

库尔勒香梨果实生育期品质变化规律

郭航^{1,2}, 张瑞^{1,2}, 王智², 乔坤云², 闫娜娜², 赵多勇²

(1. 新疆农业大学食品科学与药学院, 乌鲁木齐 830052; 2. 新疆农业科学院农业质量标准与检测技术研究所/

农业农村部农产品质量安全风险评估实验室(乌鲁木齐)/新疆农产品质量安全重点实验室, 乌鲁木齐 830091)

摘要:【目的】比较新疆库尔勒市、阿克苏市和甘肃酒泉市3个地区库尔勒香梨果实生育期糖酸含量的差异, 研究果实生育期的品质变化规律, 为香梨的品质调控和合理采收提供参考依据。【方法】采集花后100~150 d(2次膨大期和成熟期)的库尔勒香梨果实, 采用直接滴定法, 测定还原糖和总酸含量, 高效液相色谱法测定果糖、葡萄糖、蔗糖3种糖和苹果酸、丁二酸、柠檬酸、酒石酸、富马酸5种有机酸的含量, 并分析其随果实生长变化规律。【结果】随着果实不断的生长成熟, 还原糖、果糖、葡萄糖呈逐渐增长趋势, 库尔勒市和阿克苏市的香梨在花后140 d(酒泉为150 d), 果糖含量达到最大值; 库尔勒市的香梨在花后120 d(阿克苏和酒泉为130 d), 葡萄糖含量达到最大值; 苹果酸、柠檬酸、酒石酸等主要有机酸呈逐渐下降趋势, 库尔勒市和阿克苏市的香梨在花后140 d(酒泉为150 d)时苹果酸和酒石酸含量达到最小值; 糖酸比由花后100 d时的29增至140 d的57。成熟库尔勒香梨果实中果糖、葡萄糖、蔗糖的含量分别为51.1、51.0、0.83 mg/g; 苹果酸、柠檬酸、丁二酸、酒石酸、富马酸的含量分别为0.68、0.20、0.17、0.15和0.04 mg/g。【结论】库尔勒香梨3种糖中, 果糖和葡萄糖含量较高, 两者占3种糖含量的99%。有机酸主要以苹果酸、柠檬酸、丁二酸和酒石酸为主, 四者占5种有机酸含量的97%。花后140 d香梨糖酸比达到最佳比例, 新疆库尔勒市和阿克苏市的香梨采收时间在花后140 d, 甘肃酒泉市的香梨在花后150 d。

关键词: 库尔勒香梨; 生育期; 品质; 果糖; 有机酸

中图分类号: S661.2; TS202.1

文献标识码: A

文章编号: 1001-4330(2022)02-0377-08

0 引言

【研究意义】新疆库尔勒香梨果实果香浓郁、酥脆多汁、皮薄无渣、甘甜可口^[1]。除核心种植区新疆巴州外, 新疆阿克苏地区、甘肃、陕西等地多有种植。不同生态环境, 种植在不同地区的库尔勒香梨呈现出不同的品质。果实膨大期和成熟期是香梨生长和品质形成的关键时期^[2], 研究果实关键生育期糖酸品质的变化规律, 对于改进栽培措施、提高果品品质具有重要意义。【前人研究进展】梨果实品质主要取决于其糖酸的含量及其组成^[3], 而果实生育期是果实品质形成的关键时期, 多对梨果实生育期糖酸品质变化的研究。

李刚波等^[4]研究了2种沙梨果实发育过程中糖含量的变化, 指出2种梨果糖、葡萄糖含量变化基本一致, 成熟时果糖含量最高, 葡萄糖含量最低。姚改芳等^[5]分析了98个梨品种果实中可溶性糖组分和含量, 指出果实生育期的可溶性糖主要由果糖、葡萄糖、蔗糖和山梨醇组成, 其中果糖含量最高。杨盛等^[6]测定了玉露香梨发育过程中糖、酸的含量变化, 指出总糖含量呈“慢-快-慢-快”的上升趋势, 总酸含量呈先上升后下降的趋势, 成熟果实中的糖以果糖为主, 酸以苹果酸为主。王芳芳^[7]以黄金梨和鸭梨为试材, 研究其果实成熟期糖和酸含量的变化, 指出可溶性糖、果糖、葡萄糖、蔗糖含量在果实成熟过程中均呈上升趋势, 可

收稿日期(Received): 2021-01-15

基金项目: 国家自然科学基金(31960504); 新疆维吾尔自治区重点实验室开放课题(2019D04013)

作者简介: 郭航(1995-), 男, 河南南阳人, 硕士, 研究方向为食品加工与安全, (E-mail) guohang187@126.com

通信作者: 赵多勇(1980-), 男, 新疆奇台人, 研究员, 博士, 硕士生导师, 研究方向为农产品质量与食品安全, (E-mail) luckydyz@163.com

