

薛晓敏,韩雪平,王金政,等.不同采收期李果实糖酸组分分析[J].江苏农业科学,2020,48(21):220-224.
doi:10.15889/j.issn.1002-1302.2020.21.041

不同采收期李果实糖酸组分分析

薛晓敏,韩雪平,王金政,董 放

(山东省果树研究所,山东泰安 271000)

摘要:以金艳、金丰李为试材,用高效液相色谱法(HPLC)测定不同采收期糖酸组分及含量,分析其动态变化和相关性。结果表明,随着成熟度增加,2个李品种蔗糖、葡萄糖、果糖、山梨醇含量均呈上升趋势,在九成熟时达最高值;酸含量变化趋势在品种间有差异,金艳的总酸含量随着成熟度的增加呈先增后降趋势,而金丰的总酸含量随着成熟度的增加而增加;相关性分析显示,山梨醇与总糖含量相关性最强($r=0.880$),构成李果实总糖的最重要部分。综合分析认为,鲜食的金艳可在八成熟至九成熟采收,金丰则需在九成熟采收。

关键词:采收期;李果实;糖酸组分;糖酸比

中图分类号: TS255.1 **文献标志码:** A **文章编号:** 1002-1302(2020)21-0220-04

李果实营养丰富、酸甜可口,能加工果干、果脯和罐头等众多种类,深受众多消费者喜爱^[1]。果实品质直接影响市场竞争力,品质评价是果实选优和良种选育的重要依据^[2-3]。随着果实成熟,色、香、味发生明显改变,最终达到人们消费需求的食用品质,而食用品质的改变主要是由于糖类和酸类物质转化引起,糖和酸的组成和含量是影响果实口感的重要因素之一^[4-8]。有研究表明,有机酸是评价新鲜李果实质量的重要指标,不同品种果实中所含的有机酸含量具有明显差别,其主要作用是抑制 O_2 的积累,延缓 H_2O_2 含量的降低,增强抗氧化酶的活性以及增加相关抗衰老蛋白或防御蛋白的表达等^[9-11]。此外,果实糖酸比决定口感和香气,对水果的整体质量起着至关重要的作用^[12-14]。

本研究采用高效液相色谱法(high performance liquid chromatography, HPLC)对金艳、金丰2个李品种在不同采收期的糖、酸组分进行测定,并分析其动态变化和相关性,为了解果实的营养风味特征和适期采收提供参考依据。

1 材料与方法

1.1 试验材料

李果实采自山东省果树研究所泰东基地(117°01'09"E、36°12'55"N),树龄11年生,砧木为毛樱桃,树形为“V”字形,株行距2.0 m×4.0 m,南北行向,土壤为平原沙壤土,pH值6.9,有机质含量1.3%,有效氮含量95 mg/kg,有效磷含量59 mg/kg,有效钾含量15 mg/kg,灌溉条件良好,管理水平中等偏上。

不同采收期设七成熟、八成熟和九成熟3个阶段,随机选取5株树,在树冠外围中上部随机采取色泽相近、成熟度一致的健康果实50个,放入带有冰块的泡沫箱运回实验室进行测定分析,常规测定后(相关指标见表1)取果肉,铝箔纸包裹,液氮速冻,贮存在-80℃冰箱中,用于分析糖酸组分。

蔗糖、葡萄糖、果糖、山梨醇、草酸、酒石酸、苹果酸、乙酸、柠檬酸、琥珀酸、丙酮酸等标准品均购自上海源叶生物科技有限公司;乙腈、甲醇均购自德国Meker公司;磷酸、磷酸二氢钾均购自天津市风船化学试剂科技有限公司;高效液相色谱仪美国Agilent公司,型号为1100。

1.2 试验方法

参照Hwang等的提取方法^[15],糖类与有机酸类提取稍有改动。有机酸类提取步骤:称取约0.2 g样品,在样品中加入0.5 mL预冷的去离子水,移入EP管内,超声提取60 min,离心取上清液,残渣用0.2 mL去离子水超声20 min,离心取上清,合并上

