

不同类型西瓜果实糖酸组分含量分析

赵胜杰, 高磊, 路绪强, 何楠, 刘文革

(中国农业科学院郑州果树研究所 郑州 450009)

摘要: 采用离子色谱法对 20 个不同西瓜种质资源成熟果实中的可溶性糖和有机酸组分及含量进行测定和分析。结果表明, 西瓜果实中可溶性糖主要是果糖和蔗糖, 共占总糖含量的 80.06%, 与总糖呈极显著正相关, 在不同种质间变化幅度较大, 变幅分别为 $3.02\sim 41.58 \text{ mg}\cdot\text{g}^{-1}$ 和 $0\sim 46.03 \text{ mg}\cdot\text{g}^{-1}$; 果实中有机酸主要是苹果酸, 占总酸含量的 83.88%, 与总酸呈极显著正相关, 变幅为 $1.66\sim 5.38 \text{ mg}\cdot\text{g}^{-1}$; 不同种质西瓜果实中的可溶性糖和有机酸含量存在明显差异, 黏籽西瓜中柠檬酸的变异系数最大, 达到了 133%, 而蔗糖的变异系数最小为 0。研究结果为了解西瓜种质间的果实品质差异提供科学依据, 以及为今后开展不同品种资源的品质评价及品种选育提供参考。

关键词: 西瓜; 可溶性糖; 有机酸

Analysis of components and contents of soluble sugars and organic acids in watermelon germplasm

ZHAO Shengjie, GAO Lei, LU Xuqiang, HE Nan, LIU Wenge

(Zhengzhou Fruit Research Institute, Chinese Academy of Agricultural Sciences, Zhengzhou 450009, Henan, China)

Abstract: Components and contents of soluble sugars and organic acids in mature fruit of watermelon germplasm were determined and analyzed by ion chromatography. The results indicated that the soluble sugars in watermelon were fructose and sucrose, which accounted for 80.06% of the value of total sugars and showed very significant positive correlation with total sugars, the value varied from $3.02\sim 41.58 \text{ mg}\cdot\text{g}^{-1}$ and $0\sim 46.03 \text{ mg}\cdot\text{g}^{-1}$ among germplasm respectively. The major organic acid was malic acid, which accounting for 83.88% of the value of total acids, showed very significant positive correlation with total acids, the value ranged from $1.66\sim 5.38 \text{ mg}\cdot\text{g}^{-1}$. The content of soluble sugars and organic acids were highly different in different watermelon germplasm, and the variable coefficient of citric acid in *Citrullus lanatus* ssp. *mucosospermus* was up to 133% while the variable coefficient of sucrose is 0. These results provided scientific basis for understanding the difference of fruit quality in different watermelon germplasm and a reference for evaluation germplasm resources and variety breeding in the future.

Key words: Watermelon; Soluble sugars; Organic acids

西瓜 [*Citrullus lanatus* (Thunb.) Matsum. & Nakai] 是属于葫芦科西瓜属的一年生蔓性草本植物, 在世界园艺产业中始终占有重要地位, 生产规模仅次于葡萄、香蕉、柑橘和苹果, 居第 5 位。据联合国粮农组织 2013 年统计, 世界上西瓜的收获面积达到了水果收获面积的 5.4%, 产量占 13.4%, 分别居世界水果收获面积和产量的第 7 位和第 1 位。

可溶性糖和有机酸既是西瓜果实中的重要营养成分, 又是主要的风味物质, 其组分含量及比例直接影响果实的酸甜风味及口感、品质和商品价

值。研究可溶性糖和有机酸风味物质的组成及含量对果实风味品质形成的影响, 以及对西瓜品质评价和品种改良具有重要意义。有关西瓜果实可溶性糖和有机酸组分及含量的研究已有相关报道。对西瓜果实可溶性糖的研究主要集中在 QTL 分析^[1-3]、遗传分析^[4]及果实发育过程中不同糖的变化规律上^[5], 杨玉梅等^[6]研究认为早熟西瓜种质资源果实成熟时可溶性糖主要是果糖和葡萄糖, 中晚熟种质资源在果实成熟时的可溶性糖是蔗糖。