滴定酸含量呈先上升后下降的趋势。【本研究切入点】目前已有较多对其它品种梨生育期糖酸品质变化规律的文献,尚无报道库尔勒香梨果实 2 次膨大期和成熟期等关键生育期糖酸变化的文献。亟需研究库尔勒香梨果实生育期品质变化规律。【拟解决的关键问题】以不同地区的库尔勒香梨为研究对象,测定其在果实关键生育期(2 次膨大期和成熟期)主要糖和有机酸含量的变化,分析不同产地的差异及其在关键生育期的变化规律。研究库尔勒香梨果实生育期糖酸含量的变化动态和库尔勒香梨果实生育期品质的变化规律,为香梨的品质调控和合理采收提供研究基础。

1 材料与方法

1.1 材料

1.1.1 库尔勒香梨

库尔勒香梨采自新疆库尔勒市、阿克苏市和甘肃酒泉市 3 个地区,选取树龄 20 a 左右,树势相似,管理状况相近的梨树,于树冠中层外围四面随机均匀采样。从花后 100 d 开始,每 10 d 采摘 1 次,直至果实成熟。采样后清除果实表面的灰尘等杂物,去除果核果蒂,置于高速破壁机中搅拌至均匀的浆状,于零下 22℃ 的冰箱中保存待测。

表 1

表 1 采样地点及经纬度

Table 1 Sampling location and latitude and longitude

序号 Num	采样地点 Sampling location	经度 Longitude	纬度 Latitude	海拔 Altitude(m)
1	新疆库尔勒市阿瓦提乡克拉亚孜村	86°01'74"	41°63'72"	908
2	新疆阿克苏市依干其乡 2 大队	80°20'47"	41°18'87"	1 050
3	甘肃省酒泉市肃州区酒泉市林科所	98°50'35"	39°77'78"	1 360

1.1.2 试剂与仪器

主要试剂:盐酸、硫酸铜、亚甲蓝、酒石酸钾钠、氢氧化钠、乙酸锌、冰乙酸、亚铁氰化钾等:分析纯,天津市致远化学试剂有限公司;甲醇、乙腈、无水乙醇:色谱纯,美国 Fisher Scientific 公司;果糖、葡萄糖、蔗糖、苹果酸、柠檬酸和富马酸等:色谱纯,上海山浦化工有限公司。

主要仪器:高效液相色谱仪, WATERS2695 型,美国 Waters 公司;高速破壁机, HR3868 型,荷兰 Philips 电子公司;分析天平, XSE204 型,瑞士 Mettler Toledo 公司;电子天平, BSA223S 型,德国 Sartorius 公司;电热恒温水浴锅, HHH. S11 - 6 型,中国上海博讯实业有限公司医疗设备厂。

1.2 方法

1.2.1 还原糖含量测定:参照 GB5009.7 - 2016《食品中还原糖的测定》。

1.2.2 葡萄糖、蔗糖、果糖等糖类物质含量测定:参照 GB5009.8 - 2016《食品中果糖、葡萄糖、蔗糖、麦芽糖、乳糖的测定(高效液相色谱法)》。

1.2.3 总酸含量测定:参照 GB/T12456 - 2008《食品中总酸含量的测定》。

1.2.4 柠檬酸、苹果酸、酒石酸、丁二酸、富马酸等有机酸含量测定:参照 GB5009.157 - 2016《食品中有机酸的测定(高效液相色谱法)》。

1.3 数据处理

使用 Microsoft Excel 2019 进行数据处理和图表绘制, IBM SPSS26 “one - way ANOVA”进行差异显著性分析。

2 结果与分析

2.1 库尔勒香梨生育期糖类含量变化和组成

2.1.1 库尔勒香梨果实糖类组成

研究表明,库尔勒香梨果实中主要的糖类是果糖和葡萄糖,果糖含量最高,其次是葡萄糖,两者含量占比之和达到了 99%。蔗糖在果实发育初期无检出,在成熟后期有少量生成,成熟时其含量占比仅为 1%。图 1

