

万正林,武 鹏,周艳霞,等. 同源四倍体及起源二倍体黑皮冬瓜营养品质与耐贮性比较[J]. 江苏农业科学,2019,47(8):209-212.
doi:10.15889/j.issn.1002-1302.2019.08.049

同源四倍体及起源二倍体黑皮冬瓜 营养品质与耐贮性比较

万正林^{1,2}, 武 鹏³, 周艳霞¹, 邓俭英¹, 李立志¹, 龙明华²

(1. 广西农业科学院蔬菜研究所,广西南宁 530007; 2. 广西大学农学院,广西南宁 530005;

3. 广西农业科学院生物技术研究所,广西南宁 530007)

摘要:以同源四倍体及起源二倍体黑皮冬瓜果肉为试验材料,测定其在采收期及经过常温贮藏 30 d 后的含水量、干物质含量、维生素 C 含量、可溶性蛋白含量、可溶性总糖含量、果肉硬度及肉质致密性等指标,比较二者的营养品质及耐贮性差异。结果表明,同源四倍体黑皮冬瓜果肉在采收期及常温贮藏 30 d 后的干物质含量、维生素 C 含量、可溶性蛋白含量、可溶性总糖含量、果肉硬度、肉质致密性显著或极显著高于起源二倍体黑皮冬瓜,含水量显著或极显著低于起源二倍体黑皮冬瓜;随黑皮冬瓜倍性的增加,采收期时冬瓜果肉中的粗纤维含量相对较高,但对食用品质影响不大。因此,同源四倍体黑皮冬瓜的营养品质及耐贮性明显优于起源二倍体,可作为商品品种直接用于生产或作为育种中间材料以培育品质更加优良的新品种。

关键词:黑皮冬瓜;同源四倍体;起源二倍体;营养品质;耐贮性

中图分类号: S642.303.3 **文献标志码:** A **文章编号:** 1002-1302(2019)08-0209-03

随着我国蔬菜产业的发展和人民生活水平的提高,蔬菜生产已经由原来单纯的追求“高产”向“高产、高抗、优质”转变,选育高产、高抗、营养品质优良、生态适应性强的蔬菜新品种是当前蔬菜育种的主要目标^[1]。有研究表明,蔬菜多倍体育种不仅是提高蔬菜产量、增强抗逆性的重要途径,也是提升品质的有效途径之一^[2-3]。近年来,许多学者针对不同倍性的蔬菜营养成分进行了比较,其中大部分研究认为,四倍体的营养成分显著高于二倍体。王夏等研究指出,同源四倍体不结球白菜叶片中的可溶性糖、维生素 C、可溶性蛋白含量显著高于二倍体,而粗纤维含量有显著降低^[4-5];周年英等研究指出,同源四倍体青梗菜的可溶性糖、可溶性蛋白含量显著高于二倍体,而有机酸、粗纤维含量则有明显下降^[2];Davis 等研究指出,同源四倍体西瓜果肉中谷胱甘肽(GSH)、可溶性固形物、番茄红素含量均显著高于二倍体^[6];李为等研究指出,四倍体薄皮甜瓜果实中可溶性糖、可溶性固形物、可溶性蛋白、

维生素 C、氨基酸含量均显著高于二倍体^[7]。黄金艳等研究表明,四倍体厚皮甜瓜果实中可溶性糖、可溶性固形物、维生素 C 含量明显高于其二倍体^[8-9]。但也有研究表明,并不是所有的四倍体蔬菜营养品质指标有明显提高,某些营养指标的增加会对其营养品质造成一定的影响。Nilsson 研究指出,四倍体番茄中干物质含量显著低于二倍体,维生素 C 含量与二倍体无显著差异^[10];户秋稳等研究指出,同源四倍体不结球白菜、四倍体青花菜、四倍体萝卜中的干物质积累量比二倍体略低^[5,11-12];张振超等研究表明,同源四倍体不结球白菜中粗纤维含量显著高于二倍体,对品质育种影响较大^[13]。因此,研究不同倍性蔬菜营养品质差异,对推动蔬菜品质育种进程具有重要的意义。