收稿日期:2020-01-07

基金项目:山东省农业良种工程项目。

作者简介:薛晓敏(1979—),女,河北邯郸人,硕士,副研究员,主要从事水果遗传育种与栽培研究。E-mail: xuexiaomin79@126.com。

通信作者:王金政,研究员,主要从事水果遗传育种与栽培研究。

E-mail: wjz992001@163.com。

表 1 2 个李品种不同成熟度相关指标

品种	成熟度	果实发育期 (d)	果皮颜色	单果质量 (g)	果肉硬度 (kg/cm ²)	可溶性固形物含量 (%)
金艳	七成熟	90	底色绿,1/3 红色	46.11 ± 0.14b	11.11 ± 0.12a	14.09 ± 0.05b
	八成熟	95	2/3 鲜红	50.04 ± 0.10ab	9.41 ± 0.09b	14.85 ± 0.05a
	九成熟	100	全部深红或紫红	53.79 ± 0.24a	8.03 ± 0.09c	15.20 ± 0.06a
金丰	七成熟	90	2/3 紫红	86.34 ± 0.13b	12.96 ± 0.10a	11.94 ± 0.07c
	八成熟	95	全部紫红	90.12 ± 0.12b	12.54 ± 0.11a	12.75 ± 0.09b
	九成熟	100	全部黑紫	105.62 ± 0.15a	10.39 ± 0.10b	13.74 ± 0.10a

注:同栏同列不同小写字母表示差异显著($P < 0.05$)。表 2、表 3 同。

清,用去离子水定容至 1 mL,混匀,经 0.22 μm 水相微孔滤膜进行过滤后待测。

糖类提取步骤:称取约 0.2 g 样品,研磨过夜浸提,4 ℃、8 500 r/min 离心 10 min,取上清液,调节 pH 值至 5~9,使用 0.22 μm 水相微孔滤膜过滤到带有内衬管的样品瓶待测。

糖类测定条件:使用 Agilent 1100 高效液相色谱仪,Kro-masil NH₂ (250 mm × 4.6 mm) 色谱柱,流动相为纯水,流速 0.6 mL/min,RID-10 示差检测器,柱温 80 ℃,进样量 10 μL,测定时间 30 min。

有机酸类测定条件:使用 Kromasil C₁₈ 反相色谱 (250 mm × 4.6 mm,5 μm),流动相的配置为 1.56 g 磷酸二氢钠溶于 800 mL 水中,加入 16 mL 甲醇,用磷酸调节溶液 pH 值为 2.8,进样量 10 μL,流速 0.8 mL/min,柱温 25 ℃,走样时间为 20 min,紫外波长 214 nm,使用外标法进行定量。

总糖 = 蔗糖 + 葡萄糖 + 果糖 + 山梨糖醇;总酸 = 草酸 + 酒石酸 + 苹果酸 + 乙酸 + 柠檬酸 + 琥珀酸 + 丙酮酸;糖酸比 = 总糖/总酸。

1.3 数据分析

采用 Excel 2016、SPSS 19.0 软件进行数据统计

与分析,Origin 2018 软件进行作图分析,Duncan's 法 ($P < 0.05$) 进行均值间的比较,采用 Pearson 相关系数法进行相关性分析。

2 结果与分析

2.1 不同采收期李果实糖含量动态变化

如表 2 所示,随着成熟度增加,2 个李品种各种糖含量均呈上升趋势,于九成熟时达最高值。其中,葡萄糖含量在总糖中的占比最高,在九成熟时金艳、金丰的葡萄糖含量分别占总糖含量的 31.45%、40.87%;其次为果糖,九成熟时金艳、金丰的果糖含量约占总糖含量的 21.83%、26.01%;再次为山梨醇,而蔗糖对总糖的贡献最小。在金艳中,蔗糖和山梨醇含量在成熟过程中迅速增加,九成熟的蔗糖和山梨醇含量分别为七成熟时的 2.58 倍、1.55 倍;金丰李的山梨醇含量随果实成熟迅速积累,九成熟的的山梨醇含量为七成熟时的 1.24 倍,而蔗糖含量则增长缓慢,九成熟的蔗糖含量仅为七成熟时的 1.19 倍。在九成熟,金艳李的总糖含量和蔗糖含量均明显高于金丰李,因此金艳的口感甜度要高于金丰。