针对成熟西瓜果实中有机酸相关方面的研究

收稿日期: 2017-03-30; 修回日期: 2017-05-12

基金项目: 国家西甜瓜产业技术体系专项(CARS-26-03); 中国农业科学院科技创新工程专项经费项目(CAAS-ASTIP-2016-ZFRI); 国家自然科学基金(31471893)

作者简介: 赵胜杰, 男, 副研究员, 研究方向为西瓜遗传育种及生物技术。E-mail: zhaoshengjie@caas.cn

通信作者: 刘文革, 男, 研究员, 研究方向为多倍体西瓜育种及生物技术。Tel: 0371-65330936; E-mail: lwgwm@163.com

不多,主要集中在成熟西瓜果实中有机酸的种类和含量上,结果也不一致。西瓜成熟果实中的有机酸含量总体偏少,主要成分是苹果酸和柠檬酸,同时还含有少量的甲酸^[7]。也有研究认为成熟西瓜果实中的有机酸主要是苹果酸和柠檬酸,还有微量的琥珀酸和富马酸^[8-9]。同时又有研究认为西瓜果实中的有机酸主要是苹果酸和酒石酸^[10-11]。因此,可以将西瓜归结为苹果酸积累型果实。

目前对西瓜果实中可溶性糖和有机酸组分及含量在不同西瓜种质资源上研究不足,限制了西瓜种质资源在育种工作中的应用。笔者以 20 份不同种质资源类型的西瓜成熟期果实为研究对象,采用离子色谱技术,对果实中糖酸组分和含量进行测定,并比较分析其不同品种间的差异和糖酸组分的相关性,旨在为了解不同西瓜品种间的果实品质差异提供科学依据,以期为今后开展不同品种资源的品质评价及品种选育提供参考。

1 材料与方法

1.1 材料

以中国农业科学院郑州果树研究所多倍体西瓜育种课题组和国家西瓜甜瓜种质资源中期库保存的 20 份西瓜(包括 14 份栽培西瓜,3 份黏籽西瓜:‘PI532722’‘PI560014’‘PI532732’,3 份野生西瓜:‘PI271769’‘PI288522’‘PI296339’)为试验材料。具体名称见表 1。

表 1 西瓜果实有机酸含量 (mg·g⁻¹)

材料名称	苹果酸	柠檬酸	甲酸	乳酸	琥珀酸	富马酸	总酸
美丽 2 号选	2.07	0.50	0.00	0.01	0.02	0.06	2.66
绿贝雷	1.61	0.97	0.00	0.01	0.01	0.17	2.78
郑州 3 号	1.81	0.45	0.00	0.01	0.01	0.24	2.53
浙 2 选	2.06	0.29	0.00	0.01	0.01	0.05	2.42
冰糖脆	1.72	0.90	0.01	0.00	0.02	0.07	2.72
橙兰	2.16	0.18	0.00	0.01	0.02	0.08	2.46
ED2 号	2.17	0.18	0.01	0.00	0.02	0.10	2.48
喜华	2.59	0.59	0.00	0.01	0.03	0.08	3.30
糖炮弹	1.66	0.35	0.01	0.02	0.06	0.32	2.42
红灯	2.84	0.24	0.00	0.02	0.04	0.14	3.28
790010	2.51	0.74	0.00	0.02	0.04	0.18	3.51
Sugar Baby	2.19	0.29	0.00	0.01	0.02	0.07	2.57
红宝石	1.68	0.33	0.00	0.01	0.02	0.12	2.15
卡红	2.25	0.49	0.00	0.02	0.01	0.11	2.87
PI532722	2.10	0.59	0.00	0.01	0.02	0.04	2.75
PI560014	2.38	0.06	0.01	0.01	0.01	0.01	2.46
PI532732	2.79	0.05	0.00	0.01	0.01	0.01	2.88
PI271769	5.38	0.02	0.00	0.02	0.02	0.03	5.48
PI288522	4.76	0.04	0.00	0.02	0.02	0.02	4.87
PI296339	4.19	0.04	0.00	0.02	0.02	0.02	4.30
平均值	2.55	0.37	0.00	0.01	0.02	0.10	3.04