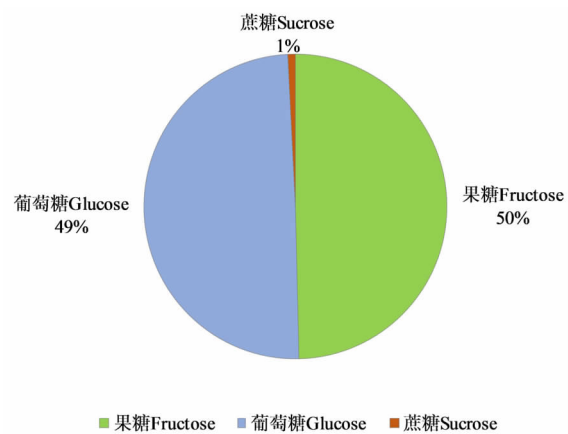


图1 库尔勒香梨成熟果实主要糖类组成

Fig. 1 Main sugar composition of ripe fruit of Korla fragrant pear

2.1.2 库尔勒香梨果实生育期糖类含量的变化

研究表明,在果实生育期,3个地区库尔勒香梨果实的还原糖含量变化趋势无显著差异。库尔勒市的香梨在花后100~130 d时还原糖含量相对阿克苏市和酒泉市最高。至130 d时,3个地区香梨果实的含量达到同一水平。花后130~140 d,库尔勒市和阿克苏市香梨还原糖含量继续维持

高增长,同期酒泉市的香梨增长趋势相对较缓。至果实成熟时,库尔勒市和阿克苏市香梨的还原糖含量基本相同,约为74 mg/g;而酒泉市香梨的含量则略低,为71 mg/g。

3个地区香梨的果糖含量与还原糖含量变化动态一致,均呈增长趋势。在花后100 d时,库尔勒市香梨的果糖含量显著高于阿克苏市($P < 0.05$),但阿克苏市香梨的增长幅度较大,在130 d时即接近库尔勒市,在成熟时2地区香梨果糖含量无显著差异($P > 0.05$)。酒泉市与库尔勒市的香梨的果糖含量在120和140 d时相近,无显著差异($P > 0.05$),但成熟时酒泉市香梨的果糖含量最高。

在果实发育成熟过程中,3个地区香梨的葡萄糖含量均呈先上升再下降趋势。库尔勒市香梨的葡萄糖含量在花后120 d时达到峰值(阿克苏和酒泉市在130 d),随后均出现了一定幅度的下降。至果实成熟时,库尔勒市香梨的葡萄糖最高(52.4 mg/g),阿克苏市次之(50.9 mg/g),酒泉市相对最低(49.6 mg/g),3个地区无显著差异($P > 0.05$)。图2

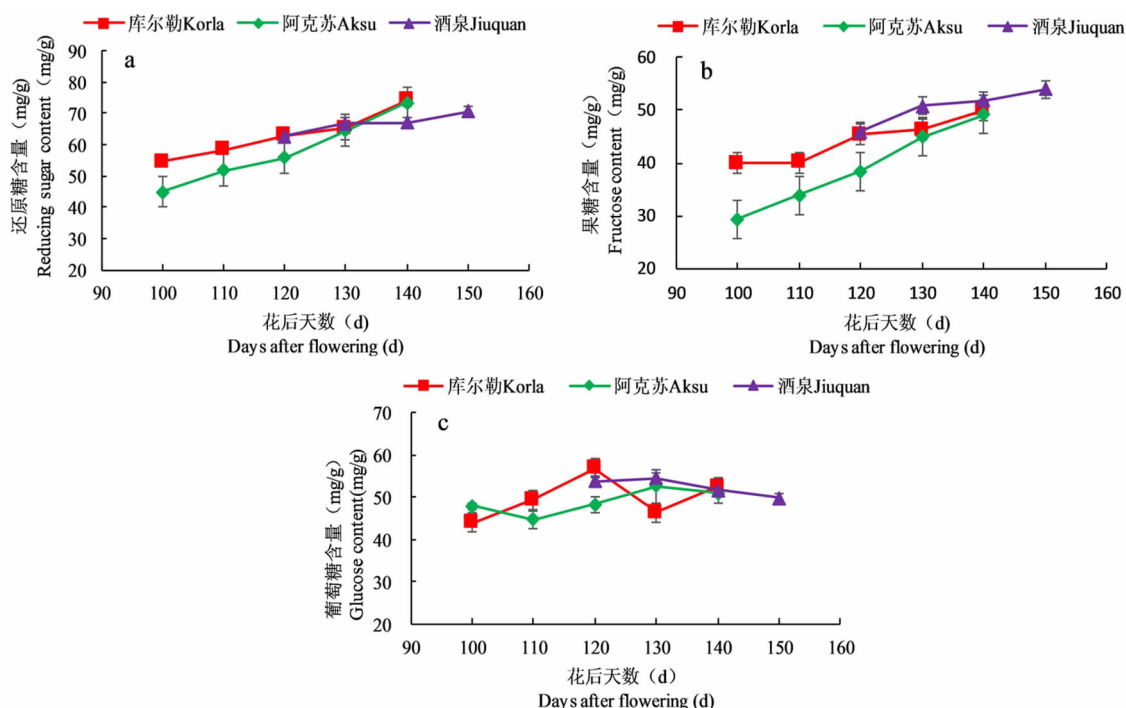


图2 库尔勒香梨果实生育期糖类含量变化

Fig. 2 Changes in sugar content of Korla fragrant pear fruits during the growth period