表 2 不同采收期 2 个李品种果实糖含量变化

品种	成熟度	糖含量 (mg/g)				
		蔗糖	葡萄糖	果糖	山梨醇	总糖
金艳	七成熟	11.26 ± 0.06c	38.59 ± 0.02b	26.87 ± 0.01a	20.52 ± 0.02b	97.25 ± 0.01c
金艳	八成熟	15.16 ± 0.03b	40.39 ± 0.03ab	27.00 ± 0.16a	20.67 ± 0.07b	103.22 ± 0.03b
金艳	九成熟	29.04 ± 0.01a	40.94 ± 0.03a	28.41 ± 0.05a	31.77 ± 0.04a	130.16 ± 0.02a
金丰	七成熟	7.18 ± 0.01b	42.06 ± 0.01c	28.19 ± 0.10a	24.09 ± 0.04b	101.52 ± 0.03b
金丰	八成熟	7.36 ± 0.09b	44.19 ± 0.02b	29.97 ± 0.06a	28.89 ± 0.03a	110.41 ± 0.01a
金丰	九成熟	8.54 ± 0.02a	47.34 ± 0.01a	30.13 ± 0.15a	29.83 ± 0.06a	115.84 ± 0.04a

2.2 不同采收期李果实酸含量动态变化

如表 3 所示,随着成熟度增加,金艳李总酸含量呈先升后降趋势,金丰李总酸含量呈持续上升趋势。

其中苹果酸在总酸中的占比很高,在九成熟时金艳、金丰的苹果酸含量分别占总酸含量的 90.84%、92.10%;其次为柠檬酸,九成熟时金艳、金

丰的柠檬酸含量约占总酸含量的 4.47%、3.02%；琥珀酸含量最少,金艳的琥珀酸含量仅占总酸含量的 0.08%~0.18%,金丰的琥珀酸含量仅占总酸含

量的 0.08%~0.25%。在九成熟时,金丰李的总酸含量明显高于金艳李,因此金丰的口感酸度要高于金艳。

表 3 不同采收期 2 个李品种果实酸含量变化

品种	成熟度	酸含量 (mg/g)							总酸
		草酸	酒石酸	苹果酸	乙酸	柠檬酸	琥珀酸	丙酮酸	
金艳	七成熟	0.356 ± 0.037a	0.068 ± 0.023c	11.876 ± 0.045b	0.341 ± 0.063a	0.370 ± 0.045c	0.010 ± 0.006c	0.044 ± 0.026b	13.066 ± 0.529b
金艳	八成熟	0.244 ± 0.013c	0.102 ± 0.040b	14.150 ± 0.056a	0.336 ± 0.015a	0.483 ± 0.040b	0.027 ± 0.002a	0.051 ± 0.020a	15.394 ± 0.053a
金艳	九成熟	0.271 ± 0.028b	0.136 ± 0.015a	13.196 ± 0.073ab	0.218 ± 0.056b	0.649 ± 0.062a	0.016 ± 0.010b	0.040 ± 0.029c	14.526 ± 0.066ab
金丰	七成熟	0.100 ± 0.040a	0.208 ± 0.048b	12.960 ± 0.135b	0.337 ± 0.047b	0.501 ± 0.018b	0.015 ± 0.012b	0.040 ± 0.025b	14.162 ± 0.122b
金丰	八成熟	0.063 ± 0.055c	0.165 ± 0.040c	13.240 ± 0.108ab	0.392 ± 0.036a	0.635 ± 0.077a	0.036 ± 0.014a	0.049 ± 0.031a	14.579 ± 0.095ab
金丰	九成熟	0.091 ± 0.006b	0.257 ± 0.023a	15.779 ± 0.040a	0.426 ± 0.068a	0.517 ± 0.010b	0.014 ± 0.011c	0.048 ± 0.032a	17.132 ± 0.039a

2.3 不同采收期李果实糖酸比动态变化

由图 1 可知,金艳李糖酸比随果实成熟呈先降后升趋势,金丰李则正好相反,呈先升后降趋势。在七成熟时,2 个品种糖酸比分别为 7.44、7.17,仅相差 0.27;八成熟时,由于金艳中苹果酸迅速积累,导致糖酸比降至 6.71,而金丰的糖积累大于酸积累,糖酸比升至 7.57;九成熟时,金艳李由于蔗糖和山梨醇的迅速积累,使糖酸比迅速升高,而金丰李在该阶段酸积累远大于糖积累,使糖酸比降至 6.76,达到 3 个采收阶段的最低值。