1.2 方法

1.2.1 田间试验设计 20 份供试材料于 2015 年 3 月中旬播种于郑州果树研究所河南新乡综合试验基地,3 叶 1 心时定植于塑料大棚内。采用简单顺序设计,每份西瓜材料 15 株,株行距 0.6 m×1.5 m,双蔓整枝,第二雌花留单瓜,按照常规栽培方式进行管理,根据不同材料成熟情况于 6 月下旬开始采收,调查果实甜度及中心可溶性固形物、有机酸、可溶性糖含量(以鲜质量计)。

1.2.2 西瓜中心果肉可溶性固形物含量调查 果实成熟收获后,每份西瓜材料取授粉日期相同、形状大小一致的 3 个西瓜果实,沿纵轴平均切成两半取中心瓜瓢进行匀浆,采用手持折光仪(LH-T90)测定中心可溶性固形物含量;中心瓜瓢用液氮保存,用作果实可溶性糖和有机酸组分含量的测定。

1.2.3 西瓜果实甜度的计算 参照姚改芳等^[12]的方法并略有修改,将蔗糖甜度设定为 100,以此为标准进行甜度比较,则葡萄糖为 70,果糖为 175,山梨醇为 40,甜度值=蔗糖含量×100+葡萄糖含量×70+果糖含量×175+山梨醇含量×40。

1.2.4 有机酸组分含量的测定 西瓜果实糖和有机酸组分的提取参照王轩^[13]的方法进行。准确称取 5 g 试样,加入 25 mL 去离子水,80 ℃水浴提取 30 min,冷却,定容至 50 mL,过滤,取 5 mL 依次过 Dionex OnGrard IIcc Cartridge 固相萃取小柱和 0.22 μm 孔径滤膜。滤液上离子色谱测定,在中国农业科学院果树研究所农业部果品及苗木质量监督检验测试中心进行。

1.2.5 可溶性糖组分含量的测定 方法与有机酸含量测定基本一致,略有改进:定容至 50 mL,过滤,取 100 μL 滤液稀释至 10 mL,再依次过 Dionex OnGrard IIcc Cartridge 固相萃取小柱和 0.22 μm 孔径滤膜。

1.2.6 数据统计与分析 表型数据采用 SPSS 16.0 数据分析软件进行统计分析。

2 结果与分析

2.1 不同品种西瓜果实中的有机酸组成及其含量

由表 1 可知,成熟西瓜果实中的有机酸主要包括苹果酸、柠檬酸、甲酸、乳酸、琥珀酸和富马酸,其中苹果酸是构成有机酸的主要成分,占总酸含量的 83.88%,其次是柠檬酸,占 12.17%,其余几种有机酸含量较低,不足 4%。不同材料之间苹果酸和柠檬酸及总酸含量有较大差异,苹果酸质量分数在 1.66

(‘糖炮弹’)~5.38 mg·g⁻¹(‘PI271769’)之间;‘PI271769’柠檬酸质量分数最低(0.02 mg·g⁻¹),‘绿贝雷’柠檬酸质量分数最高(0.97 mg·g⁻¹);总酸质量分数在 2.15(‘红宝石’)~5.48 mg·g⁻¹(‘PI271769’)范围内变化。

2.2 不同西瓜果实中的可溶性糖组成及其含量

由表 2 可知,果糖和蔗糖是成熟西瓜果实中的主要糖类,占总糖含量的 80.06%,葡萄糖占 19.84%,山梨醇含量很低,仅占 0.1%。不同试验材料之间各种可溶性糖含量及其在总糖中的比例差异较大,果糖或蔗糖在不同材料总糖中的贡献比例

