

## 枇杷果实糖酸积累的分子生理机制

秦巧平, 林飞凡, 张岚岚

(浙江农林大学 农业与食品科学学院, 浙江 临安 311300)

**摘要:** 糖酸含量及糖酸比是果实品质的重要指标。糖不仅决定果实甜度, 也是色素、氨基酸、维生素和芳香物质等其他营养成分合成的基础原料。果实有机酸与糖一起形成糖酸比, 决定果实风味, 同时, 果实有机酸作为呼吸底物为合成其他物质提供基础。糖酸比是影响果实口感的最主要因子。对糖酸代谢机制的阐明可为果树栽培管理及高品质育种提供理论依据。文章综述了近年来国内外有关枇杷 *Eriobotrya japonica* 糖酸代谢的生理学、分子生物学及栽培措施对糖酸积累的影响等方面的研究进展, 并结合笔者的研究经验提出未来在枇杷糖酸代谢机制与调控方面的主要研究重点: 进一步明确栽培措施和环境因子对果实糖酸代谢的影响及分子机制; 探明果实糖、酸运输的分子机制; 应用遗传工程调控果实糖酸组成; 探明糖积累与酸积累的相互作用机制。参 22

**关键词:** 园艺学; 枇杷; 果实; 糖; 有机酸; 代谢机制; 综述

**中图分类号:** S667.3      **文献标志码:** A      **文章编号:** 2095-0756(2012)03-0453-05

## Review of the studies on the accumulation mechanisms of sugar and organic acids in *Eriobotrya japonica* fruit

QIN Qiao-ping, LIN Fei-fan, ZHANG Lan-lan

(School of Agriculture and Food Science, Zhejiang A & F University, Lin'an 311300, Zhejiang, China)

**Abstract:** Sugar and acid content and sugar/acid ratio are the important indexes for fruit quality. Sugars not only determine fruit sweetness, but also provide raw materials for synthesis of pigment, amino acids, vitamins and other nutrients and aromatic substances. Fruit acids and sugar form sugar/acid ratio, which decides fruit flavor. Meanwhile, fruit organic acids provide respiratory substrates for the synthesis of other essential substances. Sugar/acid ratio is one of the most important determiner for fruit quality. Sugar and organic acid metabolism processes are extremely complicated, the two pathways are closely connected. Understanding towards sugar and acid accumulation mechanism would provide important theoretical basis for cultivation and breeding. This article reviews the recent research advances on loquat (*Eriobotrya japonica*) sugar acid metabolism, physiology, molecular biology, and cultivation, etc, which will be helpful for related areas. Combining the authors' research experience, the possible researching focuses on future loquat sugar and acid metabolic and regulation mechanism are proposed: further clarify the molecular mechanism of cultivation measures and environment factors on the fruit sugar and acid metabolism; ascertain the fruit sugar and acid transporting mechanisms; regulate fruit sugar and acid composition by genetic engineering technology; clarify the interaction mechanism of sugar accumulation and acid accumulation. [Ch, 22 ref.]

**Key words:** horticulture; *Eriobotrya japonica*; fruit; sugar; organic acid; metabolic mechanism; review

收稿日期: 2011-10-31; 修回日期: 2012-01-12

基金项目: 国家自然科学基金面上项目(31170638); 教育部留学回国人员科研启动基金资助项目(教外司留[2010]1561号); 浙江省自然科学基金资助项目(Y305222); 浙江农林大学青年教师创新团队项目(2009RC02); 浙江农林大学科研发展基金人才启动项目(2034020010)

作者简介: 秦巧平, 副研究员, 博士, 从事园艺植物分子生物学研究。E-mail: qinqp@zafu.edu.cn。通信作者: 张岚岚, 副教授, 博士, 从事园艺植物生物技术研究。E-mail: zlanapple@yahoo.com.cn

枇杷 *Eriobotrya japonica* 味道鲜美, 营养丰富, 且有很高保健价值, 深受消费者喜爱。糖和有机酸是果实食用品质的核心, 糖不仅决定果实甜度, 也是色素、氨基酸、维生素和芳香物质等其他营养成分合成的基础原料。果实有机酸与糖一起形成糖酸比, 决定果实风味, 同时, 果实有机酸作为呼吸底物为合成其他物质提供基础<sup>[1-2]</sup>。糖酸代谢过程极为复杂, 从 20 世纪 90 年代开始, 果实糖酸代谢机制逐渐受到关注, 随着分子生物学技术的发展, 其分子机制探索也在逐步深入。糖酸作为枇杷的重要品质指标, 对其机制的阐明可为栽培管理及高品质育种提供理论依据。本文综述了近年来有关枇杷糖酸代谢的生理学、分子生物学等方面的研究进展, 以期能为栽培管理和相关科学研究提供启示。

