

# 不同发育阶段欧李果实糖酸变化规律研究 及相关性分析

叶丽琴<sup>1,2</sup> 孙 萌<sup>1,2</sup> 张忠爽<sup>1,2</sup> 刘海娇<sup>1,2</sup> 顾金瑞<sup>1,2</sup> 李卫东<sup>1,2,\*</sup>

(1.北京中医药大学中药学院,北京 100102;

2.中药材规范化生产教育部工程研究中心,北京 100102)

**摘要:**目的:研究欧李果实中糖酸特点及在不同发育阶段的含量动态变化,探讨欧李果实糖酸积累规律以及不同种类糖酸间的相关性。方法:以京欧1号、京欧2号和京欧3号欧李品种为材料,用高效液相色谱法测定欧李果实不同发育期蔗糖、葡萄糖、果糖、山梨糖醇、苹果酸、柠檬酸、琥珀酸、酒石酸和草酸含量。结果:欧李果实总糖和总酸含量高低顺序均为京欧3号>京欧1号>京欧2号。欧李果实总糖含量在坐果后着色期内增长趋势缓慢,果实发育后期总糖含量迅速增长,总酸含量随着果实成熟逐渐升高,京欧1号和京欧2号果实中总酸含量在完熟前一周略有下降,总糖含量的变化速率大于总酸含量变化速率。蔗糖、葡萄糖和果糖在绿熟期和着色期增长趋势缓慢,商熟期各种糖含量迅速增长,果实完熟时达到最高点,苹果酸含量整体呈上升趋势,在果实完熟前一周下降,而柠檬酸、草酸和琥珀酸随着果实的成熟含量降低。欧李果实中糖酸比与蔗糖含量正相关性最强,与草酸含量负相关性最强,糖酸比随坐果后天数呈显著指数函数 $y = 0.05e^{(0.04x)}$ 变化趋势。结论:蔗糖与苹果酸的含量是影响欧李果实风味的主要因素,果实商熟期到果实完熟期是欧李果实生长、糖酸积累的关键时期。

**关键词:**欧李,果实发育阶段,糖,酸,动态变化

## Analysis on the changes and correlations of sugar and organic acid contents in Chinese dwarf cherry [*Cerasus humilis*( Bge.) Sok. ]during different development stages

YE Li-qin<sup>1,2</sup> SUN Meng<sup>1,2</sup> ZHANG Zhong-shuang<sup>1,2</sup> LIU Hai-jiao<sup>1,2</sup> GU Jin-rui<sup>1,2</sup> LI Wei-dong<sup>1,2,\*</sup>

(1.School of Chinese Materia Medica, Beijing University of Chinese Medicine, Beijing 100102, China;

2.Engineering Research Center of Good Agricultural Practice for Chinese Crude Drugs, Ministry of Education, Beijing 100102, China)

**Abstract:** Objective: To study the characteristics and the dynamic change of sugar and acid during fruit development of Chinese dwarf cherry. Method: High performance liquid chromatography methods were used to identify and quantify sugar and organic acid contents during different developmental stages of three Chinese dwarf cherry [*Cerasus humilis*( Bge.) Sok. ] cultivars (Jing ou 1, Jing ou 2 and Jing ou 3). Result: The results manifested that the order of the total sugar and total acid contents were 'Jing ou 3', 'Jing ou 1', 'Jing ou 2'. The total sugar content of Chinese dwarf cherry fruit showed a slow growth trend in color period and increased rapidly in the late stage of fruit development, the total acid content were gradually increased with maturity, declined slightly in a week before the fruit maturity in the fruits of Jing on 1 and Jing on 2. And the change rate of total sugar was higher than the rate of total acid. Sucrose, glucose and fructose had a slow growth trend in the fruit mature-green stage and coloring period, then the contents were increased rapidly, and reached the highest point when ripe, malic acid content showed a rising trend in general, and decreased a week before ripening. Citric acid, oxalic acid and succinate contents were decreased with the ripening of the fruit. The sugar-acid ratio had the strongest positive correlation with sucrose content, had the strongest negative correlation with oxalic acid. The relation of sugar-acid ratio with the days after fruit setting was exponential function of  $y = 0.05e^{(0.04x)}$ . Conclusion: The content of sucrose and malic acid were the main factors influencing fruit flavor of Chinese dwarf cherry. The commercial stage to ripe stage was the key period for growth and accumulation of acids and sugars in of Jing ou 1, Jing ou 2 and Jing ou 3 Chinese dwarf cherry fruits.