较大。‘红灯’果糖质量分数最高(41.58 mg·g⁻¹),‘PI296339’的果糖质量分数最低(3.02 mg·g⁻¹),最高值为最低值的 13.76 倍;蔗糖质量分数在 0~46.03 mg·g⁻¹(‘糖炮弹’)之间,3 份黏籽西瓜(‘PI532722’‘PI660014’‘PI532732’)没有检测到蔗糖;葡萄糖质量分数最高为‘橙兰’(20.82 mg·g⁻¹),最低为‘PI271769’(0.49 mg·g⁻¹);总糖质量分数变化幅度较大,在 4.15(‘PI296339’)~85.87 mg·g⁻¹(‘冰糖脆’)之间;与黏籽西瓜、野生西瓜相比,栽培品种有较高的糖酸比、中心可溶性固形物含量和甜度值。

表 2 西瓜品种果实中各种可溶性糖含量

品种	ω (可溶性糖)/(mg·g ⁻¹)					糖酸比	ω (中心可溶性固形物)/%	甜度值
	果糖	蔗糖	葡萄糖	山梨醇	总糖			
美丽 2 号选	35.86	27.29	15.80	0.04	78.99	29.70	11.40	1 011.17
绿贝雷	28.62	36.17	10.03	0.01	74.84	26.93	11.60	932.89
郑州 3 号	29.44	42.29	12.26	0.02	84.01	33.19	11.00	1 024.07
浙 2 选	26.37	12.83	13.27	0.00	52.47	21.68	11.00	682.68
冰糖脆	32.71	37.10	15.94	0.13	85.87	31.58	10.90	1 055.41
橙兰	38.60	3.61	20.82	0.01	63.04	25.66	10.90	857.32
ED2 号	32.47	7.77	16.05	0.00	56.29	22.69	9.60	758.31
喜华	35.35	33.72	14.01	0.05	83.12	25.16	11.60	1 054.04
糖炮弹	22.57	46.03	7.79	0.03	76.42	31.54	10.00	909.99
红灯	41.58	14.99	15.67	0.03	72.26	22.05	11.00	987.30
790010	36.37	31.01	13.72	0.01	81.11	23.12	9.00	1 042.63
Sugar Baby	37.67	5.08	14.76	0.06	57.57	22.40	11.00	813.53
红宝石	26.24	20.60	10.89	0.02	57.76	26.84	11.20	741.62
卡红	32.64	32.04	14.87	0.01	79.55	27.69	10.40	995.64
PI532722	11.52	0.00	6.71	0.03	18.26	6.63	3.80	248.75
PI560014	6.43	0.00	2.62	0.01	9.05	3.68	3.20	130.84
PI532732	5.05	0.00	1.55	0.00	6.60	2.29	3.00	99.18
PI271769	3.50	0.23	0.49	0.00	4.22	0.77	4.00	66.96
PI288522	3.87	0.22	0.63	0.00	4.72	0.97	4.20	74.31
PI296339	3.02	0.31	0.53	0.00	4.15	0.97	3.00	59.58
平均值	24.49	17.56	10.42	0.02	52.52	17.25	8.59	677.31

2.3 不同类型西瓜品种间糖酸变异分析

对栽培西瓜、黏籽西瓜以及野生西瓜间糖酸变异进行分析,由表 3 可知,栽培西瓜各糖酸组分变异系数在 14%~56%之间,其中,总酸变异系数最小,蔗糖变异系数最大;黏籽西瓜柠檬酸含量变异系数最大(133%),因不含有蔗糖,蔗糖变异系数为 0;

野生西瓜各糖酸组分变异系数都较小,在 7%~33%之间。对同一种可溶性糖和有机酸各组分变异系数在不同类型西瓜中进行比较,黏籽西瓜中果糖、葡萄糖、总糖、柠檬酸和糖酸比的变异系数大于栽培西瓜和野生西瓜,而栽培西瓜中蔗糖、苹果酸和总酸的变异系数大于黏籽西瓜和野生西瓜。