目前,针对冬瓜[*Benincasa hispida* (Thunb.) Cogn.]的研究多集中在栽培生理、病虫害防治及常规杂交育种方面,对普通二倍体冬瓜不同品种的营养成分分析有少量报道^[14-15],而对不同倍性冬瓜营养成分的差异比较鲜见报道。另外,经调研发现,广西南宁、玉林等冬瓜主产区一年二收的黑皮冬瓜夏其秋茬上市高峰期为 10 月至 11 月上旬,此时市场价格相对较低,种植户往往会将冬瓜就地常温贮藏,一般贮藏到 12 月下旬至翌年的 2 月上旬进行销售,这一时期正是北方冬菜的“淡季”,冬瓜收购价可比采收时高 0.6~1.0 元/kg。贮藏后的冬瓜经济效益增加明显,但其贮藏后营养品质如何颇受广大消费者的关注,而不同倍性黑皮冬瓜在常温贮藏前后的营养成分变化尚未见报道。本试验通过测定同源四倍体和起源二倍体黑皮冬瓜在采收期及常温贮藏 30 d 后的营养成分含量及耐贮性指标,以期探讨不同倍性黑皮冬瓜的营养品质及耐贮性差异,为高产、优质、耐贮型黑皮冬瓜的选育提供理论依据。

收稿日期:2017-12-21

基金项目:广西科学研究与技术开发计划(编号:桂科攻 1222009-3D);广西科技基地和人才专项(编号:桂科 AD17129042);国家现代农业产业技术体系广西大宗蔬菜创新团队专项(编号:nycytxgxtxd-10-03);广西农业科学院科技发展基金(编号:桂农科 2012JZ12)。

作者简介:万正林(1983—),男,湖北荆州人,博士,副研究员,从事黑皮冬瓜、精品西瓜新品种选育与示范推广及休闲观光农业园区规划与管理工作。E-mail:wanzhenglin0700227@163.com。

通信作者:龙明华,博士,教授,从事蔬菜遗传育种、生理生态与调控研究及蔬菜教学管理工作,E-mail:longmhua@163.com;李立志,研究员,从事黑皮冬瓜、精品西瓜新品种选育与示范推广及现代农业科技园区与休闲观光农业园区规划与管理工作,E-mail:llzhi6610@xxaas.net。

1 材料与方 法

1.1 试验材料

同源四倍体黑皮冬瓜($2n=4x=48$)、起源二倍体黑皮冬瓜($2n=2x=24$)0911-1012-6,由广西农业科学院现代农业科技示范园提供,其中,四倍体黑皮冬瓜是利用0.2%秋水仙素“剥滴”处理0911-1012-6幼苗生长点获得,并自交7代。

1.2 试验方法

试验在广西农业科学院现代农业科技示范园隆安那桐基地及广西作物遗传改良生物技术重点开放实验室进行。2013年8月10日播种,9月1日定植于4个长30 m×宽6.5 m的简 易单栋塑料大棚,株行距为3 m×2 m,每棚种植2个黑皮冬瓜品种各20株。采用单蔓、单瓜常规整枝方式管理。

1.3 测定内容和方 法

2013年12月10日采收时,每个品种随机选留冬瓜各20个,其中,各选10个冬瓜立即测定营养成分,剩余各10个冬瓜在常温就地贮藏30 d后测定相应的营养成分。含水量、干物质含量采用常压二步烘干法测定;维生素C、可溶性总糖、可溶性蛋白、粗纤维含量分别采用2,6-二氯酚靛酚比色法、蒽酮-硫酸比色法、考马斯亮蓝G-250比色法、酸碱洗涤法测定^[16-17];果肉硬度采用GY-3型手持硬度计测定;肉质致密性采用单位体积重量法测定。测定重复5次,取平均值,统计同源四倍体黑皮冬瓜相应测定指标较起源二倍体黑皮冬瓜的增幅。