**Key words:** Chinese dwarf cherry; fruit development; sugar; organic acid; dynamic change

中图分类号: TS255.1

文献标识码: A

文章编号: 1002-0306(2017)05-0098-05

doi: 10.13386/j.issn1002-0306.2017.05.010

收稿日期: 2016-08-19

作者简介: 叶丽琴(1990-),女,硕士研究生,研究方向:中药材质量评价与品种创新, E-mail: yelq90@126.com。

\* 通讯作者: 李卫东(1970-),男,博士,研究员,研究方向:中药资源评价与利用, E-mail: liweidong2005@126.com。

基金项目: 国家林业局公益性行业科研专项(201504710)。

欧李 [*Cerasus humilis* Sok.] 属蔷薇科樱属多年生矮小灌木, 其果实是我国特有的第三代小水果。欧李果实营养丰富, 口感酸甜, 能深加工成果汁<sup>[1]</sup>、果醋<sup>[2]</sup>、果酒<sup>[3]</sup>、果脯<sup>[4]</sup>等多种食品, 具有很好的开发前景。风味是影响果实品质的重要原因, 也是决定相关产品特性的重要因素, 而糖酸种类和含量是影响果实风味的关键因素<sup>[5-8]</sup>。京欧1号、京欧2号和京欧3号欧李品种早结性、丰产性极强, 着果率高, 在北京、河北和内蒙等地具有广泛种植。京欧1号、京欧2号和京欧3号品种果实糖酸研究能有利于其栽培管理、采摘和深加工。王鹏飞等<sup>[9-11]</sup>测定了农大3号、农大4号、农大5号3个欧李品种的果实在不同发育期蔗糖、葡萄糖、果糖、山梨糖醇、苹果酸和柠檬酸动态变化, 并对苹果酸和柠檬酸的积累机制进行了初步分析, 结果表明果糖与苹果酸的含量及其动态变化是影响欧李果实糖酸比、决定果实风味的主要因素。Mo等<sup>[12]</sup>通过测定57个欧李种质果实中糖酸组分含量, 认为欧李果实可溶性糖主要有蔗糖、葡萄糖、果糖和山梨糖醇, 有机酸主要有苹果酸、柠檬酸、琥珀酸、酒石酸和草酸, 各糖酸组分在种质间存在遗传多样性。以上研究表明欧李果实中糖酸含量在不同种质、不同发育期都存在差异, 而对京欧1号、京欧2号和京欧3号欧李果实糖酸特点和不同发育期果实中不同种类糖酸动态缺乏全面系统研究。

本研究通过对京欧1号、2号和3号3个欧李优良品种果实在不同发育期, 其可溶性糖(蔗糖、葡萄糖、果糖和山梨糖醇) 有机酸(苹果酸、柠檬酸、琥珀酸、酒石酸和草酸) 动态变化进行测定, 分析果实中糖酸动态变化规律及不同种类糖酸间的相关性, 为欧李果实风味品质评价、栽培育种和糖酸代谢机制研究提供参考。

## 1 材料与方法

### 1.1 材料与仪器

材料 采于内蒙古自治区锡林郭勒盟正蓝旗, 品种为京欧1号、京欧2号和京欧3号, 前2个为国家级审定品种, 京欧3号为待审定品种。

2015年7~9月, 欧李果实从坐果后观察果实发育外观特征, 在坐果后35~45 d(京欧1号欧李果实硬核期为坐果后45 d, 京欧2号为坐果后40 d, “京欧3号”为坐果后35 d), 果皮绿色, 果核刚开始变硬开始采样, 选择色泽相同、成熟度一致的健康果实, 每次采样200 g, 一周采一次, 直至果实变软, 全株果实90%以上为红色, 果重不再增加, 采集样品为9次。每次采样用冰盒保存当天运回实验室, 样品贮存在-40℃冰柜, 待测。

