

喀什甜石榴与会理青皮石榴品质及抗氧化活性的比较

张琳, 邹苑, 饶申, 吴景玉, 李雪萍*, 陈维信

(华南农业大学园艺学院, 亚热带农业生物资源保护与利用国家重点实验室/广东省果蔬保鲜重点实验室, 广州 510642)

摘要: **目的** 比较了新疆喀什甜石榴和四川会理青皮石榴两个品种的果实品质和抗氧化活性。**方法** 测定了这两个石榴品种的品质、糖酸含量、总花色苷、总酚及其抗氧化能力。**结果** 新疆喀什甜石榴的可溶性固形物含量、籽粒色饱和度、苹果酸含量、总花色苷含量和总酚含量均高于四川会理青皮石榴; 而四川会理青皮石榴的葡萄糖含量和果糖含量则高于喀什甜石榴; 喀什甜石榴和会理青皮石榴籽粒的总抗氧化能力分别为 211.25 U 和 178.97 U; DPPH 自由基清除率分别为 0.87 和 0.82; 石榴籽粒中抗氧化活性分别与总酚、总花色苷呈正相关。**结论** 两个石榴品种在果实品质和抗氧化活性方面各有特点, 这为石榴品种的品质评价和果实加工利用提供了参考依据。

关键词: 石榴; 果实品质; 糖; 有机酸; 抗氧化活性

Comparison of quality and antioxidant activity between Kashi sweet pomegranate and Huili green peel pomegranate

ZHANG Lin, ZOU Yuan, RAO Shen, WU Jing-Yu, LI Xue-Ping*, CHEN Wei-Xin

(State Key Laboratory for Conservation and Utilization of Subtropical Agro-bioresources/Guangdong Provincial Key Laboratory for Postharvest Science and Technology of Fruits and Vegetables, College of Horticulture, South China Agricultural University, Guangzhou 510642, China)

ABSTRACT: Objective To compare the fruit quality and antioxidant activity between Xinjiang Kashi sweet pomegranate and Sichuan Huili green peel pomegranate. **Methods** Fruit quality, sugar and acid composition, total anthocyanins, total phenols and antioxidant capacity of these two pomegranate cultivars were determined. **Results** Soluble solids, aril color saturation, malic acid content, total anthocyanins and total phenols of Kashi sweet pomegranate were higher than those of Huili green peel pomegranate, while glucose and fructose contents of Huili green peel pomegranate were higher than those of Kashi sweet pomegranate. The total antioxidant capacity of Kashi sweet pomegranate and Huili green peel pomegranate were 211.25 U and 178.97 U, respectively, and DPPH radical scavenging rates were 0.87 and 0.82, respectively. The antioxidant activity of the aril in the two pomegranate cultivars was positively correlated with total phenols and total anthocyanins. **Conclusions** Fruit quality and antioxidant activity of the two pomegranate cultivars have their own characteristics, which provide a theoretical basis for the quality assessment, processing and utilization of pomegranate fruit.

KEY WORDS: pomegranate; fruit quality; sugar; organic acid; antioxidant activity

基金项目: 广州市科技计划项目(201300000080)

Fund: Supported by the Science and Technology Program of Guangzhou (201300000080)

*通讯作者: 李雪萍, 副教授, 博士, 主要研究方向为果蔬贮藏保鲜。E-mail: lxp88@scau.edu.cn

*Corresponding author: LI Xue-Ping, College of Horticulture, South China Agricultural University, Guangzhou, 510642, China. E-mail: lxp88@scau.edu.cn

1 引言

石榴(*Punica granatum* L.)为石榴科石榴属植物,在我国南北各地均有分布,经过两千多年的栽培驯化,形成了各地不同的名优特品种。本研究供试验品种为四川大凉山会理青皮软籽石榴和新疆喀什疏附县甜石榴,这二个品种的生长生态环境有明显的差别,具有代表性。新疆喀什属新疆地区典型的大陆性暖温带干旱性气候区,具有适宜石榴生长的自然环境,昼夜温差大,光、热资源丰富,干旱少雨。四川会理属亚热带西部半湿润气候区,气候温和,日照时数多,雨量集中,干湿季分明。从种质资源分析,新疆喀什石榴为厚皮甜石榴,籽粒红色;四川会理石榴为薄皮、青皮甜石榴,籽粒粉红色,均为鲜食品种。因此,两地均有栽培石榴独特的气候优势和国内最优良的石榴品种资源。