库尔勒香梨果实中蔗糖含量远低于果糖和葡萄糖,且含量变化的动态也完全不同于果糖和葡萄糖。蔗糖在果实发育前期无检出,至成熟期才出现了一定程度的积累。阿克苏和酒泉两地香梨的蔗糖在成熟初期无检出,至成熟时才出现了小幅度的增长,最终含量基本一致(0.3 mg/g)。库尔勒地区的香梨在花后 100 d 时即检出了低含量的蔗糖,成熟时其含量相对阿克苏和酒泉两地最高,与两地差异显著($P < 0.05$)。

2.2 库尔勒香梨生育期主要酸类含量变化和组成

2.2.1 库尔勒香梨果实主要有机酸组成

研究表明,成熟库尔勒香梨果实中所含主要的有机酸是:苹果酸、柠檬酸、酒石酸和丁二酸。其中含量占比最高的酸为苹果酸,达到了 55%,库尔勒香梨为苹果酸优势型梨品种。柠檬酸是含量第二高的酸,苹果酸和柠檬酸是梨果实中最重要的 2 种有机酸。丁二酸在果实成熟前无检出,至成熟时含量占比达到了 14%。图 3

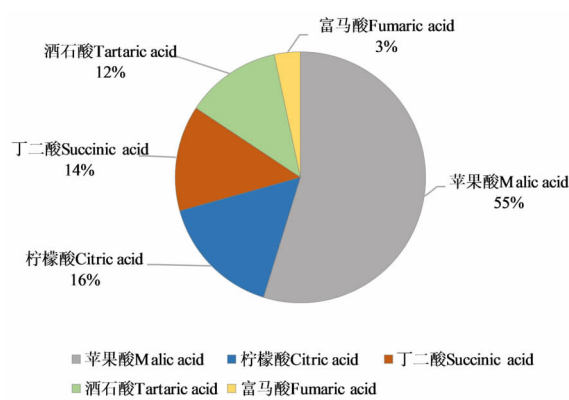


图 3 库尔勒香梨成熟果实主要有机酸组成

Fig. 3 Main organic acid composition of ripe fruit of Korla fragrant pear

2.2.2 库尔勒香梨果实生育期酸类含量变化

研究表明,在果实生育期,果实中总酸的含量

呈下降趋势。阿克苏和酒泉两地香梨发育初期的总酸含量较多,下降幅度也较大。而库尔勒市的香梨总酸含量初期相对较低,变化也较为平缓。至果实成熟时,阿克苏和酒泉地区香梨总酸含量一致(1.17 mg/g),库尔勒地区香梨的总酸含量相对最高(1.49 mg/g)。

苹果酸是库尔勒香梨果实中含量最高的酸,其变化动态与总酸相似,在整个生育期均呈下降趋势。至果实成熟时,库尔勒地区香梨的苹果酸含量最高,阿克苏地区的香梨中等,酒泉地区的含量最低。

在果实生长发育过程中,3 个地区香梨的酒石酸含量均呈先下降后上升趋势,但下降的幅度及最低点出现的时期不尽相同:库尔勒地区在花后 110 d,阿克苏地区在花后 130 d,酒泉地区在花后 140 d。在果实成熟时,库尔勒地区的酒石酸含量最高,阿克苏和酒泉地区的酒石酸含量相似。

在果实生长成熟过程中,阿克苏和酒泉 2 个地区香梨的柠檬酸含量变化动态比较相似,皆为先上升后下降。而库尔勒地区香梨的变化动态则不相同,呈现出先下降再上升的走势。在果实成熟时,库尔勒地区香梨的含量最高,阿克苏地区的次之,酒泉地区的最低。

富马酸是香梨果实中含量最低的有机酸之一。在花后 120 d 至果实成熟时,3 个地区香梨的富马酸含量均呈增长趋势,在果实成熟时达到峰值。在花后 100 ~ 120 d,库尔勒地区香梨的富马酸含量高于另外 2 个地区,但经过 30 余天的发育,至果实成熟时,3 个地区的含量已趋于一致,均为 0.04 mg/g 左右。

与其它有机酸不同,在香梨成熟前,果实中的丁二酸无检出,在成熟时才有少量检出。其中库尔勒市香梨的含量最低(0.11 mg/g),阿克苏市香梨的含量中等(0.18 mg/g),酒泉市香梨的含量最高(0.2 mg/g)。图 4

