

# 火龙果花、茎的活性物质及其抗氧化能力分析

谢国芳\*, 张洁, 王玉波, 周笑犁, 刘志刚

贵阳学院食品与制药工程学院 贵州省果品加工工程技术研究中心, 贵阳 550005

**摘要:** 为了解火龙果花和茎中活性物质及其抗氧化能力差异, 以自花授粉和人工授粉红肉火龙果花和茎为试材, 测定其花和茎的活性物质含量和体外抗氧化能力。结果显示: 自花授粉火龙果花瓣中多糖含量、茎中抗坏血酸和总酚含量显著高于自身各部位和人工授粉 ( $P < 0.05$ ); 自花授粉茎中可滴定酸含量显著高于其花中各部位 ( $P < 0.05$ ), 人工授粉花萼中可滴定酸、多糖、可溶性蛋白质含量和 ABTS 自由基清除能力显著高于其它部位 ( $P < 0.05$ ), 人工授粉雌蕊中抗坏血酸、总黄酮、总酚含量、总还原力、FRAP 和 DPPH 自由基清除能力显著高于其他各部位 ( $P < 0.05$ ); 相关性分析发现总黄酮含量与总还原力、FRAP、DPPH 呈现极显著正相关性。两种授粉方式红肉火龙果各部位均含有较高的活性物质和抗氧化能力, 但授粉方式和部位间存在显著差异, 建议有针对性合理开发利用。

**关键词:** 火龙果; 花; 茎; 活性物质; 抗氧化能力

中图分类号: R285.5; Q946.8

文献标识码: A

DOI: 10.16333/j.1001-6880.2018.9.019

## Analysis of Bioactive Compounds and Antioxidant Activity in Flowers and Stems of Pitaya

XIE Guo-fang\*, ZHANG Jie, WANG Yu-bo, ZHOU Xiao-li, LIU Zhi-Gang

Food and Pharmaceutical Engineering Institute, Guizhou Engineering

Research Center for Fruit Processing, Guiyang University, Guiyang 550005, China

**Abstract:** To investigate the difference of bioactive compounds and antioxidant activity in flowers and stems of pitaya, the bioactive compounds and antioxidant activity in flowers and stems of pitaya with red flesh, both self pollination and artificial pollination, were determined. The results showed that the polysaccharide content in petal, the ascorbic acid and total polyphenols content in stem of Pitaya were significantly higher than those in other parts and artificial pollination ( $P < 0.05$ ). The titratable acid in stems of self pollination was significantly higher than that of flowers ( $P < 0.05$ ). The titratable acid, polysaccharide, soluble protein and ABTS free radical scavenging capacity in calyx of artificial pollination were significantly higher than that in other parts ( $P < 0.05$ ). The ascorbic acid, total flavonoids, total phenolics, total reducing power, of FRAP and DPPH free radical scavenging capacity in pistil of artificial pollination were significantly higher than those of other parts ( $P < 0.05$ ). Correlation analysis showed that total flavonoids content was significantly positively correlated with total reducing power, FRAP and DPPH free radical scavenging capacity. All parts of pitaya with red flesh, both self pollination and artificial pollination, have high bioactive compounds and antioxidant activity. However, there is a significant difference between pollination methods and sites, and it is suggested to be targeted for rational development and utilization.

**Key words:** pitaya; flowers; stems; bioactive compounds; antioxidant activity

火龙果 (Pitaya) 又称青龙果、红龙果、仙人掌果、仙蜜果等, 是仙人掌科 (*Cactaceae*) 三角柱属 (*Hylocereus*) 多年生植物, 是一种集“水果”、“花

卉”、“蔬菜”、“保健”、“医药”为一体的热带、亚热带果树, 目前已在海南、福建、广东、广西、贵州、云南等省大规模种植。为提高大果率和果实品质, 通常不断修剪分枝保留 1 条主茎、疏花以保持每条茎上保留 1 个果实, 花授粉 2 天后减掉可避免高温高湿天气引起的田间微生物病害, 由此产生大量的废弃花和茎, 合理开发利用火龙果花和茎不仅可降低其