据研究报告,石榴果实籽粒富含多种抗氧化物质,包括花色素苷、多酚及有机酸、维生素C等^[1],具有延缓衰老、防动脉粥样硬化和减缓癌变进程等作用^[2-4]。然而,不同石榴品种之间果实品质和抗氧化能力存在一定的差异^[5]。因此,研究不同主产区优良石榴品种品质特性有助于提高石榴的综合利用水平和经济效益。

新疆喀什疏附县甜石榴和四川大凉山会理青皮软籽石榴作为国内两个主产区的优质石榴品种,带动着当地乃至全国的石榴加工及产业化发展^[6,7]。本试验比较和分析了这两个石榴品种的果实品质、糖酸组分、抗氧化物质含量及抗氧化能力,以期石榴品种的品质评价和果实加工利用提供参考。

2 材料与方法

2.1 材料与试剂

供试验品种为四川大凉山会理青皮软籽石榴和新疆喀什疏附县甜石榴。2012年8月19日在广州市天平架水果批发市场购买新鲜的四川会理青皮石榴,果实的采摘时间是2012年8月17日;新疆喀什甜石榴于2012年10月8日从新疆喀什市疏附县石榴果园采摘,次日空运广州。试验地点是华南农业大学实验室。挑选正常成熟、果皮光泽鲜艳、无病虫害、无机械伤、无裂果、无日灼斑点和大小均匀的果实供试验用。每个供试品种500个果实,从中取六个果实测定

单果重量、出汁率、可溶性固形物含量和籽粒的色饱和度,重复次数三次重复。用于测定其他生理指标的果实籽粒用液氮速冻后放在-80℃冰箱存储备测定。

试剂及来源:葡萄糖、果糖、蔗糖、草酸、柠檬酸、苹果酸、乳酸、酒石酸、丙酮酸、乙酸富马酸、琥珀酸、抗坏血酸、 α -酮戊二酸、没食子酸、磷酸二氢钾、氢氧化钠、磷酸氢二钠、磷酸二氢钠、乙醇、浓盐酸、碳酸钠、氯化钾、醋酸钠、磷酸、氯化钠、柠檬酸钠(分析纯,广州威佳科技有限公司);甲醇(色谱纯,美国Tedia公司);总抗氧化能力(T-AOC)测试盒(产品货号:A015,南京建成生物工程研究所);Folin & Ciocalteu's phenol reagent 福林酚(北京索莱宝科技有限公司);DPPH·(美国Sigma-Aldrich公司);15 mL 一次性无菌离心管和50 mL 一次性无菌离心管(华粤行仪器有限公司);自动进样瓶、微孔滤膜、微孔滤膜过滤器(广州万谱仪器有限公司)。

2.2 仪器与设备

试验用的仪器与设备见表1。

2.3 测定方法

2.3.1 果实品质测定

每个品种随机选取六个果实,用分析天平称量单果质量。将果实表面清洗干净,手工去皮,将籽粒称重后放入手动榨汁器,对榨出的原浆进行称重,计算原浆重量与果实籽粒重量的百分比,即为果实籽粒出汁率。所得果汁可溶性固形物含量用数显折光仪测定。用色差计测定石榴籽粒色泽变化,每个果实选取二十粒放置在色度仪孔口上测定籽粒色度,均计算平均色度变化。每个品种重复三次。