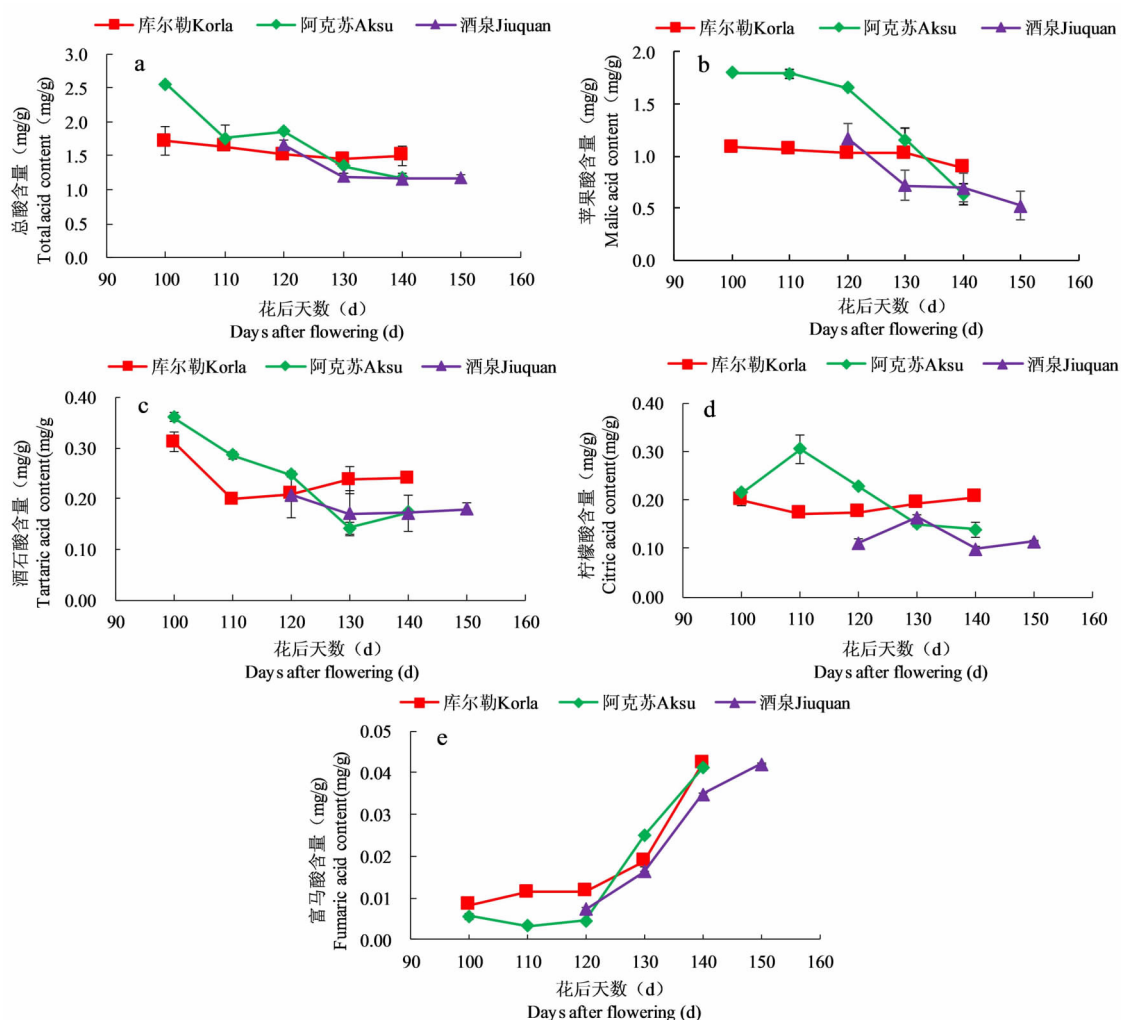


图4 库尔勒香梨果实生育期酸类含量变化

Fig. 4 Changes in the acid content of Korla fragrant pear fruits during the growth period

3 讨论

3.1 库尔勒香梨糖酸组成

糖类的种类和数量直接影响水果的风味特征,如甜度、口感等,是影响水果品质的重要因素^[8-9]。分析库尔勒香梨成熟果实的糖含量组成,香梨果实中主要的糖是果糖和葡萄糖,两者含量占3种糖含量总和的99%。而果糖是天然存在的甜度最高的糖,高占比的果糖含量是库尔勒香梨较高的甜度,这也与大众对库尔勒香梨香甜的品质认知相符。已有研究证实梨果实中的糖类包含山梨醇,山梨醇在梨幼果中含量较高^[10],随着发育成熟其含量逐渐降低^[11],是由于山梨醇通过山梨醇脱氢酶转化为果糖或葡萄糖^[12]。试验测定的葡萄糖含量有可能是葡萄糖和山梨醇二者