蔗糖、葡萄糖、果糖、山梨糖醇、苹果酸、柠檬酸、琥珀酸、酒石酸、草酸等标准品 均购自中国食品药品检定研究所。乙腈(Fisher)、甲醇(Fisher)、磷酸二氢钾 天津市光复精细化工研究所; 磷酸 天津市光复精细化工研究所。

高效液相色谱仪 美国Waters公司, 型号1525(2489型紫外检测器和2414示差检测器, 2707自动进样器); JBQ-100恒温摇床 常州普天仪器制造有

限公司; G20型离心机 北京白洋医疗器械有限公司。

### 1.2 实验方法

样液制备: 样液制备参考Mo等<sup>[12]</sup>的方法, 每份样品中随机取出5~10个果, 室温下解冻, 用去离子水洗净果表面, 用灭菌纱布擦干。去除果柄和果核, 将果肉切碎放于研钵中迅速捣烂, 称取1.00 g果肉放于10 mL离心管中, 加入6 mL蒸馏水混匀, 在25℃恒温摇床上震荡2 h后取出再在室温下4500 r/min离心10 min, 取上清液过0.22 μm水相微孔滤膜于液相瓶中待分析。

色谱条件: 糖和有机酸的测定条件参考和银霞等<sup>[13]</sup>的方法。测定9次所采样品, 每个样品重复取样三次。

蔗糖、葡萄糖、果糖、山梨糖醇的测定条件: 色谱柱为Dikma PLATISIL NH<sub>2</sub>(5 μm, 250 mm × 4.6 mm), 流动相为85%乙腈水溶液, 流速0.9 mL/min, 示差检测器, 柱温40℃, 进样量20 μL, 测定时间40 min。

苹果酸、柠檬酸、琥珀酸、酒石酸、草酸的测定条件: 色谱柱为GL WondaSil RC18(5 μm, 250 mm × 4.6 mm), 流动相为0.02 mol/L磷酸二氢钾水溶液和甲醇(95:5), 用磷酸调流动相pH至2.6, 超声脱气, 流速0.8 mL/min, 柱温40℃, 紫外检测器(210 nm), 进样量8 μL, 测定时间15 min。用外标法计算糖酸含量。

总糖 = 蔗糖 + 葡萄糖 + 果糖 + 山梨糖醇

总酸 = 苹果酸 + 柠檬酸 + 琥珀酸 + 酒石酸 + 草酸

糖酸比 = 总糖 / 总酸

### 1.3 数据分析

采用Excel 2013软件整理实验数据, SPSS 20.0进行描述性统计、多重比较和相关性分析, Sigmaplot12.0用于作图分析。

## 2 结果与分析

### 2.1 不同发育阶段欧李果实发育外观特征

不同发育阶段受试欧李果实发育特征见表1, 根据欧李果实的发育阶段特征, 将欧李果实以坐果为起点, 坐果后50 d左右为绿熟期, 65 d左右为着色期, 75 d左右为商熟期, 95 d左右为完熟期。

表1 欧李果实发育阶段特征

Table 1 The characteristics of Chinese dwarf cherry fruit development stages

发育阶段	颜色特征	坐果后天数(d)
绿熟期	绿色	45~60
着色期	果实底座或尖端有红晕	60~70
商熟期	半红	70~80
完熟期	全红	80~95

### 2.2 成熟欧李果实中糖酸特点

每个品种最后一次采样均为成熟果实, 3个品种成熟期糖、酸组成及含量见图1。图1表明, 对于总糖言, 3个品种总糖含量差异较大, 其中含糖量最高的是京欧3号, 其次是京欧1号, 京欧2号最低, 含量

分别为 108.88、80.95、65.01 mg/g FW。总糖由蔗糖、葡萄糖、果糖和山梨糖醇组成,其含量高低在 3 个品种中一致,均为:蔗糖 > 葡萄糖 > 果糖 > 山梨糖醇,这四种糖的含量在 3 个欧李品种果实中占总糖含量的平均百分比分别是 62.45%、21.00%、15.96% 和 0.59%。在 3 个品种中,京欧 3 号果实中蔗糖和果糖含量均为最高,其中蔗糖含量高达 73.71 mg/g FW,远远高于其他两个品种。京欧 2 号欧李果实中蔗糖、葡萄糖、果糖和山梨糖醇含量均低于京欧 1 号和京欧 3 号。