收稿日期: 2017-10-11 接受日期: 2018-04-17

基金项目: 贵州省科技厅-贵阳市科技局-贵阳学院联合基金 (黔科合 LH 字 [2014] 7179 号); 贵州省普通高等学校特色重点实验室项目 (黔教合 KY 字 [2016] 007 号); 贵阳市科技局贵阳学院专项资金 (GYU-KYZ [2018] 01-17)

\* 通信作者 Tel: 86-851-88564091; E-mail: xieguofang616@sina.com

处理成本,还可提高其附加值。火龙果花、茎富含多糖<sup>[1-4]</sup>、黄酮<sup>[5-7]</sup>、多酚<sup>[8]</sup>、氨基酸<sup>[9]</sup>、植醇、维生素E、植物甾醇等化合物<sup>[10]</sup>,具有较强的抗氧化能力<sup>[2,3,7,8,11]</sup>,对明目、降火、预防高血压、咳嗽、气喘有独特的疗效<sup>[4]</sup>,具有较高的开发利用价值。然而,目前文献仅从花、茎或某一指标测定方法及其抗氧化活性进行分析,尚无火龙果花和茎活性物质和抗氧化能力的对比研究。本文以贵州规模种植的人工授粉和拟更换的自花授粉两种红肉火龙果的花和茎为试材,系统研究火龙果花不同部位和茎中活性物质含量及其体外抗氧化能力,以期为红肉火龙果花和茎的合理开发利用提供科学依据。

## 1 材料与方法

### 1.1 试材及取样

试验于2016年9月21日在贵州省黔西南州望谟县蔗香镇(N 24.58, 106.10 E)采集4年生人工授粉和自花授粉红肉火龙果的花(授粉1天后)和当年生茎为试材。采后迅速放入4℃采样箱中,运到贵州省果品加工工程技术研究中心实验室,按部位分开后液氮冷冻、打浆,保留于-70℃超低温冰箱,待用。

### 1.2 营养成分测定

可滴定酸含量参照GB/T 12456-2008《食品中总酸的测定》方法测定;多糖含量参照王金华等(2016)的方法<sup>[12]</sup>,以每100g鲜样中所含葡萄糖质量(g)表示,即%;可溶性蛋白质参照Xie等(2014)方法<sup>[13]</sup>测定,以100g鲜样中所含牛血清蛋白质的含量(mg)表示,即 $\text{mg}(\text{BAE}) \cdot 100 \text{g}^{-1}(\text{FW})$ ;维生素C含量参照Xie Guo-fang and Tan Shu-ming(2015)方法<sup>[14]</sup>测定,以100g鲜样品中所含抗坏血酸的质量(mg)表示,即 $\text{mg}(\text{AAE}) \cdot 100 \text{g}^{-1}(\text{FW})$ ;总黄酮参照Dragovic-Uzelac等(2010)方法<sup>[15]</sup>,以每g鲜样品中所含芦丁的质量(mg)表示,即 $\text{mg}(\text{RE}) \cdot \text{g}^{-1}(\text{FW})$ ;总酚含量测定参照Nuncio-Jauregui等(2015)方法<sup>[16]</sup>,以每g鲜样品中所含没食子酸的质量(mg)表示,即 $\text{mg}(\text{GAE}) \cdot \text{g}^{-1}(\text{FW})$ 。

### 1.3 抗氧化能力测定

总还原力(TRPA)参照Oliveira等(2011)方法<sup>[17]</sup>,以每g鲜样中所含Trolox的当量(mmol)来表示,即 $\text{mmol}(\text{TE}) \cdot \text{g}^{-1}(\text{FW})$ ;抗氧化能力(FRAP)参照Todorovic等(2015)方法<sup>[18]</sup>,以每g鲜样中Trolox的含量(mmol)表示,即 $\text{mmol}(\text{TE}) \cdot \text{g}^{-1}(\text{FW})$ ;DP-

PH自由基清除能力参照Tauchen等(2015)方法<sup>[19]</sup>,以每g鲜样中所含当量Trolox的清除能力(mmol)表示即 $\text{mmol}(\text{TE}) \cdot \text{g}^{-1}(\text{FW})$ ;ABTS<sup>·+</sup>自由基清除能力参照Schaich等(2015)方法<sup>[20]</sup>,以每g鲜样中所含Trolox的含量(mmol)表示,即 $\text{mmol}(\text{TE}) \cdot \text{g}^{-1}(\text{FW})$ 。