2.3.2 果实糖酸组分的HPLC分析

采用高效液相色谱法(HPLC)测定果糖、葡萄糖和蔗糖含量,测定方法参照胡志群等^[8]的方法略有改动:Agilent 1200 高效液相色谱仪,色谱柱为Transgenomic CARBOsep COREGEL 87C Fast Col(CHO-99-5860),RID示差检测器,流动相为H₂O,流速0.6 mL/min,柱温80℃,进样体积10 μ L,分析时长6 min。每个品种重复三次。标准溶液配制:准确称取果糖、葡萄糖、蔗糖各0.5000 g,用超纯水定容至100 mL容量瓶中,得到各自浓度均为5.0 mg/mL的单标溶液。同时配制果糖、葡萄糖、蔗糖的混标贮液,浓度均为5.0 mg/mL。

有机酸测定采用高效液相色谱法:Agilent 1200

表 1 主要仪器设备
Table 1 Instruments and equipments

仪器名称	仪器型号	仪器产地
手动榨汁器	YH5902	广州市南沙区振兴塑料有限公司
紫外分光光度计	UV-2450	日本岛津有限公司
制冰机	IM-F124	日本 SANYO 公司
低温冰箱	MDF-U5411	日本 SANYO 公司
色差仪	Minolta CR300	日本柯尼卡美能达控股株式会社
台式高速冷冻离心机	5810R	德国 Eppendorf 公司
分析研磨机	A11 B S25	德国 IKA 公司
旋涡混匀器	MS3 B S25	德国 IKA 公司
磁力搅拌器	RH B1 S25	德国 IKA 公司
电子分析天平	BS224S, BS2202S	德国 Sartorius 公司
微波炉	MG-5021MW1	韩国 LG 集团
高效液相色谱仪	Agilent 1200	美国安捷伦公司
超纯水系统	Milli-Q-B	美国 Millipore 公司
纯水系统	MilliPORE ELIXS	美国 Millipore 公司
超低温冰箱	702REL1	美国 Thermo Forma 公司
台式 pH 计	EL20	梅特勒 - 托利多仪器有限公司
循环水式真空泵	SHZ-D	巩义市予华仪器有限责任公司
数控超声波清洗器	UP500HE	南京垒君达超声电子设备有限公司
超声波细胞粉碎机	BILON96	上海比朗公司
电热恒温鼓风干燥箱	DGG-9140B	上海森信实验设备有限公司
砂芯活动过滤装置	SH/T0093	上海申迪玻璃仪器公司
恒温空气浴摇床	DGG-9140A	上海森信实验设备有限公司

高效液相色谱仪, 色谱柱为 Agilent HC-C18, 流动相为 99% 的 0.015 mol/L 磷酸二氢钾 (pH=3), 1% 的 HPLC 级甲醇, 进样量为 15 μ L, 进样时间 10 min, 流速为 0.8 mL/min, 柱温 25 $^{\circ}$ C。DAD 检测波长为 215 nm。每个品种重复三次。标准溶液的配制: 准确称取草酸 20 mg, 酒石酸 40 mg, 丙酮酸 10 μ L, 苹果酸 100 mg, 乳酸 10 μ L, 乙酸 20 μ L, 柠檬酸 50 mg, 富马酸 20 mg, 琥珀酸 120 mg, 抗坏血酸 20 mg, α -酮戊二酸 20 mg, 用超纯水定容至 25 mL 容量瓶中。

2.3.3 果实总花色苷测定

花色苷的提取参考 Lee 等^[9]的方法并稍加改进, 提取液含有 60% 酸化甲醇溶液 (用浓 HCl 将甲醇溶液 pH 值校至 2.5), 用 pH 示差法测定花色苷总含量, 以石榴主要花色苷之一的矢车菊素-3-葡萄糖苷 (cyanidin-3-glu-coside) 为标准, 最终以 1 kg 试样含有

花色苷的量 (mg) 表示, 每个品种重复三次。

2.3.4 果实总酚含量测定

总酚的测定采用 Folin-Ciocalteu 法^[10], 用没食子酸 (gallic acid) 作标准曲线。每个品种重复三次。

2.3.5 果实抗氧化能力测定

总抗氧化能力 (T-AOC) 的测定参照 Rentsch 等^[11]的方法, 采用南京建成生物工程研究所总抗氧化能力测定试剂盒测定, 定义每分钟每克组织, 使反应体系的吸光值 (OD), 每增加 0.01 时, 为一个总抗氧化能力单位 (U)。二苯代苦味酰基 (DPPH) 自由基清除能力的测定参照李巨秀等^[12]的方法。每个品种重复三次。