3 个欧李品种果实中有机酸含量也有差异,京欧 3 号总酸含量最高,其次是京欧 1 号,京欧 2 号最低,含量分别为 34.65、29.68、28.71 mg/g FW。受试 3 种欧李果实成熟阶段,5 种有机酸含量高低为:苹果酸 > 柠檬酸 > 琥珀酸 > 酒石酸 > 草酸,其中苹果酸和柠檬酸占总酸含量范围为 70.57% ~ 75.77% 和 12.60% ~ 16.34%。京欧 3 号欧李果实中苹果酸、柠檬酸、琥珀酸含量均高于京欧 1 号、京欧 2 号。京欧 1 号欧李果实中酒石酸含量较高,柠檬酸、琥珀酸、草酸含量较低。京欧 2 号中草酸含量较高,苹果酸含量较低。

3 个欧李品种果实糖酸比差异显著,京欧 3 号糖酸比值最大(3.21),显著高于京欧 2 号(2.26)而与京

欧 1 号(2.74)间差异不显著。京欧 1 号与京欧 2 号间糖酸比差异不显著。

### 2.3 不同发育阶段果实中糖酸含量动态变化

不同发育阶段欧李果实主要糖酸含量动态变化见图 1。图 1 表明,总糖、葡萄糖和果糖在绿熟期和着色期增长趋势缓慢,着色期以后各种糖含量迅速增长,完熟期达到最高点。蔗糖在坐果后绿熟期和着色期前含量极低,在着色期后含量才迅速增长。山梨糖醇在欧李果实发育期间以 0~0.6 g 之间的低含量平缓变化。

在有机酸组成中,苹果酸在商熟期前含量增长缓慢,商熟期到完熟期期间含量增长较快,京欧 1 号、京欧 2 号和京欧 3 号果实中苹果酸在果实商熟期达到最高含量,其中京欧 1 号和京欧 2 号在果实成熟前一周含量有所降低。而柠檬酸在 3 个品种中动态变化一致,其含量在绿熟期最高,在着色期含量开始下降,果实商熟期含量有回升趋势。草酸、琥珀酸的变化趋势和柠檬酸一致,两者含量随着果实的成熟急剧降低,京欧 2 号和京欧 3 号欧李果实在果实成熟时含量有回升的趋势。酒石酸含量变化在 0~1.67 g 之间,变化趋势不明显。总酸含量与苹果酸变化基本一致。在京欧 1 号和京欧 2 号欧李果实中,总酸含量在果实成熟前一周略有下降。