### 1.4 数据处理

实验采用3平行的随机组合设计,实验结果采用Microsoft Excel软件进行整理,并以平均值±标准偏差的方式表示,采用Graphpad Prism 7.00软件作图,IBM SPSS 22软件进行Duncan's间差异显著性统计和Pearson's相关性分析, $P < 0.05$ 表示差异显著。

## 2 结果与分析

### 2.1 火龙果花、茎中活性物质差异分析

两种授粉方式红肉火龙果花和茎的活性物质含量如图1所示。人工授粉红肉火龙果花各部位的可滴定酸含量显著高于自花授粉( $P < 0.05$ ),然而自花授粉火龙果茎的可滴定酸却显著高于人工授粉( $P < 0.05$ ),两种授粉方式红肉火龙果各部位间可滴定酸含量均呈现不同程度的差异,但各部位含量高低顺序不同,人工授粉红肉火龙果花萼中可滴定酸含量(5.86%)显著高于其他部位和自花授粉( $P < 0.05$ ),自花授粉茎中可滴定酸含量(4.35%)却显著高于其各部位( $P < 0.05$ );自花授粉红肉火龙果各部位多糖含量显著高于人工授粉( $P < 0.05$ ),两种授粉方式红肉火龙果各部位间可滴定酸含量均呈现不同程度的差异,但各部位含量高低顺序不同,自花授粉红肉火龙果花瓣和雄蕊中多糖含量显著高于其他各部位( $P < 0.05$ ),人工授粉花萼中花萼含量(13.5%)显著高于其他部位( $P < 0.05$ );人工授粉红肉火龙果花萼和雄蕊中的可溶性蛋白质含量显著高于其他部位( $P < 0.05$ ),而自花授粉红肉火龙果雄蕊和花瓣可溶性蛋白质含量显著高于其他各部位( $P < 0.05$ ),自花授粉红肉火龙果茎可溶性蛋白质含量(1.00 mg/100 g)显著低于其他各部位( $P < 0.05$ );自花授粉红肉火龙果茎抗坏血酸含量(17.40 mg/100 g)显著高于其他部位和人工授粉( $P < 0.05$ ),人工授粉红肉火龙果花各部位抗坏血酸含量均高于自花授粉,人工授粉红肉火龙果雌蕊抗坏血酸含量(6.19 mg/100 g)显著高于其各部位( $P < 0.05$ ),自花授粉红肉火龙果花中除雌蕊外其

他抗坏血酸含量均小于 0.30 mg/100 g;两种授粉方式红肉火龙果雌蕊总黄酮含量显著高于其各部位 ( $P < 0.05$ ),自花授粉红肉火龙果雄蕊和茎的总黄酮含量显著高于人工授粉 ( $P < 0.05$ ),而人工授粉红肉火龙果雄蕊和花瓣总黄酮含量显著高于自花授粉 ( $P < 0.05$ );人工授粉红肉火龙果雄蕊、雌蕊和花瓣中总酚含量显著高于人工授粉相应部位 ( $P <$

0.05),其中雌蕊中多酚含量(3.72 mg/g)显著高于其各部位( $P < 0.05$ ),自花授粉红肉火龙果茎中总酚含量(4.84 mg/g)显著高于其各部位和人工授粉各部位( $P < 0.05$ )。综上所述,两种授粉方式红肉火龙果均含有较高的活性物质和抗氧化能力,但不同授粉方式和部位间存在显著差异,即各部位均有其特有的成分。