含量的加和。而库尔勒香梨果实中的山梨醇的具体含量有待进一步研究测定。

果实中有机酸组分和含量是影响其风味品质形成的重要因素之一^[13]。梨果实中有的机酸主要是苹果酸和柠檬酸,可根据柠檬酸和苹果酸的比值将不同品种划分为苹果酸优势型和柠檬酸优势型。白梨、砂梨和新疆梨中2种类型都有,但主要是苹果酸优势型^[14-15]。试验结果表明,苹果酸是库尔勒香梨果实中含量最高的有机酸(含量占比为55%),库尔勒香梨是苹果酸优势型梨品种。

3.2 库尔勒香梨生育期糖酸含量变化规律

试验结果表明,果实生育期是库尔勒香梨各种糖类积累的关键时期。虽然发育初期3个地区果实中的还原糖含量不同,但整体均大幅增长,至成熟时达到峰值,由于随着果实的发育成熟,其所

含的淀粉等储能物质水解生成果糖、葡萄糖、蔗糖等^[16]。果糖和葡萄糖是香梨果实中含量较高也是最重要的2种单糖,其含量的变化动态也基本与还原糖相同。蔗糖在香梨果实中的含量很低,在果实生长期含量很少,几乎无检出,在接近成熟时才出现了一定程度的增长,这也与 Oanh^[17]、于年文等^[18]的研究结果一致。影响果实糖含量的因素很多,有海拔、温度、湿度、昼夜温差、光照强度等自然因素,也有耕地、施肥、灌溉等因素,通过施肥、疏花疏果、喷洒植物调节剂等提高果实品质,促进果实糖分积累^[19]。水分对于果实膨大和有机物质积累具有重要作用,水分不足会影响果实生长膨大,造成产量降低,水分过高会影响果实中糖类的含量,造成品质的下降,应合理调控香梨的灌溉水量^[20]。

果实中总酸的含量随着果实的成熟而降低,可能是由于果实代谢总酸被消耗而下降,也有果实膨大、水分增加引起的“稀释”作用^[21]。苹果酸、酒石酸、柠檬酸的变化动态与总酸相同,皆呈下降走势。而香梨果实中的富马酸和丁二酸则在成熟期开始产生并逐渐增加,至果实成熟时达到最大值。

果实中糖酸的含量、组成和比例是决定果实品质和风味的重要因素。实验表明,种植在不同地区的库尔勒香梨果实的糖酸含量和比例不尽相同。例如果实成熟时,库尔勒地区香梨的还原糖含量(74 mg/g)与阿克苏地区香梨的还原糖含量(73.5 mg/g)无显著差异($P>0.05$),但前者的总酸含量(1.49 mg/g)高于后者(1.17 mg/g),因此,两者的糖酸比相差较多(48:62)。酒泉地区的香梨还原糖含量低于阿克苏地区,但前者的总酸含量同样低于后者,两者的糖酸比非常接近(60:62)。糖酸含量的不同使得3个地区香梨的品质也不相同,商品价格也高低不同。

影响果实生长过程中糖酸含量的因素有很多,如土肥条件、光照时长、温度、湿度等。目前已有部分单一因素对果实糖酸积累的研究,但全面的影响分析目前尚无,还需要进一步研究。

4 结 论

4.1 库尔勒香梨中主要的糖类是果糖和葡萄糖,两者占3种糖含量的99%;主要的有机酸是

苹果酸、柠檬酸、丁二酸和酒石酸;苹果酸含量最高,占5种有机酸含量的55%。

4.2 在果实2次膨大期和成熟期,还原糖、果糖、葡萄糖含量呈逐渐增长趋势;苹果酸、柠檬酸、酒石酸等主要有机酸含量呈逐渐下降趋势;糖酸比由花后100 d时的29增至140 d的57。

4.3 果实成熟时,阿克苏地区香梨的还原糖含量中等,总酸含量最低,糖酸比最高;库尔勒地区香梨的总酸、苹果酸、酒石酸、柠檬酸、葡萄糖、蔗糖含量最高,糖酸比最低;酒泉地区香梨的还原糖、葡萄糖、苹果酸、柠檬酸含量最低,果糖、丁二酸含量最高,糖酸比中等。库尔勒市的香梨采收时间在花后140 d,阿克苏市的香梨在花后140 d,甘肃酒泉香梨在花后150 d。

参考文献 (References)