1.3 数据分析

采用Excel 2003软件对数据进行统计整理,采用SPSS 18.0软件对数据进行独立样本 t 测验。

2 结果与分析

2.1 采收期和常温贮藏30 d后不同黑皮冬瓜果肉的含水量及干物质含量变化

由表1可知,采收期时的四倍体黑皮冬瓜果肉含水量极显著低于二倍体黑皮冬瓜($P<0.01$),增幅为-0.67%,常温贮藏30 d后的四倍体黑皮冬瓜果肉含水量显著低于二倍体黑皮冬瓜($P<0.05$),增幅为-0.46%;常温贮藏30 d后的二

倍体、四倍体黑皮冬瓜,其果肉中含水量较采收期有下降趋势,降幅分别为0.30%、0.09%,二倍体散失水分的速度明显快于四倍体;采收期时的四倍体黑皮冬瓜其果肉干物质含量极显著高于二倍体黑皮冬瓜($P<0.01$),增幅为17.19%,常温贮藏30 d后的四倍体黑皮冬瓜其果肉干物质含量显著高于二倍体黑皮冬瓜($P<0.05$),增幅为10.94%。这说明在常温贮藏期间,四倍体黑皮冬瓜果肉水分的散失速度较二倍体黑皮冬瓜缓慢,果肉中的含水量保持在较低水平,干物质积累明显高于二倍体黑皮冬瓜,相对而言,四倍体黑皮冬瓜更利于贮藏。

表1 采收期和常温贮藏30 d后不同黑皮冬瓜果肉的含水量及干物质含量

黑皮冬瓜种类	含水量(%)		干物质含量(%)	
	采收期	贮藏30 d	采收期	贮藏30 d
同源四倍体	95.630	95.548	4.370	4.452
起源二倍体	96.271**	95.987*	3.729**	4.013*
增幅(%)	-0.67	-0.46	17.19	10.94

注:数据后**、*分别表示同源四倍体黑皮冬瓜与其起源二倍体测定指标差异极显著($P<0.01$)、显著($P<0.05$)。下表同。

2.2 采收期和常温贮藏30 d后不同黑皮冬瓜果肉的维生素C、可溶性总糖、可溶性蛋白质含量变化

由表2可知,采收期和常温贮藏30 d后的四倍体黑皮冬瓜,其果肉中维生素C、可溶性总糖、可溶性蛋白含量均显著或极显著高于二倍体,说明四倍体黑皮冬瓜果实的营养积累相对较多,且贮藏过程中养分消耗相对较少;采收期时的四倍体黑皮冬瓜果肉维生素C含量极显著高于二倍体黑皮冬瓜($P<0.01$),增幅为20.95%,可溶性总糖、可溶性蛋白含量显著高于二倍体黑皮冬瓜($P<0.05$),增幅分别为5.13%、22.94%;常温贮藏30 d后的四倍体黑皮冬瓜果肉维生素C含量显著高于二倍体黑皮冬瓜,增幅为7.39%,可溶性总糖、可溶性蛋白含量极显著高于二倍体黑皮冬瓜,增幅分别为30.13%、40.71%;与采收期相比,常温贮藏30 d后的二倍体、四倍体黑皮冬瓜果肉维生素C、可溶性总糖、可溶性蛋白含量均明显低于采收期的,说明常温贮藏可增加果实中的营养消耗。

表2 采收期和常温贮藏30 d后不同黑皮冬瓜果肉的维生素C、可溶性总糖、可溶性蛋白质含量

黑皮冬瓜种类	维生素C含量(mg/kg)		可溶性总糖含量(mg/g)		可溶性蛋白质含量(mg/g)	
	采收期	贮藏30 d	采收期	贮藏30 d	采收期	贮藏30 d
同源四倍体	304.2	261.5	517.80	454.70	3.098	1.794
起源二倍体	251.5**	243.5*	492.52*	349.41**	2.520*	1.275**
增幅(%)	20.95	7.39	5.13	30.13	22.94	40.71