## 1 枇杷果实发育

枇杷一般秋冬开花, 果实于春末夏初成熟。Hirai<sup>[3]</sup>将枇杷果实的发育分为 2 个阶段: 第 1 阶段是以种子发育为代表的生长期; 第 2 阶段是以酸含量下降、色泽发育和果肉软化为代表的成熟期, 糖也在这一时期积累, 鲜质量增加。丁长奎和章恢志<sup>[4]</sup>将果实发育阶段进一步分为 4 个时期: 幼果滞长期、细胞迅速分裂期、果实迅速生长期和成熟期, 即单 S 形生长。幼果滞长期为果实发育的前 2 个月, 幼果发育基本处于停滞状态, 细胞分裂少, 之后由于气温转暖, 细胞分裂旺盛, 果实进入细胞迅速分裂期, 但果形增大缓慢; 在细胞分裂结束后果实进入迅速生长期, 细胞迅速膨大, 果实体积明显增大, 一直到果实充分成熟前 15~20 d, 果肉继续迅速增大, 直至成熟, 果皮由黄绿色转为黄色, 成熟时为橙红色或橙黄色, 果肉组织软化, 糖量提高, 酸量降低。

枇杷依据其果肉色泽可分为红肉(或红砂)和白肉(或白砂)2 类。白肉类为鲜食佳品, 汁多味甜、风味极佳, 但是果小、皮薄、果实不耐储运。红肉类果实品质不如白肉类, 但是树势强健, 抗冻力强, 为育种的优质材料。研究<sup>[5-6]</sup>表明, 白肉和红肉品种果实风味差异较大与果实类胡萝卜素含量的差异有关, 同时也与成熟果实中糖酸组成有直接关系。

## 2 成熟果实中的糖分组成及糖积累

### 2.1 不同品种糖分组成

研究显示: 不同枇杷品种成熟果实中的糖分组成差异较大。红肉枇杷品种‘田中’成熟果实中蔗糖最多, 其次为果糖和葡萄糖, 山梨醇仅占 1%~2%<sup>[3]</sup>。白肉品种‘宁海白’和红肉品种‘大红袍’均以积累果糖和葡萄糖为主, 成熟果实中蔗糖仅占总糖的 1.5%~3.0%, 山梨醇也极低(1.8%~3.7%), 但是, 白肉品种的果糖与葡萄糖分别比红肉品种高约 32%和 23%<sup>[7]</sup>。相反, 白肉品种‘甜种’‘荸荠种’‘冰糖种’成熟果实中以蔗糖为主(60%~70%), 其次是果糖(20%~30%)和葡萄糖(9%~11%), 而红肉品种‘宝珠’‘大叶杨墩’和‘大玫瑰红袍’等 3 种可溶性糖比较接近; 但是, 陈秋燕等<sup>[8]</sup>研究发现, 白肉品种果肉可溶性总糖高于红肉品种, 白肉品种蔗糖占总糖的比例显著高于红肉品种, 而葡萄糖含量则相反, 但果糖占总糖的比例在 2 类枇杷中比较接近。这些结果显示, 不同品种枇杷果实糖分组成差异较大, 这可能与遗传及栽培环境等均有关系。

### 2.2 果实糖的积累动态

不同枇杷品种果实糖的积累趋势大致相似, 糖在果实发育早期积累较缓慢, 果实膨大期后则迅速积累, 果实着色期后积累速度趋于平稳, 山梨醇在果实成熟期间转化为蔗糖、果糖和葡萄糖<sup>[9]</sup>。

Hirai<sup>[3]</sup>研究表明: 红肉枇杷‘田中’果实发育早期, 果实中的糖以山梨醇和果糖为主, 在果实发育后期, 蔗糖含量迅速增加, 成为主要的糖。陈俊伟等<sup>[7]</sup>则发现, 蔗糖在白砂品种‘宁海白’和红砂品种‘大红袍’2 个品种整个果实发育过程中变化不大, 山梨醇随果实发育呈下降趋势, 90%左右的果糖与葡萄糖是在成熟前 3 周内积累的。