表 3 西瓜品种糖酸变异分析

类型	果糖		蔗糖		葡萄糖		总糖		苹果酸		柠檬酸		总酸		糖酸比	
	ω (mg·g ⁻¹)	CV/%	平均	CV												
栽培西瓜	32.61	17	25.04	56	13.99	23	71.66	16	2.10	18	0.47	55	2.73	14	26.45	15
黏籽西瓜	7.67	44	0.00	0	3.62	75	11.30	54	2.42	14	0.23	133	2.70	8	4.20	53
野生西瓜	3.46	12	0.25	20	0.55	13	4.36	7	4.78	13	0.04	33	4.88	12	0.90	13

2.4 不同类型西瓜果实中可溶性糖和有机酸之间的相关性分析

由表4可知,总糖含量与葡萄糖、果糖和蔗糖含量呈极显著正相关,且与果糖的相关性最强($r=0.91$),这与果糖含量在总糖中所占的比例最大相符合,反映了果糖是构成西瓜果实总糖的最重要因素。总酸与苹果酸呈极显著正相关,相关系数是0.95,这与苹果酸是组成西瓜果实中有机酸的最主

要成分相一致,且苹果酸与糖酸比呈极显著负相关,相关系数是-0.76。糖酸比与葡萄糖、果糖、蔗糖和总糖呈极显著正相关,且与总糖相关性最强,相关系数是0.97。中心可溶性固形物与葡萄糖、果糖、蔗糖和总糖呈极显著正相关,与总糖的相关性最高($r=0.93$)。在各糖酸组分中,果糖和葡萄糖呈极显著正相关($r=0.96$),柠檬酸和富马酸与蔗糖均呈极显著正相关,相关系数分别是0.73和0.78。

表4 可溶性糖和有机酸组分的相关性分析

	山梨醇	葡萄糖	果糖	蔗糖	总糖	柠檬酸	苹果酸	甲酸	乳酸	琥珀酸	富马酸	总酸	糖酸比	中心可溶性固形物
山梨醇	1.00													
葡萄糖	0.40	1.00												
果糖	0.40	0.96**	1.00											
蔗糖	0.40	0.44*	0.55*	1.00										
总糖	0.46*	0.84**	0.91**	0.85**	1.00									
柠檬酸	0.53*	0.47*	0.53*	0.73**	0.70**	1.00								
苹果酸	-0.36	-0.64*	-0.62*	-0.56*	-0.69*	-0.59*	1.00							
甲酸	0.21	0.24	0.18	0.42	0.34	0.21	-0.48*	1.00						
乳酸	-0.37	-0.48*	-0.34	-0.04	-0.26	-0.30	0.65*	-0.31	1.00					
琥珀酸	0.16	0.17	0.30	0.45*	0.40	0.19	-0.06	0.09	0.50*	1.00				
富马酸	0.08	0.33	0.46*	0.78**	0.67*	0.42*	-0.48*	0.33	0.16	0.66*	1.00			
总酸	-0.25	-0.58*	-0.52*	-0.34	-0.52*	-0.33	0.95**	-0.47	0.70**	0.07	-0.33	1.00		
糖酸比	0.45*	0.83**	0.87**	0.82**	0.97**	0.63*	-0.76**	0.40	-0.37	-0.37	0.32	0.68*	1.00	
中心可溶性固形物	0.39	0.87**	0.92**	0.70**	0.93**	0.56*	-0.65*	0.23	-0.38	0.25	0.55*	-0.54*	0.95**	1.00