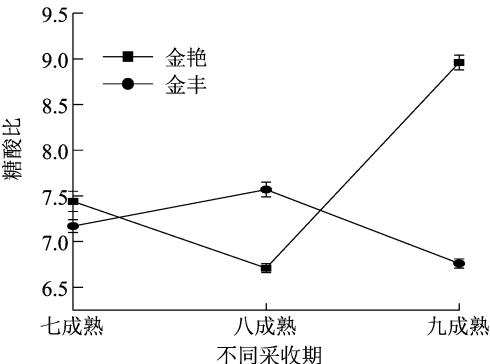


图1 不同采收期李果实中糖酸比动态变化

2.4 不同品种李果实糖酸组分含量的相关性分析

相关性分析(表 4)表明,糖、酸组分之间存在一定相关性。其中总糖与蔗糖、山梨醇呈极显著正相关关系,与山梨醇相关性较强($r = 0.880$);葡萄糖与山梨醇呈极显著正相关关系,相关系数为 0.601。总酸与苹果酸之间为极显著正相关关系,相关系数高达 0.999;与酒石酸存在显著正相关关系,相关系数为 0.549。丙酮酸和琥珀酸之间存在极显著正相关关系,相关系数为 0.596。总糖与柠檬酸以及总酸与葡萄糖之间存在极显著正相关关系,相关系数分别为 0.756、0.645;蔗糖与草酸间存在显著正相

关关系,与乙酸间存在极显著负相关关系,相关系数分别为 0.560、-0.864;葡萄糖与酒石酸、苹果酸和乙酸间存在极显著正相关关系,相关系数分别为 0.871、0.624、0.595,与草酸间存在极显著负相关关系,相关系数 -0.802;山梨醇与柠檬酸间存在极显著正相关关系,相关系数为 0.812,与酒石酸间存在显著正相关,相关系数为 0.559。以上分析说明,不同品种李果实中的糖酸间存在一定的相关性,其含量综合影响果实的风味。

3 讨论与结论

3.1 不同采收期李果实中糖酸动态变化

研究表明,不同品种李果实随着成熟度的增加,糖含量呈现逐渐上升的趋势,在九成熟时达到最高点,这说明李果实不同种类糖组分均在果实的发育后期进行积累,应该与果实中淀粉逐渐转化成糖,或者是由于相关酶活性增加有关,与前人研究结果^[16-17]一致。在有机酸含量变化中,金艳果实的总酸含量随着成熟度的增加先增加后降低,而金丰果实中的总酸含量则呈现增加趋势,存在品种差异,进而使其在九成熟时糖酸比差异明显。通过相关性分析,总糖与蔗糖、山梨醇呈极显著正相关,总酸与苹果酸呈极显著正相关,与酒石酸呈显著正相关,这说明不同糖酸间的含量变化具有相关性,针对其代谢关系需要进一步进行机制探讨。

3.2 成熟期李果实中糖酸构成特点

评价果实品质的主要营养物质是糖酸含量及其种类^[18],已有研究表明,甜樱桃果实中葡萄糖含量最高,果糖含量最少,有机酸以苹果酸为主^[19];番茄果实中主要包括葡萄糖、果糖、蔗糖、半乳糖等糖类物质,主要有机酸为柠檬酸^[20];越橘果实中以葡

表 4 不同采收期李子糖和有机酸相关性分析

糖酸 种类	相关系数												
	蔗糖	葡萄糖	果糖	山梨醇	总糖	草酸	酒石酸	苹果酸	乙酸	柠檬酸	琥珀酸	丙酮酸	总酸
蔗糖	1.000												
葡萄糖	-0.376	1.000											
果糖	-0.141	0.288	1.000										
山梨醇	0.330	0.601 **	0.375	1.000									
总糖	0.684 **	0.320	0.375	0.880 **	1.000								
草酸	0.560 *	-0.802 **	-0.387	-0.442	-0.101	1.000							
酒石酸	-0.370	0.871 **	0.340	0.559 *	0.285	-0.841 **	1.000						
苹果酸	-0.098	0.624 **	0.247	0.349	0.299	-0.401	0.537 *	1.000					
乙酸	-0.864 **	0.595 **	0.186	-0.091	-0.426	-0.574 *	0.456	0.332	1.000				
柠檬酸	0.395	0.397	0.215	0.812 **	0.756 **	-0.459	0.334	0.132	-0.264	1.000			
琥珀酸	-0.155	0.184	0.146	0.103	0.020	-0.436	-0.051	0.092	0.215	0.506 *	1.000		
丙酮酸	-0.390	0.315	0.038	-0.177	-0.247	-0.215	-0.020	0.408	0.653 **	-0.098	0.596 **	1.000	
总酸	-0.086	0.645 **	0.252	0.382	0.327	-0.414	0.549 *	0.999 **	0.333	0.166	0.106	0.413	1.000