- [1] 陈卫东. 库尔勒香梨起源的探讨[J]. 新疆林业, 1999, (1): 37-38.
CHEN Weidong. Discussion on the origin of Korla fragrant pear [J]. *Xinjiang Forestry*, 1999, (1): 37-38.
- [2] Reuscher S, Fukao Y, Morimoto R, et al. Quantitative Proteomics - Based Reconstruction and Identification of Metabolic Pathways and Membrane Transport Proteins Related to Sugar Accumulation in Developing Fruits of Pear (*Pyrus communis*) [J]. *Plant & Cell Physiology*, 2016;57(3): 505-518.
- [3] T. Visser T. Schaap A A, Vries D. Acidity and sweetness in apple and pear [J]. *Euphytica*, 1968, 17(2): 153-167.
- [4] 李刚波, 樊继德, 杨峰, 等. 2种早熟砂梨果实发育过程中糖含量的动态变化研究[J]. 江西农业学报, 2019, 31(6): 22-25.
LI Gangbo, FAN Jide, YANG Feng, et al. Study on the dynamic changes of sugar content during fruit development of two early-ripening sand pears [J]. *Jiangxi Journal of Agriculture*, 2019, 31(6): 22-25.
- [5] 姚改芳, 张绍铃, 曹玉芬, 等. 不同栽培种梨果实中可溶性糖组分及含量特征[J]. 中国农业科学, 2010, 43(20): 4229-4237.
YAO Gaifang, ZHANG Shaoling, CAO Yufen, et al. Characteristics of soluble sugar components and content in pear fruits of different cultivars [J]. *Scientia Agricultura Sinica*, 2010, 43(20): 4229-4237.
- [6] 杨盛, 白牡丹, 郝国伟, 等. ‘玉露香’梨果实发育过程中糖、酸积累特性研究[J]. 果树学报, 2019, 36(8): 1013-1019.
YANG Sheng, BAI Mudan, HAO Guowei, et al. Study on the characteristics of sugar and acid accumulation during fruit development of ‘Yuluxiang’ pear [J]. *Acta Fruit Science*, 2019, 36(8): 1013-1019.
- [7] 王芳芳. 黄金梨与鸭梨果实成熟期糖和酸含量变化的研究[J]. 食品科技, 2010, 35(1): 60-62.

- WANG Fangfang. Study on the change of sugar and acid content in golden pear and Ya pear fruit during ripening period [J]. *Food Science and Technology*, 2010, 35(1): 60–62.
- [8] Zhao Y, Geng J, Zhang Y, et al. Changes in Sugar Metabolism and Fruit Quality of Different Pear Cultivars During Cold Storage [J]. *Transactions of Tianjin University*, 2019, 25(4): 389–399.
- [9] 吕英民, 张大鹏. 果实发育过程中糖的积累[J]. 植物生理学通讯, 2000, (3): 258–265.
- LÜ Yingmin, ZHANG Dapeng. Sugar accumulation during fruit development [J]. *Plant Physiology Communications*, 2000, (3): 258–265.
- [10] 徐文清. 梨果实生长过程中糖酸组分变化及积累特性的研究[D]. 扬州: 扬州大学, 2016.
- XU Wenqing. Study on the changes of sugar and acid components and accumulation characteristics during the growth of pear fruit [D]. Yangzhou: Yangzhou University, 2016.
- [11] 熊碧玲, 汪志辉, 刘燕. 鲜黄梨果实糖积累及山梨醇转化相关酶活性的变化[J]. 中国南方果树, 2011, 40(4): 24–26.
- XIONG Biling, WANG Zhihui, LIU Yan. Sugar accumulation in fresh yellow pear fruits and changes in enzyme activities related to sorbitol conversion [J]. *South China Fruit Tree*, 2011, 40(4): 24–26.
- [12] Yamaki, Shohei. Metabolism and Accumulation of Sugars Translocated to Fruit and Their Regulation [J]. *Journal of the Japanese Society for Horticultural Science*, 2010, 79(1): 1–15.
- [13] Silva O, Ferraz V. Microwave – assisted preparation of sugars and organic acids for simultaneous determination in citric fruits by gas chromatography [J]. *Food Chemistry*, 2004, 88(4): 609–612.
- [14] 沙守峰, 张绍铃, 李俊才. 梨果实有机酸代谢研究进展[J]. 河北林果研究, 2011, 26(1): 69–71.
- SHA Shoufeng, ZHANG Shaoling, LI Juncui. Research Progress in Organic Acid Metabolism of Pear Fruit [J]. *Hebei Forest and Fruit Research*, 2011, 26(1): 69–71.
- [15] 霍月青, 胡红菊, 彭抒昂, 等. 砂梨品种资源有机酸含量及发育期变化[J]. 中国农业科学, 2009, 42(1): 216–223.
- HUO Yueqing, HU Hongju, PENG Shuang, et al. Organic acid content and developmental changes of sand pear variety resources [J]. *Scientia Agricultura Sinica*, 2009, 42(1): 216–223.
- [16] 吴海波, 郭红彦, 任达, 等. 枣果实不同生长发育期可溶性糖含量研究[J]. 安徽农学通报, 2013, 19(9): 58–60.
- WU Hai-bo, GUO Hongyan, REN Da, et al. Study on the soluble sugar content of jujube fruits in different growth and development stages [J]. *Anhui Agricultural Science Bulletin*, 2013, 19(9): 58–60.
- [17] Oanh V, Hanoi University of Agricultural, Lam G. Changes of Fruit Characteristics and Cell Wall Component during Maturation and Ripening in Asian Pear Hanareum', Manpungbae', and Nititaka' (Pyrus pyrifolia Nakai) [J]. *Korean Journal of Horticultural Science and Technology*, 2012, 30(4): 345–356.
- [18] 于年文, 李俊才, 郭修武, 等. 南果梨果实糖、酸变化规律[J]. 西北农业学报, 2010, 19(11): 131–134.
- YU Nianwen, LI Juncui, GUO Xiuwu, et al. The change law of sugar and acid in Nanguo pear fruit [J]. *Acta Agriculturae Boreali – occidentalis Sinica*, 2010, 19(11): 131–134.
- [19] Zhou L, Christopher D A, Paull R E. Defoliation and Fruit Removal Effects on Papaya Fruit Production, Sugar Accumulation, and Sucrose Metabolism [J]. *Journal of the American Society for Horticultural Science*, 2000, 125(5): 644–652.
- [20] Ebel R C, Proebsting E L, Patterson M E. Regulated Deficit Irrigation May Alter Apple Maturity, Quality, and Storage Life [J]. *Hort Science*, 1993, 28(2): 141–143.
- [21] 许娟. 库尔勒香梨果实生长发育期及贮藏期生理生化特性研究[D]. 乌鲁木齐: 新疆农业大学, 2015.
- XU Juan. Study on the Physiological and Biochemical Characteristics of Korla Fragrant Pear Fruit during the Growth and Storage Period [D]. Urumqi: Xinjiang Agricultural University, 2015.