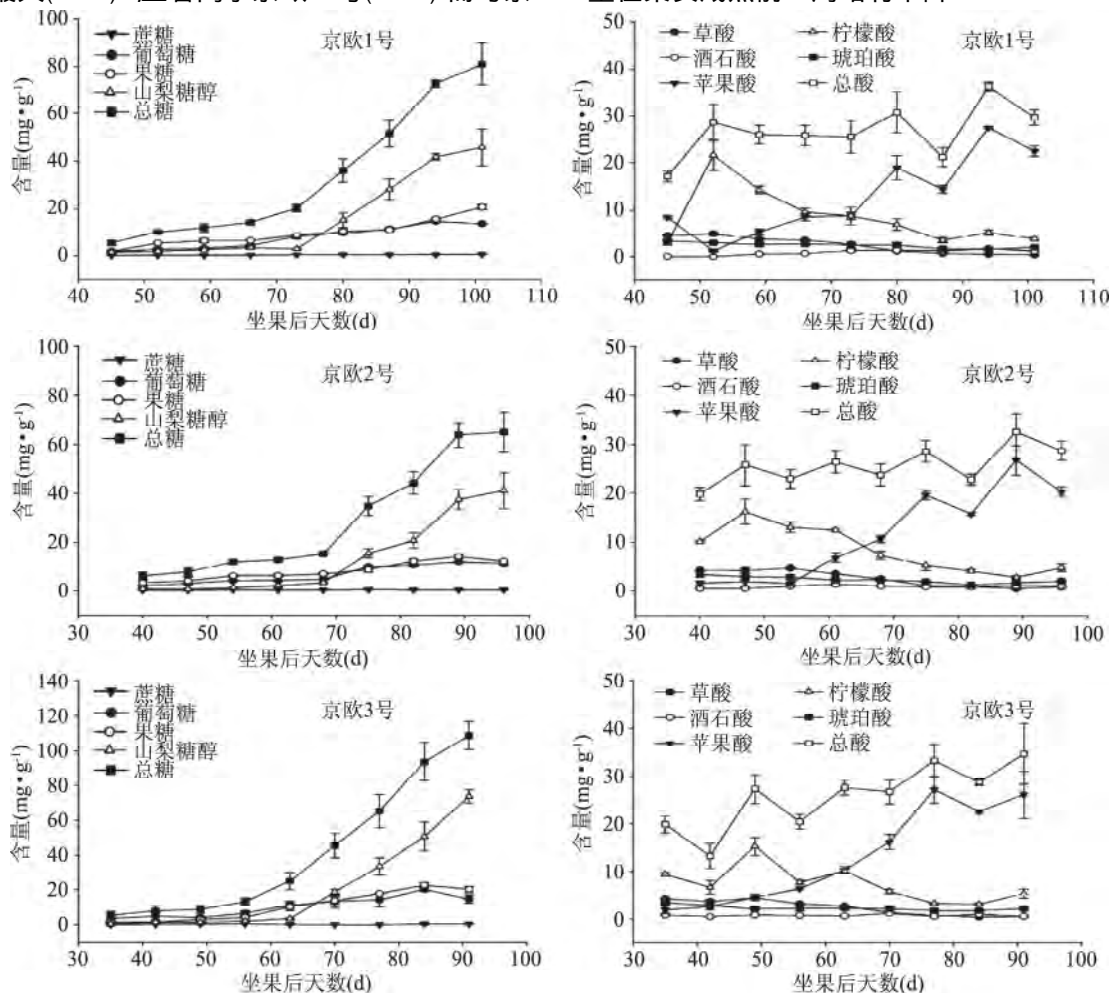


图 1 不同发育期欧李果实中糖酸含量动态变化

Fig.1 The dynamic changes of sugar content and organic acids in Chinese dwarf cherry fruits during different development stages

### 2.4 糖酸比动态变化

糖酸比随着果实的成熟而逐渐变大,对3个品种9个发育阶段的糖酸比和各阶段的坐果后天数进行曲线拟合,结果见图2。结果表明,糖酸比随坐果后天数存在极显著的指数函数( $y = 0.05e^{(0.04x)}$ )变化趋势,达到极显著正相关( $r = 0.93^{**}$ )。

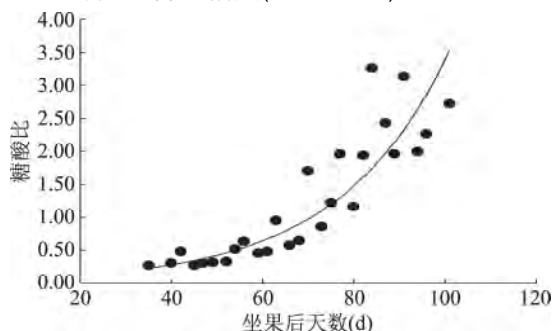


图2 糖酸比变化趋势图

Fig.2 Change trend of ratio of sugar/acid

### 2.5 不同糖酸间相关性分析

对欧李果实的可溶性糖和有机酸进行相关性分析(表2)结果表明,总糖含量与蔗糖、葡萄糖和果糖含量呈极显著正相关,与山梨糖醇含量呈显著正相关,且与蔗糖相关性最强( $r = 0.99^{**}$ ),这与不同种类糖含量在总糖所占比例相符,反映了蔗糖是构成欧李果实总糖的最重要因素。总酸含量与苹果酸含量呈极显著正相关( $r = 0.73^{**}$ ),与其他有机酸含量无明显正相关,而与草酸和琥珀酸有负相关,说明欧李果实有机酸主要成分为苹果酸,而草酸和琥珀酸含量变化趋势与总酸含量变化趋势相反。