2.3 统计分析

使用 Microsoft 公司的 Excel 2013 和 IBM SPSS Inc 公司的 IBM SPSS Statistics 20.0 软件对数据进

行整理与统计分析。各项生理生化指标的测得值均以“平均数±标准误(S.E.)”表示,方差分析采用 *t* 检验法。

3 结果与分析

3.1 两个石榴品种果实品质分析

从表 2 可以看出,四川会理青皮石榴果形小,平均单果质量为 262.21±7.87 g,新疆喀什甜石榴果形大,平均单果质量为 323.63±5.38 g,这两个品种的单果质量在 $P<0.01$ 水平上差异极显著。两种石榴籽粒出汁率 $\geq 64.53\%$,差异不显著。可溶性固形物方面,喀什甜石榴含量高,为 15.32%,显著($P<0.05$)高于会理青皮石榴的 14.61%。喀什甜石榴果实的籽粒色饱和度极显著($P<0.01$)高于会理青皮石榴(C^* 值越大表明果实籽粒色彩越鲜艳,即红色越多)。

3.2 两个石榴品种果实的糖和有机酸组成分析

从表 3 可以看出,两个石榴品种果实中的可溶性糖主要为葡萄糖和果糖,其中会理青皮石榴葡萄糖和果糖含量均比喀什甜石榴高,且两个品种的葡萄糖含量差异显著($P<0.05$),而蔗糖含量均较小。总体而言,四川会理青皮石榴总含糖量和主要糖组分均比新疆喀什甜石榴高。石榴果实中有机酸组分含量差异较大,两个品种中柠檬酸含量较高,且无显著差异,苹果酸、草酸和抗坏血酸含量均较少,属于柠檬酸型

果实。喀什甜石榴苹果酸和抗坏血酸含量均显著($P<0.05$)高于会理青皮石榴。

3.3 两个石榴品种总花色素苷和总酚含量分析

从表 4 可以看出,两个石榴品种果实总花色素苷含量差异极显著($P<0.01$),喀什甜石榴含量高,为 0.12±0.008 mg/g,会理青皮石榴含量仅为 0.05±0.003 mg/g。品种间总酚含量差异也极显著($P<0.01$),喀什甜石榴含量约为会理青皮石榴的 2 倍。

3.4 两个石榴品种抗氧化能力分析

从表 5 可以看出,两个石榴品种果实总抗氧化能力差异极其显著($P<0.01$),喀什甜石榴 T-AOC 值高,为 211.25±4.70 U/g FW。在 DPPH 自由基清除能力方面,喀什甜石榴极显著($P<0.01$)高于四川会理青皮石榴。两种方法的检测结果都显示,新疆喀什甜石榴的抗氧化能力极显著高于四川会理青皮石榴。

3.5 石榴抗氧化能力物质含量与抗氧化活性的相关性

从表 6 可以看出,总酚含量与抗氧化活性之间呈现正相关,与 T-AOC 值的相关系数达到显著水平,但与 DPPH 值的相关性不明显。从相关性系数可知,总酚含量与抗氧化活性之间的相关性高于总花色素苷与其相关程度。DPPH 值与 T-AOC 值之间呈现极显著正相关性。总花色素苷含量与总酚之间也存在极显著正相关。

表 2 两个石榴品种果实的单果重量、出汁率、可溶性固形物含量和籽粒色饱和度($n=3$)
Table 2 Fruit mass, juice yield, total soluble solids content and aril chroma($n=3$)

品种	单果质量/g	出汁率/%	可溶性固形物%	籽粒色饱和度(C^*)
新疆喀什甜石榴	323.63±5.38**	67.04±0.43	15.32±0.19*	40.00±0.78**
四川会理青皮石榴	262.21±7.87	64.53±1.62	14.61±0.11	18.25±0.83