综合以上研究结果可见: 山梨醇是枇杷果实在发育期间碳水化合物存在的主要形式, 在果实成熟期间山梨醇转化为蔗糖、果糖和葡萄糖, 成熟果实中糖分的组成及比例在品种间差异较大, 而在果实成熟期间, 由于酸含量的快速下降, 可溶性固形物含量与酸的比值随着果实成熟迅速上升。

### 2.3 果实糖代谢酶的动态变化

参与枇杷果实糖积累的酶主要有山梨醇脱氢酶(SDH)、山梨醇-6-磷酸脱氢酶(S6PDH)、酸性转化酶

(AI)、蔗糖合成酶(SS)、蔗糖磷酸合成酶(SPS)等。S6PDH 和 SDH 在果实发育前期酶活性较低,而后期则迅速上升,后期分解蔗糖的转化酶活性和合成蔗糖的 SS 和 SPS 活性均上升并伴随糖的积累<sup>[10]</sup>。陈俊伟等<sup>[7]</sup>发现:‘宁海白’和‘大红袍’AI 和 SS 分解活性和 SDH 的变化趋势基本类似,都是幼果期较高,此后随果实的发育呈下降趋势,到果实发育后期又转为上升直至成熟;SS 合成活性和 SPS 活性变化与前面几个酶的变化趋势不同之处是成熟时的活性又有所下降。‘宁海白’的 AI 和 SS 分解活性均高于‘大红袍’,特别是果实发育后期的 AI 活性远高于‘大红袍’,而 SDH 活性则相反。陈秋燕等<sup>[8]</sup>研究发现:白肉枇杷果实中性转化酶(NI)、酸性转化酶(AI)及 SS 合成方向和分解方向活性均低于红肉枇杷,2 类枇杷果肉蔗糖代谢酶的净活性均为负值,但红肉枇杷酶的净活性较低,蔗糖代谢酶活性与 2 类枇杷果肉可溶性糖和组成差异存在密切关系。倪照君等<sup>[9]</sup>研究发现:几种枇杷果实在发育过程中 AI, SS 和 SPS 的活性变化与 3 种糖积累的动态变化趋势相一致, N1 和 AI 活性在果实膨大期之前都较低,之后均快速上升;SS 和 SPS 的活性在果实膨大期之前都很低,随后白砂品种‘鸡蛋白’的活性迅速上升至果实成熟,而‘青种’和‘霸红’随果实成熟度的增加而升高,但均低于‘鸡蛋白’。综合以上结果可见,枇杷果实糖分积累主要是在果实发育后期,枇杷品种间糖含量的差异与其代谢酶的活性水平有很大关系,蔗糖代谢相关酶综合调控果实中糖的积累水平。

### 3 果实糖代谢分子生物学

枇杷果实糖酸积累的分子生物学研究报道极少。GenBank 中已经登录的枇杷糖代谢相关基因有:SDH(登录号:FJ485729, FJ481648)、山梨醇运输蛋白基因(登录号:FJ481118, FJ481649)和 SPS(登录号:HM146926, HM122759)。目前,有进一步研究报道的相关基因甚少。NAD-SDH 全长 1 572 bp, 开放阅读框为 1 023 bp, 编码 371 个氨基酸,与苹果 *Malus* 等植物 NAD-SDH 蛋白质的相似性较高(97.8%)。NAD-SDH 基因表达与蛋白质和酶活性变化一致,这表明该基因没有翻译后修饰存在,是在转录水平调节糖的积累。NAD-SDH 在果实发育前期表达较低,后期活性上升,在采收期略有下降<sup>[11]</sup>。此外,本课题组已经分离枇杷果实糖代谢相关基因(登录号:JF414121-JF414125),目前,正在对这些糖代谢相关基因功能进行研究。

