果实中贮藏的有机物质逐渐水解产生单糖供果实利用,如作为呼吸基质或作为合成脂肪和蛋白质的碳架等有关。整个后熟过程中,哈斯油梨果肉的含油量明显高于桂垦3号,而桂垦3号油梨果肉的蛋白质、可溶性糖及类胡萝卜素含量均高于哈斯。在完全后熟的果实中,哈斯的油质量分数(21%)高于桂垦3号(11.7%),而桂垦3号的可溶性蛋白、类胡萝卜素质量分数(分别为 $17.7\text{ mg}\cdot\text{g}^{-1}$ 、 $7.8\text{ }\mu\text{g}\cdot\text{g}^{-1}$)明显高于哈斯(分别为 $9.1\text{ mg}\cdot\text{g}^{-1}$ 、

6.2 $\mu\text{g} \cdot \text{g}^{-1}$).

研究表明:哈斯果实较小型,稳产、优质,而桂垦3号果实较大型,早产、丰产^[10].桂垦3号比哈斯更易成熟软化,哈斯在含油量上较优,而桂垦3号在可溶性蛋白和类胡萝卜素含量上较优.综合以上特点,认为2个品种均适宜在我国推广种植,尤其需要加强桂垦3号保鲜技术的研究,以满足营养保健水果市场的不同需求.

参考文献:

- [1] 张诒仙. 油梨[J]. 热带农业科学, 1985 (4): 67-74.
- [2] 何国祥, 廖旭辉. 油梨油的提取精制及其开发利用前景[J]. 广西轻工业, 1997 (2): 21-28.
- [3] AWAD M, YOUNG R E. Postharvest variation in cellulose, polygalacturonase, and pectinmethylesterase in avocado (*Persea americana* Mill cv. Fuerte) fruits in relation to respiration and ethylene production[J]. Plant Physiol, 1979, 64(2): 306-308.
- [4] 孙明增, 董建华. 油梨实生树果实后熟过程的几项生理变化[J]. 热带作物研究, 1991(2): 52-56.
- [5] MONTOYA M M, DE LA PLAZA J L, LOPEZ-RODRIGUEZ V. Relationship between changes in electrical conductivity and ethylene production in avocado fruits [J]. Lebensmittel-Wissenschaft and Technologie, 1994, 27(5): 482-486.
- [6] 刘秀娟, 杨业铜, 黄圣明, 等. 油梨果实真菌潜伏侵染的研究[J]. 热带作物学报, 1993, 14(2): 99-103.
- [7] 黄雪梅, 黄烈健, 王莹, 等. 桂垦3号油梨贮藏保鲜技术的研究[J]. 广东农业科学, 2009(9): 140-143.
- [8] 黄烈健, 王莹, 陈祖旭, 等. 哈斯油梨贮藏保鲜技术的研究[J]. 中国南方果树, 2010, 39(1): 41-44.
- [9] 何国祥, 陈海红. 世界油梨产销概况及我国油梨发展前景[J]. 中国热带农业, 2008(2): 31-33.
- [10] 何国祥, 陈海红. 油梨优良新品种及其栽培技术要点[J]. 中国热带农业, 2005(5): 33-35.
- [11] 庞学群, 黄雪梅, 李军, 等. 热水处理诱导香蕉采后抗病性及其对相关酶活性的影响[J]. 农业工程学报, 2008, 24(2): 221-225.
- [12] 庞学群, 陈燕妮, 黄雪梅, 等. 冷害导致砂糖橘果实品质劣变[J]. 园艺学报, 2008, 35(4): 509-514.
- [13] 王海波, 黄椿颖, 庞学群, 等. 茉莉酸甲酯诱导的采后香蕉果实耐冷性与活性氧信号的关系[J]. 中国农业科学, 2008, 41(4): 1165-1171.
- [14] HAGERMAN A E, AUSTIN P J. Continuous spectrophotometric assay for plant pectin methylesterase [J]. J Agric Food Chem, 1986, 34(3): 440-444.
- [15] 董建华. 不同贮藏方式对油梨果实完熟有关酶活性及呼吸速率的影响[J]. 热带作物学报, 1996, 17(2): 72-76.
- [16] 韩雅珊. 食品化学实验指导[M]. 北京: 中国农业大学出版社, 1992: 32-33.
- [17] 李合生. 植物生理生化实验原理和技术[M]. 北京: 高等教育出版社, 2000: 205-206.
- [18] 高俊凤. 植物生理学实验指导[M]. 北京: 高等教育出版社, 2006: 144-147.
- [19] 赵峰梅, 赵春贵, 赵邑, 等. 光合细菌 ZY2159 菌株发酵生产类胡萝卜素研究[J]. 食品科学, 2007, 28(6): 209-212.
- [20] 吴锦涛, 张昭其. 果蔬保鲜与加工[M]. 北京: 化学工业出版社, 2001: 64-67.
- [21] 覃立恩, 陈川, 陈海红. 哈斯油梨优质高产栽培技术[J]. 农业研究与应用, 2013(2): 54-57.

【责任编辑 李晓卉】