注: *表示 *t* 检验, $P<0.05$ 差异显著, **表示 *t* 检验, $P<0.01$ 差异极显著。以下同。

表 3 两个石榴品种果实的糖和有机酸含量(mg/g) ($n=3$)
Table 3 Contents of sugar and organic acid in two pomegranate cultivars (mg/g) ($n=3$)

品种	糖			有机酸			
	葡萄糖	果糖	蔗糖	柠檬酸	苹果酸	草酸	抗坏血酸
新疆喀什甜石榴	56.15±2.27*	59.04±2.45	3.54±0.29	4.69±0.14	0.87±0.03*	0.21±0.02	0.11±0.013*
四川会理青皮石榴	62.83±1.73	64.73±1.64	2.72±0.35	4.89±0.31	0.56±0.01	0.22±0.01	0.07±0.002

表 4 两个石榴品种果实的花色素苷和总酚含量(mg/g)
($n=3$)

Table 4 Content of total anthocyanins and total phenolics in two pomegranate cultivars (mg/g) ($n=3$)

品种	总花色素苷含量	总酚含量
新疆喀什甜石榴	0.12±0.008**	0.20±0.016**
四川会理青皮石榴	0.05±0.003	0.10±0.005

表 5 两个石榴品种果实的抗氧化能力(T-AOC 值和 DPPH 值)
($n=3$)

Table 5 Antioxidant capacity (T-AOC value and T-AOC value) of two pomegranate cultivars($n=3$)

品种	T-AOC 总抗氧化能力/U	DPPH 自由基清除率
新疆喀什甜石榴	211.25±4.70**	0.87±0.04**
四川会理青皮石榴	178.97±2.44	0.82±0.09

表 6 石榴果实抗氧化活性与总酚和总花色素苷含量的相关系数分析($n=6$)

Table 6 Pearson's correlation coefficients (r) between the total antioxidant capacity and the content of phenolics, anthocyanins in pomegranate fruit ($n=6$)

项目	T-AOC 总抗氧化能力	DPPH 自由基清除能力	总酚	总花色素苷
T-AOC 总抗氧化能力	1	0.930**	0.822*	0.760
DPPH 自由基清除能力		1	0.684	0.633
总酚			1	0.964**
总花色素苷				1

注: **表示相关性在 $P < 0.01$ 极显著, *表示相关性在 $P < 0.05$ 显著。

4 讨 论

不同石榴品种的果实商品性、品质、主要活性物质和抗氧化能力有较大差异。本试验的新疆喀什甜石榴的果形比四川会理青皮石榴大, 出汁率均比四川会理青皮石榴多。Ozgen 等^[13]认为石榴不同品种的果实籽粒色饱和度和可溶性固形物含量差异较大, 本试验中喀什甜石榴籽粒颜色鲜红, 会理青皮石榴籽粒颜色为粉色, 色饱和度值差异极显著, 喀什甜石榴可溶性固形物含量显著高于会理青皮石榴。

糖酸种类和组分含量是决定果实品质和商品价值的要素之一。本试验的两个石榴品种主要糖组分是葡萄糖和果糖, 蔗糖含量较少, 这与 Tezcan 等^[14]和

秦改花等^[15]的研究结果一致, 其中会理青皮石榴果实籽粒的葡萄糖和果糖含量高于喀什甜石榴。果汁糖分含量较高, 有助于石榴汁发酵酒酒精度的提高^[16], 会理青皮石榴理论上较新疆石榴更适合高度酒的开发。Melgarejo 等^[17]的研究结果表明, 石榴有机酸组分为柠檬酸、苹果酸、草酸, 西班牙四十个石榴品种中都可以检测出来这三种有机酸, 而且含量较高, 因此, 认为这三种有机酸是石榴的主要有机酸, 而乳酸和富马酸在最小检测限内未被检测出, 乙酸在酸甜石榴品种中检出少量, 在酸石榴品种检出较多, 且比苹果酸含量略高, 酒石酸在甜石榴品种中检出极少量。本试验研究结果与上述研究相似, 即两个所检测的石榴品种均以柠檬酸和苹果酸为主, 且含有少量的草酸、抗坏血酸和酒石酸, 其中喀什甜石榴果实籽粒的苹果酸和抗坏血酸则显著高于会理青皮石榴的, 这一结果为这两个石榴的鲜食和加工提供了参考依据。