### 4 果实中酸的组成

枇杷果实生长发育过程中通常有机酸含量逐渐增高,生长停止转入成熟阶段后,有机酸下降<sup>[12-15]</sup>。不同枇杷品种成熟果实中的有机酸组成差异较大,同一品种栽培在不同地方其酸度也有差异。多数枇杷品种成熟果实中苹果酸为主要有机酸,其次为奎尼酸,柠檬酸品种间差异较大,此外多数品种果实中还含有异柠檬酸、 $\alpha$ -酮戊二酸、富马酸、草酰乙酸、酒石酸、乳酸等<sup>[13-14,16]</sup>。陈发兴等<sup>[16]</sup>利用高效液相色谱(HPLC)技术测定了 18 个枇杷品种的成熟果肉中的有机酸组成及含量,并通过聚类分析,将 18 个品种分为极高酸、高酸、中酸、低酸和极低酸群。研究<sup>[12,14]</sup>显示:在枇杷果实发育前期,随着果实生长发育有机酸增加,而在果实发育后期有机酸降低,采收到成熟期有机酸降至最低。

### 5 果实中的有机酸代谢酶

果实中的有机酸代谢较为复杂,参与有机酸代谢的酶主要有磷酸烯醇式丙酮酸羧化酶(PEPC),柠檬酸合成酶(CS),乌头酸酶(Aco),异柠檬酸脱氢酶(IDH),NAD-苹果酸脱氢酶(NAD-MDH),NADP-苹果酸酶(NADP-ME),苹果酸合成酶(MS)和异柠檬酸裂解酶(ICL)。

Chen 等<sup>[15]</sup>发现:低酸和高酸品种果实中的酸的差异主要来自苹果酸,而这 2 个品种苹果酸的差异主要是 NAD-MDH 和 NADP-ME 的差异造成的,苹果酸与 PEPC 活性变化也呈线性关系,而 NAD-MDH 可能是有机酸代谢的主要酶。NAD-IDH, CS, NADP-ME 和 NAD-MDH 均是在果实发育早期活性较高,而后期则较低。

### 6 栽培措施对枇杷果实糖酸组成的影响

栽培管理措施(如套袋、大棚栽培)对枇杷果实糖含量及组成均有影响。套袋可使白砂枇杷果实可滴

定酸明显降低,可溶性固形物增加<sup>[17]</sup>。也有研究发现:套袋处理后枇杷果实总糖降低<sup>[18]</sup>。Polat等<sup>[19]</sup>研究发现:密植保护地栽培可以使果实较露地栽培提早成熟13~20 d,但是果实可溶性固形物和酸均小于露地果实,pH值高于露地果实。

陈俊伟等<sup>[20]</sup>研究了花蕾期赤霉素(GA<sub>3</sub>) 0.5, 1.0 g·L<sup>-1</sup>处理诱导的单一结实‘宁海白’无核白砂枇杷的糖积累与代谢特性,结果表明:GA<sub>3</sub>诱导的无核枇杷果实中的糖(包括蔗糖、葡萄糖、果糖和总糖)的均低于正常有核果,处理浓度越大则糖下降越多。不同浓度GA<sub>3</sub>处理后,果实中SS,SPS和AI及己糖代谢酶和SDH等的活性均低于正常有核果。钟秋珍等<sup>[21]</sup>报道:枇杷果实生长中后期,用75 mg·L<sup>-1</sup>吲熟酯喷布叶和果,可降低果实含酸量20.7%~31.3%,糖酸比提高16.1%~49.6%,达到明显降酸增甜作用,吴德宜等<sup>[22]</sup>也得到了相似的研究结果。

## 7 结语

西班牙、阿尔及利亚、日本、中国、巴西等国为世界枇杷主产国。2006年,中国枇杷栽培面积及产量跃居世界第一,约占世界枇杷总产量的60%以上。中国为枇杷生产大国,名优品种果形大、外观好,但是总体来讲,品质及风味与西班牙优质枇杷相比仍然逊色,主要表现在口感、可食率、耐储运方面,其中尤以口感为甚。口感是中国大陆枇杷不受国际市场欢迎的主要因素。糖酸比是影响果实口感的最主要因子,也是目前国际上直接评价果实适口性的主要指标之一,糖酸比过高则甜而无味,不爽口,糖酸比过低则酸而涩口,因此,糖和酸对枇杷果实风味品质起至关重要作用,且二者相互联系,密不可分。糖和有机酸代谢过程复杂,并且受内在遗传特性和外在自然环境、栽培管理措施等因素的共同作用。虽然目前对枇杷果实糖酸代谢机制已经有一定了解,但是许多方面尚不十分清楚,笔者认为,将来在枇杷糖酸代谢机制与调控方面的研究重点可以从以下几方面考虑:①进一步明确栽培措施和环境因子对果实糖酸代谢的影响及分子机制;②探明果实糖、酸运输的分子机制;③应用遗传工程调控果实糖酸组成;④探明糖积累与酸积累的相互作用机制。现代生物技术的飞速发展,为进一步阐明果实糖酸积累提供了有效手段,现代科研技术的运用必将推进糖酸机制的相关研究,为提高果实品质提供科学依据。