2.3 采收期和常温贮藏30 d后不同黑皮冬瓜果肉的粗纤维含量变化

由表3可知,采收期和常温贮藏30 d后的不同倍性黑皮冬瓜,其果肉中粗纤维含量存在明显差异;采收期时的四倍体黑皮冬瓜果肉中粗纤维含量显著高于二倍体($P<0.05$),增幅为7.26%;常温贮藏30 d后的二倍体、四倍体黑皮冬瓜果肉中的粗纤维含量相比于采收期均有所上升,增幅分别为37.90%、15.04%,四倍体黑皮冬瓜果肉中的粗纤维含量增加

幅度明显低于二倍体黑皮冬瓜;常温贮藏30 d后的四倍体黑皮冬瓜果肉中的纤维素含量低于二倍体黑皮冬瓜,相互间差异不显著($P>0.05$)。

2.4 采收期和常温贮藏30 d后不同黑皮冬瓜果肉的硬度和肉质致密性变化

由表3可知,采收期和常温贮藏30 d后的不同倍性黑皮冬瓜果实果肉硬度、肉质致密性存在显著或极显著差异,不同时期的四倍体黑皮冬瓜果肉硬度、肉质致密性明显优于二倍

体黑皮冬瓜;采收期时的四倍体黑皮冬瓜果肉硬度、肉质致密性显著高于二倍体黑皮冬瓜 ($P < 0.05$),增幅分别为 11.92%、6.30%;常温贮藏 30 d 后的四倍体黑皮冬瓜果肉硬度极显著高于二倍体黑皮冬瓜 ($P < 0.01$),增幅为 25.45%。

表3 采收期和常温贮藏 30 d 后不同黑皮冬瓜果肉的粗纤维含量、硬度及肉质致密性

试验材料	粗纤维含量(%)		果肉硬度(kg/cm ²)		果肉致密性(g/cm ³)	
	采收期	贮藏 30 d	采收期	贮藏 30 d	采收期	贮藏 30 d
同源四倍体	1.33	1.53	6.95	5.52	0.928	0.890 3
起源二倍体	1.24 *	1.71	6.21 *	4.40 **	0.873 *	0.849 7 *
增幅(%)	7.26	-10.53	11.92	25.45	6.30	4.78

3 结论与讨论

营养品质的好坏直接关系着农产品的营销与效益。黑皮冬瓜以果肉为食用器官,食用口感的好坏与营养成分含量多寡存在一定的相关性,而干物质、维生素 C、可溶性蛋白、可溶性糖、粗纤维含量是主要的营养指标,提高黑皮冬瓜果肉中的干物质、维生素 C、可溶性蛋白、可溶性糖含量,适当保持粗纤维含量,是黑皮冬瓜品质育种的主要目标。Horemans 等研究指出,植株多倍化后,由于基因的剂量效应和互作效应,打破了原有生理生化功能的平衡,致使植株发生一系列变化,其营养物质含量与起源二倍体往往会表现出明显的差异^[18]。本试验结果表明,同源四倍体黑皮冬瓜果肉中的干物质、维生素 C、可溶性蛋白、可溶性糖含量明显高于起源二倍体黑皮冬瓜,说明经过诱变获得的同源四倍体黑皮冬瓜营养品质优于二倍体,符合黑皮冬瓜品质育种的要求。须说明的是,在黑皮冬瓜倍性增加的同时,其果肉中的粗纤维含量也相应增加,对黑皮冬瓜的品质育种存在一定影响,但经笔者所在研究室多位成员炒食品尝后一致认为,四倍体黑皮冬瓜果肉中粗纤维含量的增加对其食用口感影响较小,而且适当提高蔬菜中粗纤维的含量有利于促进肠道蠕动,加速人体新陈代谢,改善胃肠道功能,符合现代生活中人们对蔬菜粗纤维摄入的新要求^[14]。