对于糖酸各组分而言,蔗糖含量与葡萄糖、果糖、苹果酸含量互为正相关,其中与葡萄糖含量相关性最强( $r = 0.90^{**}$ ),而与柠檬酸、琥珀酸和草酸含量互为极显著负相关,其中与草酸含量负相关性最强( $r = -0.84^{**}$ );葡萄糖含量与果糖、苹果酸含量互为极显著正相关,而与草酸、柠檬酸含量互为极显著负相关;果糖含量与苹果酸含量互为极显著正相关,与草酸、柠檬酸、琥珀酸含量互为显著负相关;苹果酸含量与柠檬酸、琥珀酸、草酸含量互为极显著负相

关;柠檬酸含量与草酸、琥珀酸含量互为极显著正相关,与其他各糖酸组分均为负相关;琥珀酸含量与柠檬酸含量互为极显著正相关,与其它糖酸互为极显著负相关。相关性关系说明不同糖酸间在含量变化上趋势一致或相反。总酸与总糖含量也呈正相关,说明在欧李果实发育过程中糖酸的变化总体趋势一致。欧李果实中糖酸比与葡萄糖、果糖和蔗糖含量呈极显著正相关,与草酸、柠檬酸和琥珀酸含量呈极显著负相关,糖酸比与蔗糖含量正相关性最强,与草酸含量负相关性最强。以上分析说明欧李果实中的不同种类糖酸间具有相关性,其含量综合影响欧李果实糖酸比进而影响果实风味,糖酸比与蔗糖含量正相关性最强,与草酸含量负相关性最强。

## 3 结论与讨论

### 3.1 成熟期欧李果实糖酸组成特点

水果中可溶性糖与有机酸的种类和含量直接影响果实的口感。已有文献报道,苹果中主要可溶性糖为果糖,其次是葡萄糖和蔗糖,主要有机酸是苹果酸<sup>[14-15]</sup>;甜樱桃中糖以葡萄糖为主、果糖次之,酸以苹果酸为主,柠檬酸次之<sup>[16-17]</sup>;李以葡萄糖和蔗糖为主要糖,奎尼酸和苹果酸为主要有机酸<sup>[18-19]</sup>。欧李果实中主要可溶性糖为蔗糖,其次是葡萄糖和果糖,山梨糖醇含量较低,主要有机酸为苹果酸,其次为柠檬酸、琥珀酸、草酸和酒石酸含量偏低,从这点看欧李与李果实糖酸特性相似。根据不同树种果实最高含量的可溶性糖种类,可将水果分为果糖积累型与蔗糖积累型,而根据不同树种果实有机酸的种类与含量不同,可将水果分为苹果酸型、柠檬酸型和酒石酸型<sup>[5]</sup>,本研究测定结果显示受试欧李果实为蔗糖积累型或苹果酸型。本研究结果与王鹏飞等<sup>[11]</sup>以农大3号、农大4号和农大5号欧李品种的研究结果有差异,他们研究显示果糖为主要糖,蔗糖和葡萄糖稍低,糖酸各组分含量也各不相同,京欧1号、京欧2号、京欧3号中糖酸组成除果糖含量相对较低外,其他种类糖酸含量呈均高于农大3号、农大4号和农大5号,这可能与欧李品种差异性有关。