## 参考文献:

- [1] 张上隆,陈昆松.果实品质形成与调控的分子生理[M].北京:中国农业出版社,2007.
- [2] 秦巧平,张上隆,谢鸣,等.果实糖含量及成分调控的分子生物学研究进展[J].果树学报,2005,22(5):515-521.  
QIN Qiaoping, ZHANG Shanglong, XIE Ming, et al. Progress on the research of the molecular regulation of sugar content and composition in fruit [J]. *J Fruit Sci*, 2005, 22(5): 515 - 521.
- [3] HIRAT M. Sugar accumulation and development of loquat fruit [J]. *J Jpn Soc Hort Sci*, 1980, 49(30): 347 - 353.
- [4] 丁长奎,章恢志.植物激素对枇杷果实生长发育的影响[J].园艺学报,1988,15(3):148-154.  
DING Changkui, ZHANG Huizhi. The effects of plant hormone on growth and development of loquat fruit [J]. *Acta Hort Sin*, 1988, 15(3): 148 - 154.
- [5] ZHOU Chunhua, XU Changjie, SUN Chongde, et al. Carotenoids in white-and red-fleshed loquat fruits [J]. *J Agric Food Chem*, 2007, 55: 7822 - 7830.
- [6] FU Xiumin, KONG Wenbin, PENG Gang, et al. Plastid structure and carotenogenic gene expression in red-and white-fleshed loquat (*Eriobotrya japonica*) fruits [J]. *J Exp Bot*, 2011, 63(1): 1 - 14.
- [7] 陈俊伟,徐红霞,谢鸣,等.红砂枇杷‘大红袍’与白砂枇杷‘宁海白’糖积累及代谢的差异[J].园艺学报,2010,37(6):997-1002.  
CHEN Junwei, XU Hongxia, XIE Ming, et al. Difference in sugar accumulation and metabolism between red flesh and white flesh cultivar in loquat (*Eriobotrya japonica* Lindl.) [J]. *Acta Hort Sin*, 2010, 37(6): 997 - 1002.
- [8] 陈秋燕,周京,张波,等.白肉枇杷与红肉枇杷成熟果实可溶性糖组成差异及其与蔗糖代谢相关酶活性的关系[J].果树学报,2010,27(4):616-621.  
CHEN Qiuyan, ZHOU Jing, ZHANG Bo, et al. Sugar composition difference between white-and red-fleshed loquat fruits and its relation with activities of sucrose-metabolizing enzymes [J]. *J Fruit Sci*, 2010, 27(4): 616 - 621.