果实的耐贮性直接影响货架期,对“淡季”蔬菜调节、收入增加有着积极的作用。近年来,黑皮冬瓜种植效益高,不少地方相继出现“冬瓜村”“冬瓜房”“冬瓜车”等报道,使得黑皮冬瓜的种植面积逐步扩大,从而导致冬瓜上市期集中,市场价格波动较大。据调查,广西部分地区农户对一年二收的秋茬冬瓜在上市高峰期(10月至11月上旬)有贮藏冬瓜的习惯,冬瓜不进行采收,将冬瓜就地挂在藤蔓上贮藏,等到12月下旬至翌年的2月上旬市场价格稳定后再行出售,经济效益增加明显,价格可比采收时高出0.6~1.0元/kg。因此,如何提高黑皮冬瓜果实的耐贮性显得十分重要。提高黑皮冬瓜果实的耐贮性除选用良好的贮藏方法外,培育耐贮运的新品种则是主要的手段之一。一般认为,果肉硬度、肉质致密性、含水量是判断果实耐贮性的重要指标,亲本果肉的硬度、肉质致密性和含水量会直接关系到杂种后代的耐贮运性。硬度越高,说明细胞间的原果胶含量越多,分解速度越慢,越耐贮藏;肉质致密性越高,果实含水量越低,贮藏过程中水分散失就越缓慢,其贮藏性能越好^[14-15,19-22]。因此,在培育耐贮性强的黑皮冬瓜新品种时,应选择含水量相对较低、果肉硬度及肉质致密性较高的材料做亲本。本试验中,四倍体黑皮冬瓜果肉

肉质致密性显著高于二倍体黑皮冬瓜,增幅为4.78%;常温贮藏30d后的二倍体、四倍体黑皮冬瓜果肉硬度、肉质致密性较采收期有所下降,说明常温贮藏可降低黑皮冬瓜的果肉硬度和果肉致密性。

的含水量在采收期和贮藏期均明显低于二倍体黑皮冬瓜,果肉硬度及肉质致密性明显高于二倍体黑皮冬瓜,常温贮藏30d后的水分散失速度也明显低于二倍体黑皮冬瓜。因此,四倍体黑皮冬瓜符合耐贮运黑皮冬瓜新品种的选育目标,可作为商品品种直接用于生产或作为育种中间材料以培育品质更加优良的新品种。

参考文献:

- [1] 杜胜利,马德华. 生物技术与常规育种相结合培育优良蔬菜新品种[J]. 农业与技术,2002,22(2):58-62.
- [2] 周年英,章云,牛瑞青,等. 基于小孢子培养创制的青梗菜四倍体鉴定与利用[J]. 西北植物学报,2014,34(10):1992-1998.
- [3] 杨寅桂,庄勇,陈龙正,等. 蔬菜多倍体育种及其应用[J]. 江西农业大学学报,2006,28(4):534-538.
- [4] 王夏,孙菲菲,酆月红,等. 不结球白菜同源四倍体种质创建及特性研究[J]. 江苏农业科学,2016,44(1):173-175.
- [5] 卢秋稳,吕炜,张蜀宁,等. 优质晚抽薹四倍体不结球白菜的创制及特性[J]. 南京农业大学学报,2015,38(5):757-763.
- [6] Davis A R, Webber I C, Liu W A, et al. Watermelon quality traits as affected by ploidy[J]. HortScience,2013,48(9):1113-1118.
- [7] 李为,于泽源,李兴国,等. 不同倍性薄皮甜瓜果实几种成分及同工酶比较研究[J]. 北方园艺,2013(1):95-98.
- [8] 黄金艳,王红梅,覃斯华,等. 不同倍性甜瓜果实品质比较研究[J]. 中国园艺文摘,2012,28(2):198-198.
- [9] Zhang W Q, Hao H, Ma L Y, et al. Tetraploid muskmelon alters morphological characteristics and improves fruit quality[J]. Scientia Horticulturae,2010,125(3):396-400.
- [10] Nilsson E. Some experiments with tetraploid tomatoes [J]. Hereditas,1950,36(2):181-204.
- [11] 李俊星,张蜀宁,刘惠吉,等. 青花菜同源四倍体与二倍体农艺性状及营养品质比较[J]. 江苏农业科学,2010(3):175-176.
- [12] 颜志明,张蜀宁,汤伟华,等. 二倍体和四倍体扬花萝卜的品质特性及抗寒性比较研究[J]. 西北植物学报,2007,27(7):1405-1410.
- [13] 张振超,张蜀宁,戴忠良,等. 不同倍性不结球白菜营养品质及同工酶比较研究[J]. 西北植物学报,2008,28(8):1625-1628.
- [14] 谢大森,何晓明,彭庆务. 不同冬瓜品种营养成分分析[C]//园艺学进展. 西安:陕西科学技术出版社,2004:392-395.
- [15] 谢大森,何晓明,彭庆务. 黑皮冬瓜品质综合评价方法的探讨[J]. 中国蔬菜,2006(9):9-12.
- [16] 李合生. 植物生理生化实验原理和技术[M]. 北京:高等教育出版社,2000.

崔莉,赵恒强,耿岩玲,等. 响应面法优化牡丹花化学成分提取工艺的研究[J]. 江苏农业科学,2019,47(8):212-216.

doi:10.15889/j.issn.1002-1302.2019.08.050

响应面法优化牡丹花化学成分提取工艺的研究

崔莉,赵恒强,耿岩玲,王志伟,王晓,闫慧娇

(山东省分析测试中心/山东省中药质量控制重点实验室,山东济南 250014)

摘要:为了确定牡丹花化学成分提取的最佳工艺条件,从化学成分的稳定性和操作的便捷性考虑,用超声法对牡丹花的提取工艺进行研究。以液相色谱图中 14 个共有峰的总峰面积为指标,分别考察超声提取时间、乙醇浓度、液料比对牡丹花多种化学成分共同提取效果的影响,用响应面法优化牡丹花的超声提取工艺。结果表明,乙醇浓度对牡丹花提取效果的影响最大,其次是液料比与超声时间,用响应面法优化得到牡丹花超声提取的最适工艺条件如下:乙醇浓度为 60.92%,液料比为 86.21 mL:1 g,超声时间为 24.34 min。通过验证试验发现,在此最佳提取条件下,色谱图中共有峰峰面积的总和与预测值相近,可见通过响应面优化得到的牡丹花化学成分提取工艺稳定、可行。

关键词:牡丹花;提取工艺;超声法;响应面法;Box-Behnken 设计

中图分类号: R284.2 **文献标志码:** A **文章编号:** 1002-1302(2019)08-0212-05

牡丹(*Paeonia suffruticosa* Andr.)为毛茛科芍药属灌木,有“富贵花”和“花中之王”的美称,是中华民族传统文化的重要组成部分,享有“国花”的盛誉^[1]。牡丹花在我国有悠久的药用和食用历史,《四川中药志》中记载:牡丹花性平、苦、淡,具有调经活血的功能,主治月经不调、痛经^[2]。明代的《遵生八笺》中曾记载:“牡丹新落花瓣亦可煎食”。清代的《养小录》中记载:“牡丹花瓣,汤渍可,蜜浸可,肉汁烩亦可”,2013年,丹凤牡丹花被中华人民共和国国家卫生和计划生育委员会(现为中华人民共和国国家卫生健康委员会)批准为新食品原料^[3],是我国宝贵的天然植物资源。然而,在传统的牡丹产业中,牡丹花常被当作废弃物丢弃,造成巨大的浪费。