注：*、** 分别表示显著 ($P < 0.05$)、极显著 ($P < 0.01$)。

葡萄糖和果糖为主,柠檬酸为主要有机酸^[21]。李子果实中主要糖类物质为葡萄糖,其次是山梨醇,蔗糖和果糖含量较低;主要有机酸为苹果酸,其次是柠檬酸、乙酸、酒石酸、草酸、丙酮酸和琥珀酸含量较低。本研究结果与先前学者研究^[22-23]具有一致性,说明果实中糖酸含量和种类与李果实的品质具有一定的关联性。

3.3 李果实中糖酸比动态变化

研究表明,糖酸比作为评价果实品质与风味的主要指标,其在李果实发育期不断变化,且不同品种间的糖酸比变化趋势具有差异性,不同采收期糖酸比也存在较大的差别,进而影响果实最终成熟的口感。根据试验结果,鲜食的金艳宜在八成熟至九成熟采收,金丰作为深加工的原料,八成熟的金丰果实远销各地,九成熟的金艳就地销售,从而提高李子果实的利用率,增加经济收入。

参考文献:

- [1] 王海青,龙忠伟,王艳辉. 辽西晚红李子加工用果丰产栽培技术[J]. 防护林科技,2018(2):81,84.
- [2] 包九零,乔光,刘沛宇,等. 不同品种大樱桃果实品质的评价[J]. 华中农业大学学报,2016,35(3):12-16.
- [3] Megías - Pérez R, Gamboa - Santos J, Soria A C, et al. Survey of quality indicators in commercial dehydrated fruits [J]. Food Chemistry,2014,150:41-48.
- [4] 梁芳菲,王小容,邓丽莉,等. 采后柑橘果实糖酸代谢研究进展[J]. 食品与发酵工业,2018,44(10):268-274.
- [5] Hu H J, Chen Q L, Wang Y P, et al. Changes in contents of sugar and acid during fruit development of four sand pears[J]. Journal of Huazhong Agricultural University,2007(2):23-27.

- [6] Lakkakula A, Geaghan J P, Wong W P, 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.
- [7] Huang Y, Li W H, Zhao L, et al. Melon fruit sugar and amino acid contents are affected by fruit setting method under protected cultivation[J]. Scientia Horticulturae,2017,214:288-294.
- [8] 张丹,丁萌,赵余庆. 水果有机酸转化活性人参皂苷的研究进展[J]. 沈阳药科大学学报,2017,34(7):606-612.
- [9] Huang H, Jing G X, Guo L F, et al. Effect of oxalic acid on ripening attributes of banana fruit during storage[J]. Postharvest Biology & Technology,2013,84:22-27.
- [10] Cao S F, Zheng Y H, Wang K T, et al. Effect of methyl jasmonate on cell wall modification of loquat fruit in relation to chilling injury after harvest[J]. Food Chemistry,2010,118(3):641-647.
- [11] Wang Q, Lai T F, Qin G Z, et al. Response of jujube fruits to exogenous oxalic acid treatment based on proteomic analysis[J]. Plant and Cell Physiology,2009,50(2):230-242.
- [12] Asencio A D, Serrano M, García - Martínez S, et al. Organic acids, sugars, antioxidant activity, sensorial and other fruit characteristics of nine traditional Spanish *Citrus* fruits [J]. European Food Research & Technology,2018,244:1497-1508.
- [13] 周先艳,朱春华,李进学,等. 果实有机酸代谢研究进展[J]. 中国南方果树,2015,44(1):120-125,132.
- [14] 李佳秀,张春岭,刘慧,等. 草莓汁中糖酸组成分析及其在掺假鉴别中的应用[J]. 食品工业科技,2019,40(21):268-273.
- [15] Hwang H, Kim Y J, Shin Y. Influence of ripening stage and cultivar on physicochemical properties, sugar and organic acid profiles, and antioxidant compositions of strawberries [J]. Food Science and Biotechnology,2019,28:1659-1667.
- [16] 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.

聂梅梅,肖亚冬,李大婧,等.超微粉碎对怀山药粉抗氧化和体外消化性的影响[J].江苏农业科学,2020,48(21):224-228.
doi:10.15889/j.issn.1002-1302.2020.21.042

超微粉碎对怀山药粉抗氧化和体外消化性的影响

聂梅梅¹,肖亚冬¹,李大婧¹,冯 蕾¹,张钟元¹,张培通²,刘春泉¹,宋江峰¹,武敬楠,杨慧珍¹

(1.江苏省农业科学院农产品加工研究所,江苏南京 210014; 2.江苏省农业科学院经济作物研究所,江苏南京 210014)