- [9] 倪照君, 沈丹, 顾林平, 等. 枇杷果实发育过程中糖积累及相关酶活性变化研究[J]. 西北植物学报, 2009, **29** (3): 487 - 493.  
NI Zhaojun, SHEN Dan, GU Linping, *et al.* Sugar accumulation and related enzyme activities during the loquat fruit development [J]. *Acta Bot Boreali-Occident Sin*, 2009, **29** (3): 487 - 493.
- [10] BANTOG N A, SHIRATAKE K, YAMAKI S. Changes in sugar and sorbitol and sucrose related enzyme activities during development of loquat (*Eriobotrya japonica* Lindl. 'Mogi') fruit [J]. *J Jap Soc Hort Sci*, 1999, **68** (5): 942 - 948.
- [11] BANTOG N A, YAMADA K, NIWA N, *et al.* Gene expression of NAD<sup>+</sup>-dependent sorbitol dehydrogenase and NADP<sup>+</sup>-dependent sorbitol-6-phosphate dehydrogenase during development of loquat (*Eriobotrya japonica* Lindl.) fruit [J]. *J Jap Soc Hort Sci*, 2000, **69** (3): 231 - 236.
- [12] SHAW P E, WILSON C W. Determination of organic acids and sugars in loquat (*Eriobotrya japonica* Lindl.) by high-pressure liquid chromatography [J]. *J Sci Food Agric*, 1981, **32** (12): 1242 - 1246.
- [13] 陈发兴, 刘星辉, 林华影, 等. 离子交换色谱法测定枇杷果实和叶片中的有机酸[J]. 福建农林大学学报: 自然科学版, 2004, **33** (2): 195 - 199.  
CHEN Faxing, LIU Xinghui, LIN Huaying, *et al.* Determination of the organic acids from the fruit and leaf of loquat by ion-exchange chromatography [J]. *J Fujian Agric For Univ Nat Sci Ed*, 2004, **33** (2): 195 - 199.
- [14] 何志刚, 李维新, 林晓姿, 等. 枇杷果实成熟和储藏过程中有机酸的代谢[J]. 果树学报, 2005, **22** (1): 23 - 26.  
HE Zhigang, LI Weixin, LIN Xiaozhi, *et al.* Organic acids metabolism of loquat fruit during maturity and storage [J]. *J Fruit Sci*, 2005, **22** (1): 23 - 26.
- [15] CHEN Faxing, LIU Xinghui, CHEN Lisong. Developmental changes in pulp organic acid concentration and activities of acid-metabolising enzymes during the fruit development of two loquat (*Eriobotrya japonica* Lindl.) cultivars differing in fruit acidity [J]. *Food Chem*, 2009, **114**: 657 - 664.
- [16] 陈发兴, 刘星辉, 陈立松. 枇杷果肉有机酸组分及有机酸在果实内的分布[J]. 热带来热带植物学报, 2008, **16** (3): 236 - 243.  
CHEN Faxing, LIU Xinghui, CHEN Lisong. Organic acid composition in the pulp of loquat (*Eriobotrya japonica* Lindl.) and distribution in fruits [J]. *J Trop Subtrop Bot*, 2008, **16** (3): 236 - 243.
- [17] 徐红霞, 陈俊伟, 张豫超, 等. 白玉枇杷果实套袋对品质及抗氧化能力的影响[J]. 园艺学报, 2008, **35** (8): 1193 - 1198.  
XU Hongxia, CHEN Junwei, ZHANG Yuchao, *et al.* Effects of bagging on fruit quality and antioxidant capacity in 'Baiyu' loquat [J]. *Acta Hort Sin*, 2008, **35** (8): 1193 - 1198.
- [18] 冯健君, 陈俊伟, 徐红霞, 等. 果袋透光性对宁海白枇杷果实品质及抗氧化能力的影响[J]. 果树学报, 2009, **26** (1): 66 - 70.  
FENG Jianjun, CHEN Junwei, XU Hongxia, *et al.* Effect of different light transmittance paper bags on fruit quality and antioxidant capacity in Ninghaibai loquat cultivar [J]. *J Fruit Sci*, 2009, **26** (1): 66 - 70.
- [19] POLAT A A, CALISKAN O. Loquat production in Turkey, loquat in Spain: production and marketing/proceedings of the second international symposium on loquat [J]. *Acta Hort*, 2005, **750**: 49 - 54.
- [20] 陈俊伟, 冯健君, 秦巧平, 等. GA<sub>3</sub> 诱导的单体结实 '宁海白' 白砂枇杷糖代谢的研究[J]. 园艺学报, 2006, **33** (3): 471 - 476.  
CHEN Junwei, FENG Jianjun, QIN Qiaoping, *et al.* Characteristics of sugar metabolism and accumulation in GA<sub>3</sub> induced parthenocarpic white flesh loquat 'Ninghai Bai' fruit [J]. *Acta Hort Sin*, 2006, **33** (3): 471 - 476.
- [21] 钟秋珍, 熊月明, 郭林榕, 等. 吲熟酯对改善枇杷果实品质的效应研究[J]. 中国南方果树, 2003, **32** (3): 41 - 42.  
ZHONG Qiuzhen, XIONG Yueming, GUO Linrong, *et al.* The role of ethchlozate on improving loquat fruit quality [J]. *South China Fruits*, 2003, **32** (3): 41 - 42.
- [22] 吴德宜, 方金强, 张爱加, 等. 喷施吲熟酯和钼酸铵对解放钟枇杷增糖降酸的效果[J]. 中国南方果树, 2004, **33** (6): 66 - 67.  
WU Deyi, FANG Jinqiang, ZHANG Aijia, *et al.* The role of spraying ethchlozate on decreasing acid and increasing sugar content of Jiefangzhong loquat fruit [J]. *South China Fruits*, 2004, **33** (6): 66 - 67.