Study on the Regularity of the Quality Change of Korla Fragrant Pear during the Growth Period

GUO Hang^{1,2}, ZHANG Rui^{1,2}, WANG Zhi², QIAO Kunyun², YAN Nana², ZHAO Duoyong²

(1. College of Food Sciences and Pharmacy, Xinjiang Agricultural University, Urumqi 830052, China; 2. Laboratory of Quality and Safety Risk Assessment for Agro – Products (Urumqi), MOARA / Key Laboratory of Xinjiang Agro – Products Quality and Safety/Research Institute of Agricultural Quality Standards & Testing Technology, Xinjiang Academy of Agricultural Sciences, Urumqi 830091, China)

Abstract: [Objective] To compare the differences in the sugar and acid content of Korla fragrant pears during the growth period of the three regions: KorlaAksu, Xinjiang and Jiuquan, Gansu, and explore the quality changes of the fruit during the growth period so as to provide references for quality control and reasonable harvest of fragrant pears. **[Method]** Korla fragrant pear fruits 100 – 150 d after flowering (secondary expansion and maturity) were collected, and direct titration was used to determine reducing sugar and total acid content, and high performance liquid chromatography to determine fructose, glucose and sucrose, and the contents of five organic acids: malic acid, succinic acid, citric acid, tartaric acid, and fumaric acid, and finally their changes with fruit growth were explored. **[Results]** As the fruits continued to grow and mature, reducing sugar, fructose, and glucose showed a gradual increase trend. The fragrant pears in Korla and Aksu reached the maximum value of fructose at 140 d after flowering (150 d in Jiuquan); The glucose content of pears reached the maximum 120 d after flowering (130 d in Aksu and Jiuquan); the main organic acids such as malic acid, citric acid, and tartaric acid showed a gradual decline, and the content of malic acid and tartaric acid reached the minimum 140 d after flowering (150 d in Jiuquan); the sugar – acid ratio increased from 29 at 100 days after flowering to 57 at 140 days. The contents of fructose, glucose, and sucrose in ripe Korla fragrant pear fruits were 51.1, 51.0 and 0.83 mg/g; the contents of malic acid, citric acid, succinic acid, tartaric acid, and fumaric acid were 0.68, 0.20, 0.17, 0.15 and 0.04 mg/g, respectively. **[Conclusion]** The sugars in fragrant pear fruits are mainly fructose and glucose, which account for 99% of the three sugars. Organic acids are mainly malic acid, citric acid, succinic acid and tartaric acid, the four of which account for 97% of the five organic acids. The ratio of sugar to acid reached the best ratio 140 days after flowering. It is recommended that the fragrant pears in Korla and Aksu should be harvested 140 days after flowering, and the fragrant pears in Jiuquan CityGansu should be harvested 150 days after flowering.

Key words: Korla fragrant pear; growth period; quality; fructose; organic acid

Fund project: Project of the National Natural Science Foundation of China (31960504) ; Open Project for the Key Laboratories of Xinjiang Uygur Autonomous Region (2019D04013)

Correspondence author: ZHAO Duoyong (1980 –), male, native place: Qitai, Xinjiang. Ph. D., researcher, research field: agricultural product quality and food safety, (E – mail) luckydyz@163.com