摘要:采用振动式超微粉碎机对怀山药进行超微粉碎,研究超微粉碎前后怀山药粉抗氧化活性变化及其在体外模拟消化过程中功能性成分溶出率的影响。结果表明,超微粉碎显著改善了怀山药粉的抗氧化性、体外消化特性和胰脂肪酶活性抑制率。超微粉碎显著降低了怀山药粉体的粒径,超微粉碎 5 min,粒径可以达到超微粉的要求。超微粉碎显著改善了怀山药粉的 DPPH 自由基清除率和 Fe^{2+} 螯合能力,超微粉碎 5 min,怀山药粉的 DPPH 自由基清除率比普通粉碎显著提高 37.20 百分点。此外,怀山药超微粉在胃肠消化中多糖得率显著高于普通粉碎。超微粉碎显著提高了怀山药粉的胰脂肪酶活性抑制率,超微粉碎 5 min 胰脂肪酶活性抑制率较高。

关键词:怀山药粉;超微粉碎;体外消化;抗氧化;胰脂肪酶活性

中图分类号:TS201.1 **文献标志码:**A **文章编号:**1002-1302(2020)21-0224-05

怀山药 (*Dioscorea oppositifolia* L.) 是我国传统的药食同源物之一,富含糖蛋白、山药多糖、薯蓣皂苷元、淀粉、各种游离氨基酸和黄酮等生物活性成分^[1-2],具有调节免疫、抗衰老、抗氧化、降血糖和降血脂等生理活性^[3-4]。但因其收获季节集中,新鲜原料含水量高、体积大、易折断,常温下不耐贮存,易褐变腐烂,使保存和运输都很困难,直接影响其食用性,极大地限制了山药在食品中的应用。

超微粉碎作为一种新型的食品加工改性方法,指通过物理的剪切挤压等技术来克服被粉碎物料内部的凝聚力,从而达到使物料粒径极大程度减小

的目的,将物料粒径粉碎至 10~25 μm ,由于粉碎细度远超普通粉碎方式,得到的粉体比表面积大、表面活性强,且会出现普通粉体所不具备的特殊功能,因此被广泛地应用于食品领域中^[5-6]。超微粉碎可以粉碎常温下难以粉碎的物料,如葡萄籽和食用菌等,粉碎后的粉体,粒度更加微小和均匀,溶解性能改善,营养成分溶出率增加,易于人体吸收^[7-8]。最新研究表明,超微粉碎后荞麦粉的理化性质与降糖及抗氧化功能特性显著提升^[9]。然而关于超微粉碎对山药粉功能营养成分变化的研究较少。刘亚男筛选出怀山药粉的最佳干燥方式为喷雾干燥^[10]。张雪等研究分析超微粉碎增加了怀山药粉中多糖溶出率,然而得出其粉碎时间为 3 h,能耗较高^[11],不适宜在工业化中应用。

为延长怀山药的贮藏期,提高怀山药的综合利用价值,本研究结合前期的试验结果,以真空冷冻干燥后的怀山药为原料制备粗粉,采用超微粉碎机

收稿日期:2020-08-20

基金项目:国家重点研发计划(编号:2017YFD0400901)。

作者简介:聂梅梅(1993—),女,山东齐河人,硕士,主要从事农产品加工与贮藏研究。E-mail:1148309350@qq.com。

通信作者:李大婧,博士,研究员,主要从事农产品加工与综合利用研究。E-mail:lidajing@163.com。

[17]叶丽琴,孙 萌,张忠爽,等.不同发育阶段欧李果实糖酸变化规律研究及相关性分析[J].食品工业科技,2017,38(5):98-102.

[18]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.

[19]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(增刊):103-109.

[20]赵建涛.番茄果实主要糖酸成分全基因组关联分析[D].杨凌:西北农林科技大学,2016.

[21]刘有春,陶承光,魏永祥,等.越橘果实糖酸含量和不同发育阶

段的变化及其与叶片中可溶性糖含量的相关关系[J].中国农业科学,2013,46(19):4110-4118.

[22]刘 硕,刘有春,刘 宁,等.李属(*Prunus*)果树品种资源果实糖和酸的组分及其构成差异[J].中国农业科学,2016,49(16):3188-3198.

[23]Singh S P, Singh Z, Swinny E E. Sugars and organic acids in Japanese plums (*Prunus salicina* Lindell) as influenced by maturation, harvest date, storage temperature and period [J]. International Journal of Food Science & Technology, 2010, 44(10): 1973-1982.