牡丹花中的活性成分种类较多,含量丰富,现代研究证明,这些成分具有活血、杀菌、抗氧化等多种活性^[4-7]。在前期研究中,笔者对牡丹花的化学成分进行了系统分离,发现其代谢产物主要包括黄酮类、没食子酸类、鞣质类及其芍药苷类单萜苷类化合物^[8-11]。而目前有关牡丹花化学成分提取的研究多针对黄酮类,且以总黄酮提取率作为方法优劣的

判断标准^[12-15],无法为全面表征牡丹花的生物活性物质基础,从而从整体上评价牡丹花的质量提供参考。响应面设计(response surface methodology,简称 RSM)是一种有效的统计和优化方法,在试验条件优化的过程中可以连续地对试验因素的各个水平进行分析,并能给出直观的图形^[16-21]。笔者在前期对牡丹花的化学成分研究的基础上,对其主要化学成分进行了辨认,并以液相色谱中的共有峰(包括黄酮类、没食子酸、鞣质类、芍药苷)的总峰面积为响应值,运用 Design-Expert 软件进行响应面 Box-Behnken 设计,对牡丹花提取工艺进行优化,拟为牡丹花资源的综合开发利用及质量控制提供理论依据。

1 材料与与方法

1.1 仪器与材料

Agilent 1120 型高效液相色谱仪[配有二极管阵列(DAD)检测器、自动进样器,美国 Agilent 公司];KQ3200 超声波清洗器(昆山超声仪器有限公司);JJ1000 型电子天平(常熟市双杰测试仪器厂)。

牡丹花采自山东菏泽,于 2017 年 4 月采收新鲜丹凤牡丹的花瓣,于 50 °C 热风烘干,粉碎过 40 目筛,在山东省分析测试中心实验室的干燥器内避光保存。主要试剂如下:乙醇,分析纯,购自德州恒业化工有限公司;甲醇、乙腈,色谱纯,购自山东禹王试剂有限公司;甲酸,色谱纯,购自德国 Riedel 公司;其余试剂均为分析纯。试验用水为超纯水。对照品芍药苷、野漆树苷、紫云英苷,购自中国食品药品检定研究院;1-O-galloyl- β -D-glucopyranose(1-O-没食子酰基- β -D-

收稿日期:2017-11-24

基金项目:山东省自然科学基金(编号:ZR2017BC061);山东省重大科技创新工程(编号:2017CXGC1301);山东省泰山学者岗位专家(郭兰萍)支持项目。

作者简介:崔莉(1983—),女,山东聊城人,博士,副研究员,主要从事药食资源的开发研究。E-mail:cuil0617@163.com。

通信作者:闫慧娇,博士,助理研究员,主要从事中药学、天然产物化学方面的研究。E-mail:yanhuijiao01@163.com。

[17] 张志良,瞿伟箬. 植物生理学实验指导[M]. 北京:高等教育出版社,2003.

[18] Horemans N, Foyer C H, Potters G, et al. Ascorbate function and associated transport systems in plants[J]. Plant Physiology and Biochemistry, 2000, 38(7/8): 531-540.

[19] 曹玉鑫,曹红霞,王萍,等. 营养液浓度对番茄生长、品质以及耐贮性的影响[J]. 食品科学, 2018, 39(7): 63-70.

[20] 谌琛,同延安,路永莉,等. 不同钾肥种类对苹果产量、品质及耐贮性的影响[J]. 植物营养与肥料学报, 2016, 22(1): 216-224.

[21] 杨瑞平. 不同耐贮性辣椒果实贮藏机理的研究[D]. 杨凌:西北农林科技大学, 2009: 17-18.

[22] 林建城,林河通,黄志明,等. 福建省 5 个主栽品种枇杷果实品质比较及其与果实耐贮运的关系[J]. 食品科学, 2008, 29(6): 433-437.