[注] *表示在0.05水平上显著相关;**表示在0.01水平上极显著相关。

3 讨论与结论

成熟果实中糖的组成及含量是衡量果实风味品质的重要指标,由于不同果实中可溶性糖组分和含量的差异,导致不同风味果实的形成,从而丰富了果品市场,满足不同的消费需求。据现有研究报告,苹果^[14]和黑莓^[15]果实中以果糖为主,而杏^[16]和桃^[17]果实中蔗糖含量最高,果糖最低。对西瓜果实可溶性糖的组分及含量也有报道,杨玉梅等^[6]研究认为早熟西瓜种质资源果实成熟时可溶性糖主要是果糖和葡萄糖,中晚熟种质资源在果实成熟时的可溶性糖是蔗糖。这与本试验的研究结果并不完全一致,3份黏籽西瓜种质资源成熟期较晚,在果实成熟时却没有检测到蔗糖;3份野生西瓜检测到的蔗糖含量相对较低;栽培西瓜类型中‘橙兰’和‘ED2号’属于中熟品种,蔗糖含量低,而果糖和葡萄糖含量较高。出现这一现象的原因可能是西瓜果实糖分的积累除受自身遗传因素决定外,同时受环境的

影响较大。

果实中不同糖种类对甜度的贡献存在差异,在所测的4种糖中,果糖最甜,蔗糖次之,葡萄糖再次,山梨醇的甜度最低^[18]。可溶性糖各组分含量及比例对西瓜果实的甜味形成具有重要意义。本研究测定的栽培西瓜果实中糖的主要成分是果糖和蔗糖,因而具有较高的甜度值,而个别品种(如‘浙2选’‘橙兰’‘ED2号’‘红灯’‘Sugar Baby’)因蔗糖含量较低,决定了其较低的甜度值。测定的果糖、葡萄糖和山梨醇含量在不同栽培西瓜果实中差异较小,而蔗糖含量差异显著,姚改芳等^[12]研究认为不同种类的可溶性糖在口中的停留时间不一样,蔗糖含量高的梨有较好的果实风味,推测可能与蔗糖在口中保留的时间较长有关。因此,在西瓜育种工作中,可以将蔗糖含量作为一个果实风味评价的指标,从而选育出风味好的西瓜新品种。

在西瓜常规育种工作中,由于可溶性固形物含量的测定简单快捷,因此通常利用可溶性固形物含

量来评价西瓜果实的甜度和品质。中心可溶性固形物含量与可溶性糖的相关性分析表明,中心可溶性固形物含量与果糖、蔗糖、葡萄糖和总糖均呈极显著正相关,与总糖含量的相关性最高($r=0.93$),这与张帆等^[19]的研究结果相一致。总糖被认为是西瓜品质育种中最为关键的因素,因此在西瓜常规育种工作中通过可溶性固形物含量来作为总糖含量的初步评价是合理的,且便捷迅速,可以显著提高选择效率。

根据不同果实内有机酸的组成,可以将果实分为苹果酸型、柠檬酸型和酒石酸型。笔者以20份不同西瓜种质资源的成熟果实为研究对象,通过离子色谱法,检测到西瓜成熟果实中心部位的有机酸主要为苹果酸,其次是柠檬酸,王坚^[7]、Dune^[8]、刘景安^[9]、高磊等^[20]的研究也得到了一样的结论。但也有研究认为^[10-11],西瓜成熟果实中的有机酸主要为苹果酸和酒石酸,而本试验中的20份不同西瓜材料均未检测到酒石酸,推测造成这种现象的原因可能是试验材料或果实发育过程中栽培环境的不同。因此可以将西瓜归结为苹果酸型果实。

成熟果实中可溶性糖和有机酸的组分及含量不同导致了果实不同的酸甜风味。随着人们生活习惯的改变,不同的消费者对酸甜口味有不同的偏好,有研究表明,当果实的含糖量都较高时,高酸含量的果实更受喜爱^[21]。新疆农业科学院哈密瓜研究中心已成功培育出一系列酸甜可口的风味甜瓜品种,具有广阔的应用前景^[22]。然而目前市场上的西瓜基本上是以甜味为主的品种,具有酸甜口味的风味西瓜品种尚处于市场上的空白期。本研究中,可溶性糖和有机酸的组分与含量在不同西瓜类型中差异较大,因此可利用丰富的西瓜种质资源培育酸甜口味的西瓜新品种,调整产业结构,满足消费需求,从而推动西瓜产业经济快速健康发展。