表2 糖酸相关性分析

Table 2 Correlation analysis of sugar and organic acid

相关性	蔗糖	葡萄糖	果糖	山梨糖醇	总糖	苹果酸	柠檬酸	琥珀酸	酒石酸	草酸	总酸
葡萄糖	0.90 <sup>**</sup>										
果糖	0.85 <sup>**</sup>	0.94 <sup>**</sup>									
山梨糖醇	0.45 <sup>*</sup>	0.41 <sup>*</sup>	0.44 <sup>*</sup>								
总糖	0.99 <sup>**</sup>	0.95 <sup>**</sup>	0.92 <sup>**</sup>	0.46 <sup>*</sup>							
苹果酸	0.87 <sup>**</sup>	0.88 <sup>**</sup>	0.88 <sup>**</sup>	0.40 <sup>*</sup>	0.90 <sup>**</sup>						
柠檬酸	-0.61 <sup>**</sup>	-0.57 <sup>**</sup>	-0.67 <sup>**</sup>	-0.30	-0.63 <sup>**</sup>	-0.74 <sup>**</sup>					
琥珀酸	-0.62 <sup>**</sup>	-0.71 <sup>**</sup>	-0.77 <sup>**</sup>	-0.50 <sup>**</sup>	-0.69 <sup>**</sup>	-0.76 <sup>**</sup>	0.52 <sup>**</sup>				
酒石酸	0.29	0.39 <sup>*</sup>	0.46 <sup>*</sup>	0.48 <sup>*</sup>	0.35	0.43 <sup>*</sup>	-0.32	-0.54 <sup>**</sup>			
草酸	-0.84 <sup>**</sup>	-0.88 <sup>**</sup>	-0.91 <sup>**</sup>	-0.47 <sup>*</sup>	-0.88 <sup>**</sup>	-0.94 <sup>**</sup>	0.77 <sup>**</sup>	0.83 <sup>**</sup>	-0.53 <sup>**</sup>		
总酸	0.66 <sup>**</sup>	0.70 <sup>**</sup>	0.59 <sup>**</sup>	0.25	0.68 <sup>**</sup>	0.73 <sup>**</sup>	-0.09	-0.52 <sup>**</sup>	0.3	-0.57 <sup>**</sup>	
糖酸比	0.95 <sup>**</sup>	0.94 <sup>**</sup>	0.93 <sup>**</sup>	0.49 <sup>**</sup>	0.98 <sup>**</sup>	0.86 <sup>**</sup>	-0.68 <sup>**</sup>	-0.73 <sup>**</sup>	0.37	-0.91 <sup>**</sup>	0.55 <sup>**</sup>

注: \*\* 在  $p < 0.01$  水平(双侧)上显著相关。\* 在  $p < 0.05$  水平(双侧)上显著相关。

### 3.2 欧李果实发育过程中糖酸比变化

水果风味主要由糖酸种类与含量决定,糖酸比是反映果实品质风味的主要指标。其中糖酸比与总酸含量和苹果酸含量呈正相关说明糖酸比与总酸和苹果酸含量变化趋势相同,也说明总糖含量的变化速率大于总酸含量变化速率。欧李果实糖酸比在果实的发育期也是在不断变化的,糖酸比能随着坐果后天数呈极显著曲线变化,拟合方程可用于估测欧李果实不同发育期的糖酸比值。

### 3.3 欧李果实发育过程中糖酸动态变化规律

本研究结果表明,受试欧李果实在绿熟期和着色期内,总糖、葡萄糖、果糖含量增长趋势缓慢,蔗糖含量极低,在商熟期果实中各可溶性糖含量迅速增长,果实成熟时达到最高点,欧李果实不同种类糖积累主要是在果实发育后期。这种糖积累速度的增加可能是糖合成相关酶活性增强作用的结果<sup>[20]</sup>,也可能是淀粉逐渐转化为可溶性糖的结果<sup>[10]</sup>,蔗糖含量在着色期后的迅速增长也可能是葡萄糖和果糖转化的结果。有机酸组成中,总酸含量随着果实成熟逐渐升高,在果实成熟前一周略有下降。苹果酸含量在坐果后着色期内含量增长缓慢,果实成熟后期含量增长较快,柠檬酸、琥珀酸和草酸的含量随着果实的成熟急剧降低,在果实成熟时含量略有回升。王鹏飞等<sup>[10]</sup>研究表明,欧李果实中苹果酸含量的变化主要与苹果酸脱氢酶(NAD-MDH)、磷酸烯醇式丙酮酸羧化酶(PEPC)、苹果酸酶(NADP-ME)酶的活性有关,柠檬酸含量的变化主要受柠檬酸合酶(CS)、线粒体乌头酸酶(Mit-ACO)、依赖型异柠檬酸脱氢酶(NAD-IDH)酶活性的影响。相关性分析表明,葡萄糖、果糖和蔗糖含量互为正相关,苹果酸与柠檬酸、琥珀酸、草酸含量互为负相关,草酸与琥珀酸、柠檬酸含量互为极显著正相关。以上相关性结果说明不同糖酸间在含量变化上趋势一致或相反,其相互间的代谢关系需结合糖酸积累机制进一步探讨。由欧李果实性状和糖酸变化趋势表明,商熟期到完熟期期间京欧1号、2号和3号欧李栽培管理上的关键时期,在此关键时期之前要提供充足的肥水以保证果实生长,提高果实综合风味。