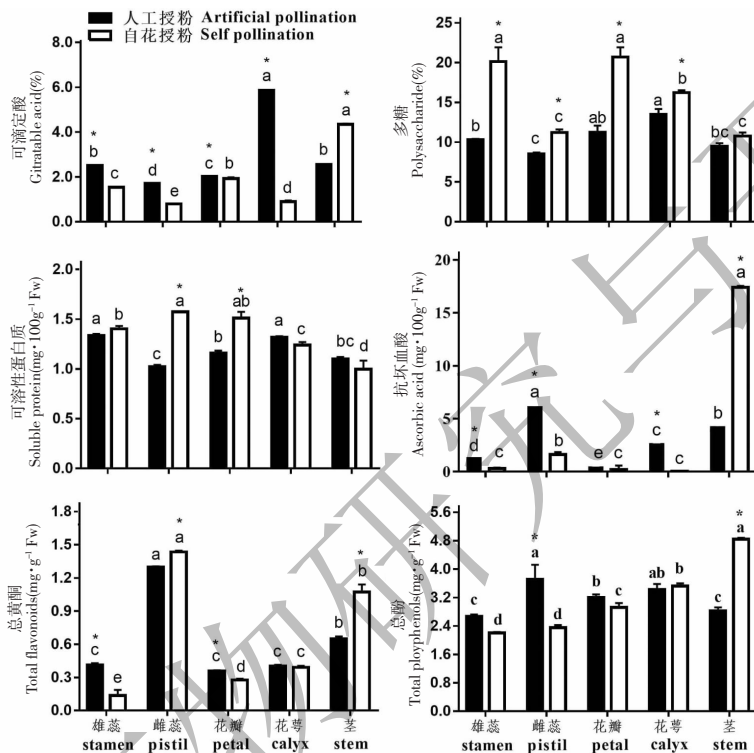


图1 火龙果花、茎中活性物质含量分析

Fig. 1 Analysis of Bioactive Compounds in Flowers and Stems of Pitaya

注:不同字母表示同一品种不同部位间差异显著( $P < 0.05$ ), \* 表示自花授粉与人工授粉间差异显著( $P < 0.05$ )。

Note: Different letters refer to the significant differences of different parts in same variety ( $P < 0.05$ ), \* refer to the significant differences between self pollination and artificial pollination ( $P < 0.05$ ).

## 2.2 火龙果花、茎抗氧化能力分析

两种授粉方式红肉火龙果花和茎的抗氧化能力如图2所示。从图2可知,两种授粉方式红肉火龙果雄蕊的TRPA、FRAP和DPPH均显著高于其他部位( $P < 0.05$ ),两种授粉方式红肉火龙果茎的TRPA和DPPH均仅次于花的雌蕊,两种授粉方式红肉火龙果花瓣的TRPA和FRAP均显著低于其他部位( $P < 0.05$ ),自花授粉红肉火龙果雄蕊、雌蕊和花瓣的TRPA显著高于人工授粉( $P < 0.05$ ),自花授粉红肉火龙果雌蕊、花瓣和花萼的FRAP值均显著高于人工授粉( $P < 0.05$ ),自花授粉红肉火龙果花萼和茎的DPPH显著高于人工授粉( $P < 0.05$ ),而人工授

粉红肉火龙果雄蕊的DPPH值(1.82 mmol TE /g)显著高于自花授粉( $P < 0.05$ ),自花授粉红肉火龙果雄蕊、花瓣和茎的ABTS值显著高于人工授粉( $P < 0.05$ ),其中花瓣的ABTS值(14.28 mmol TE /g)显著高于其他部位( $P < 0.05$ ),而人工授粉红肉火龙果雌蕊和花萼的显著高于人工授粉其他部位和自花授粉相应部位( $P < 0.05$ )。