参考文献

- [1] 刘识,王学征,栾非时,等.西瓜果实含糖量 QTL 分析[J].果树学报,2013,30(1):75-80.
- [2] REN Y, MCGREGOR C, ZHANG Y, et al. An integrated genetic map based on four mapping populations and quantitative trait loci associated with economically important traits in watermelon (*Citrullus lanatus*)[J]. BMC plant biology, 2014, 14(4): 33-43.
- [3] 程瑶,刘识,朱子成,等.西瓜糖含量相关性状的 QTL 分析[J].中国蔬菜,2016,1(2):24-31.
- [4] 栾非时,王凤娇,高鹏,等.西瓜果实可溶性糖含量的遗传分析[J].东北农业大学学报,2014,45(9):25-33.
- [5] 万学闪,芦金生,刘文革,等.西瓜果实发育过程中不同糖含量的变化[J].中国瓜菜,2011,24(5):5-9.
- [6] 杨玉梅,张显,于蓉,等.西瓜不同种质资源糖分积累规律的研究[J].西北农业学报,2006,15(6):111-113.
- [7] 中国农业科学院郑州果树研究所,中国园艺学会西甜瓜专业委员会,中国园艺学会西甜瓜协会.中国西瓜甜瓜[M].北京:中国农业出版社,2000.
- [8] DUNE N, DAVID H. Effect of storage temperature on sugar and organic acid contents of watermelon [J]. HortScience, 1986, 21(4):1031-1033.
- [9] 刘景安.西瓜果实品质形成的生理生化机制与基因表达谱研究[D].北京:中国农业科学院,2013.
- [10] 刘慧英.嫁接影响西瓜果实品质和幼苗耐冷性的生理机制研究[D].杭州:浙江大学,2003.
- [11] 张帆.西瓜品质性状及遗传的初步研究[D].北京:中国农业大学,2004.
- [12] 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.
- [13] 王轩.不同产地红富士苹果品质评价及加工适宜性研究[D].北京:中国农业科学院,2013.
- [14] 张小燕,陈学森,彭勇,等.新疆野苹果矿物质元素与糖酸组分的遗传多样性[J].园艺学报,2008,35(2):277-280.
- [15] KAFKAS E, KOSAR M, TU REMIS N, et al. Analysis of sugars, organic acids and vitamin C contents of blackberry genotypes from Turkey[J]. Food Chemistry, 2006, 97:732-736.
- [16] 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.
- [17] 牛景,赵剑波,吴本宏,等.不同来源桃种质果实糖酸组分含量特点的研究[J].园艺学报,2006,33(1):6-11.
- [18] HARKER F R, MARSH K B, YOUNG H, et al. Sensory interpretation of instrumental measurements 2: sweet and acid taste of apple fruit[J]. Postharvest Biology and Technology, 2002, 24(3): 241-250.
- [19] 张帆,宫国义,王倩,等.西瓜品质构成分析[J].果树学报,2006,23(2):266-269.
- [20] 高磊,赵胜杰,路绪强,等.西瓜回交世代酸味株系基因型分析[J].中国瓜菜,2016,29(4):5-9.
- [21] FLORES F, MARTINEZ-MADRID M, SANCHEZ-HIDALGO F, et al. Differential rind and pulp ripening of transgenic antisense ACC oxidase melon[J]. Plant Physiology and Biochemistry, 2001, 39:37-43.
- [22] 吴明珠,伊鸿平,冯炯鑫,等.新疆厚皮甜瓜辐射诱变育种效果的探讨[J].中国西瓜甜瓜,2005,18(1):1-3.