石榴中的花色素苷和酚类物质是天然的强抗氧化剂。李巨秀等^[5]研究不同石榴品种的籽粒总花色素苷含量范围为 0.04~0.14 mg/g, 总酚含量范围为 0.39~0.68 mg/g。本试验结果表明, 新疆喀什甜石榴的总花色素苷含量和总酚含量均极显著高于四川会理青皮石榴, 两个品种总花色素苷含量与前人研究结果一致, 但是总酚含量较低, 这可能与石榴的批次、贮藏时间等因素有关。本试验通过对石榴籽粒抗氧化性的研究表明, 新疆喀什甜石榴的抗氧化能力极显著高于四川会理青皮石榴, 其中新疆喀什甜石榴的籽粒 DPPH 值高达 87%, 与 Ventura 等^[18]的最大值 90.75%基本接近。总酚含量和 DPPH 呈正相关, 这也与 Orak 等^[19]的研究结果一致。总酚含量与 T-AOC 呈显著正相关性。而总酚含量与抗氧化活性之间的相关性高于总花色素苷与其相关的程度。本研究结果显示 DPPH 与 T-AOC 之间, 总花色素苷与总酚含量之间均呈现极显著正相关性。这不仅证实了石榴中花色素苷和酚类的抗氧化活性作用以及使用多种方法测定抗氧化物质的抗氧化活性的必要性, 而且表明新疆喀什甜石榴具有较强的抗氧化功效, 适合保健、化妆品等功能的进一步开发。

参考文献

- [1] Syed DN, Afaq F, Mukhtar H. Pomegranate derived products for cancer chemoprevention [J]. Semin Cancer Biol, 2007, 17(5):