#### 参考文献

[1]周家华,兰彦平,姚砚武,等.欧李果汁加工工艺研究[J].食品工业科技,2007,28(8):146-147,150.  
[2]潘艳芳,王威,郝晓磊,等.欧李醋饮料加工工艺研究[J].饮料工业,2014,17(12):19-22.  
[3]李治国,王有信,王玉峰,等.欧李加工品种与贮藏加工利用[J].农产品加工:学刊,2005,34(3):21-24.

[4]冯媛媛,李雪丹,桑亚新,等.微波渗糖技术加工低糖欧李果脯[J].食品科技,2015,40(07):103-109.  
[5]郑丽静,聂继云,闫震.糖酸组分及其对水果风味的影响研究进展[J].果树学报,2015,32(2):304-312.  
[6]莫愁.基于糖酸和酚类物质的欧李种质资源果实品质评价研究[D].北京:北京中医药大学,2015.25-30.  
[7]Lakkakula, Anantha, Geaghan, et al. A cafeteria-based tasting program increased liking of fruits and vegetables by lower, middle and upper elementary school-age children [J]. Appetite, 2011, 57(1): 299-302.  
[8]王立霞,冀晓昊,安萌萌,等.几个功能型苹果优株果实风味品质的评价[J].果树学报,2014,31(05):753-759.  
[9]王鹏飞,张建成,曹琴,等.欧李果实着色期糖酸含量的变化规律[J].山西农业科学,2014,42(1):25-28.  
[10]王鹏飞,曹琴,何永波,等.欧李果实发育期糖和酸组分及其含量的动态变化特性[J].西北植物学报,2011,31(7):1411-1416.  
[11]王鹏飞,薛晓芳,穆晓鹏,等.不同酸度欧李果实有机酸积累特性与相关代谢酶活性分析[J].中国农业科学,2013,46(19):4101-4109.  
[12]Mo C, Li W D, He Y X, et al. Variability in the sugar and organic acid composition of the fruit of 57 genotypes of Chinese dwarf cherry [*Cerasus humilis* (Bge.) Sok] [J]. Journal of Horticultural Science & Biotechnology, 2015, 90(4): 419-426.  
[13]和银霞,李卫东,叶丽琴,等.采前喷钙对贮藏期欧李果实糖酸含量变化的影响[J].食品科学,2016,37(14):247-252.  
[14]梁俊,郭燕,刘玉莲,等.不同品种苹果果实中糖酸组成与含量分析[J].西北农林科技大学学报:自然科学版,2011,39(10):163-170.  
[15]王柏松,高文民,马小雪,等.苹果等4种水果果实糖酸组成及风味特点研究[J].湖南农业科学,2014,20(18):50-53.  
[16]魏国芹,孙玉刚,孙杨,等.甜樱桃果实发育过程中糖酸含量的变化[J].果树学报,2014,31(s1):103-109.  
[17]Janes H, Ardel P, Kahu K, et al. Some biological properties and fruit quality parameters of new sweet cherry cultivars and perspective selections [J]. Agronomy Research, 2010, 8(3): 583-588.  
[18]赵树堂,关军锋,孟庆瑞,等.李果实发育过程中糖、酸、维生素C含量的变化[J].果树学报,2004,21(6):612-614.  
[19]Bae H, Yun S K, Yoon I K, et al. Assessment of organic acid and sugar composition in apricot, plumcot, plum and peach during fruit development [J]. Journal of Applied Botany and Food Quality, 2014, 87(2): 24-29.  
[20]陈美霞,陈学森,慈志娟,等.杏果实糖酸组成及其不同发育阶段的变化[J].园艺学报,2006,33(4):805-808.