- 377–385.
- [2] Aviram M, Rosenblat M, Gaitini D, *et al.* Pomegranate juice consumption for 3 years by patients with carotid artery stenosis reduces common carotid intima-media thickness, blood pressure and LDL oxidation [J]. *Clin Nutr*, 2004, 23: 423–433.
- [3] 郭长江, 韦京豫, 杨继军, 等. 石榴汁与苹果汁改善老年人抗氧化功能的比较研究[J]. *营养学报*, 2007, 29(3): 292–294.
Guo CJ, Wei JY, Yang JJ, *et al.* The comparative study on improvement of antioxidant function in the elderly consumption of pomegranate or apple juices [J]. *Acta Nutrimenta Sin*, 2007, 29(3): 292–294.
- [4] Zaouay F, Mena P, Garcia-Viguera C, *et al.* Antioxidant activity and physico-chemical properties of Tunisian grown pomegranate (*Punica granatum* L.) cultivars [J]. *Ind Crop Prod*, 2012, 40: 81–89.
- [5] 李巨秀, 张小宁, 李伟伟. 不同品种石榴花色苷、总多酚含量及抗氧化活性比较研究[J]. *食品科学*, 2011, 32(23): 143–146.
Li JX, Zhang XN, Li WW. Comparative studies of total anthocyanins, total polyphenols and antioxidant activities of different pomegranate varieties [J]. *Food Sci*, 2011, 32(23): 143–146.
- [6] 龚向东. 会理石榴产业现状及发展探讨[J]. *中国热带农业*, 2009, (01): 24–25.
Gong XD. Industry and development discussion of Huili pomegranate [J]. *China Trop Agric*, 2009, 01: 24–25.
- [7] 古丽米热, 董海丽, 居来提. 新疆石榴产业现状与未来发展[J]. *西北园艺(果树专刊)*, 2003, (06): 7–8.
Guli MR, Dong HL, Ju LT. Industry current situation and future development of Xinjiang pomegranate [J]. *Northwest Hortic*, 2003, 06: 7–8.
- [8] 胡志群, 王惠聪, 胡桂兵. 高效液相色谱测定荔枝果肉中的糖、酸和维生素C[J]. *果树学报*, 2005, 22(5): 582–585.
Hu ZQ, Wang HC, Hu GB. Measurement of sugars, organic acids and vitamin C in litchi fruit by high performance liquid chromatography [J]. *J Fruit Sci*, 2005, 22(5): 582–585.
- [9] Lee J, Durst RW, Wrolstad RE. Impact of juice processing on blueberry anthocyanins and polyphenolics: comparison of two pretreatments [J]. *J Food Sci*, 2002, 67: 1660–1667.
- [10] Slinkard J, Singleton VL. Total phenol analysis: automation and comparison with manual methods [J]. *Am J Enol Viticult*, 1997, 28: 49–55.
- [11] Rentzsch M, Quast P, Hillebrand S, *et al.* Isolation and identification of 5-carbox pyranoanthocyanins in beverages from cherry (*Prunus cerasus* L.) [J]. *Innov Food Sci Emerg*, 2007, 8(3): 333–338.
- [12] 李巨秀, 王仕钰, 房红娟, 等. 石榴花色苷的微波辅助提取及抗氧化活性研究[J]. *食品科学*, 2010, 31(18): 165–169.
Li JX, Wang SY, Fang HJ, *et al.* Microwave-assisted extraction and antioxidant activity evaluation of anthocyanins from pomegranate (*Punica granatum* L.) fruits [J]. *Food Sci*, 2010, 31(18): 165–169.
- [13] Ozgen M, Durgaç C, Serçe S, *et al.* Chemical and antioxidant properties of pomegranate cultivars grown in the mediterranean region of Turkey [J]. *Food Chem*, 2008, 111(3): 703–706.
- [14] Tezcan F, Gültekin-özgüven M, Diken T, *et al.* Antioxidant activity and total phenolic, organic acid and sugar content in commercial pomegranate juices [J]. *Food Chem*, 2009, 115(3): 873–877.
- [15] 秦改花, 黄文江, 赵建荣, 等. 石榴果实的糖酸组成及风味特点[J]. *热带作物学报*, 2011, 32(11): 2148–2151.
Qin GH, Huang WJ, Zhao JR, *et al.* Constituent of sugars and acids and the flavor trait of megranate fruits [J]. *Chin J Trop Crops*, 2011, 32(11): 2148–2151.
- [16] 张宝善, 田晓菊, 陈锦屏, 等. 石榴发酵酒加工工艺研究[J]. *西北农林科技大学学报(自然科学版)*, 2008, 36(12): 172–180.
Zhang BS, Tian XJ, Chen JP, *et al.* Research on fermented wine processing of pomegranate [J]. *J Northwest A F Univ (Nat Sci Edit)*, 2008, 36(12): 172–180.
- [17] Melgarejo P, Martínez R, Hernández F, *et al.* Anthocyanin content and colour development of pomegranate jam [J]. *Food Bioprod Process*, 2011, 89(4): 477–481.
- [18] Ventura J, Alarcón-Aguilar F, Roman-Ramos R, *et al.* Quality and antioxidant properties of a reduced-sugar pomegranate juice jelly with an aqueous extract of pomegranate peels [J]. *Food Chem*, 2013, 136(1): 109–115.
- [19] Orak HH, Yagar H, Isbilir SS. Comparison of antioxidant activities of juice, peel, and seed of pomegranate (*Punica granatum* L.) and inter-relationships with total phenolic, Tannin, anthocyanin, and flavonoid contents [J]. *Food Sci Biotechnol*, 2012, 21(2): 373–387.

(责任编辑: 杨翠娜)

作者简介



张琳, 硕士研究生, 主要研究方向为果蔬贮藏保鲜。
E-mail: 779233730@qq.com



李雪萍, 博士, 副教授, 主要研究方向为果蔬贮藏保鲜。
E-mail: lxp88@scau.edu.cn