## 2.3 火龙果花、茎抗氧化能力与活性物质的相关分析

火龙果花和茎活性物质与抗氧化能力相关性分析结果如表1所示。

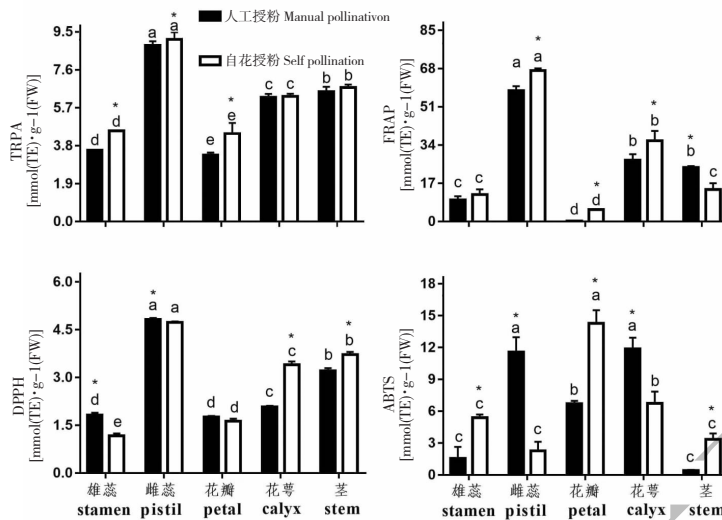


图2 火龙果花、茎中抗氧化能力分析

Fig. 2 Analysis of antioxidant capacity in flowers and stems of pitaya

表1 各项指标相关性分析

Table 1 Correlation coefficient of different indices

指标 Indices	可滴定酸 Titratable acid	多糖 Polysaccharide	可溶性蛋白 Soluble protein	抗坏血酸 Ascorbic acid	总黄酮 Total flavonoids	总酚 Total phenolics	TRPA	FRAP	DPPH
多糖 Polysaccharide	-0.181								
可溶性蛋白 Soluble protein	-0.297	0.556 *							
抗坏血酸 Ascorbic acid	0.481 *	-0.429	-0.633 **						
总黄酮 Total flavonoids	-0.101	-0.627 **	-0.203	0.521 *					
总酚 Total phenolics	0.484 *	-0.310	-0.706 **	0.784 **	0.294				
TRPA	-0.086	-0.400	-0.122	0.352	0.864 **	0.217			
FRAP	-0.277	-0.359	0.073	0.034	0.763 **	-0.025	0.918 **		
DPPH	-0.203	-0.577 **	-0.298	0.436	0.923 **	0.350	0.919 **	0.841 **	
ABTS	0.161	0.412	0.113	-0.183	-0.199	0.208	-0.028	-0.035	-0.162

注：\* 和 \*\* 分别表示在  $P < 0.05$  和  $P < 0.01$  水平上显著相关。

Note: \* and \*\* mean significant differences at the level of  $P < 0.05$  and  $P < 0.01$ , respectively.

由表1可知,火龙果花和茎中活性物质间存在不同程度的相关性,抗坏血酸与总酚含量呈现极显著正相关性,可滴定酸与抗坏血酸和总酚含量间、多糖与可溶性蛋白质间、抗坏血酸与总黄酮含量间呈现显著正相关性,可溶性蛋白质与总酚和抗坏血酸含量间、多糖与总黄酮含量间呈现极显著负相关;火龙果花和茎中活性物质对抗氧化能力存在一定的相关性,总黄酮对 TRPA、FRAP 和 DPPH 值呈现极显著正相关性,多糖对 DPPH 呈现极显著负相关性,说明火龙果花和茎中抗氧化能力主要由黄酮类物质贡献。

### 3 讨论

谢鸿根等(2017)分析了‘白玉龙’白肉火龙果花、茎和果实中氨基酸含量,发现火龙果各部分含有丰富的氨基酸,且种类齐全、组成合理。本研究中发现两种授粉方式红肉火龙果花和茎均含有较高的可溶性蛋白质,自花授粉雌蕊可溶性蛋白质含量高达1.57%,且显著高于谢鸿根等(2017)报道的白肉火龙果花和茎<sup>[9]</sup>;高慧颖等(2015)分析了白肉火龙果花不同部位多糖含量和抗氧化能力,花柱(雌蕊)多糖含量和总抗氧化能力显著高于其他部位,且不同

部位总抗氧化力和羟自由基清除能力也不一致<sup>[2]</sup>。本研究中发现,自花授粉红肉火龙果多糖含量高达20.73%,显著高于人工授粉红肉火龙果和高慧颖等(2015)报道的白肉火龙果多糖含量较高的花柱(雌蕊)<sup>[2]</sup>;罗小艳和郭璇华(2014)采用紫外分光光度法测定了市售火龙果干花和茎中总黄酮含量,花和茎中含量分别为7.47和4.94 mg/g<sup>[6]</sup>。李国胜等(2016)以70%乙醇为提取剂对火龙果干花中总黄酮进行提取并分析了不同浓度黄酮类化合物的抗氧化能力,发现火龙果干花乙醇提取液中总黄酮含量高达2.62 mg/mL,总黄酮浓度与抗氧化活性间呈现较好的正相关性<sup>[7]</sup>。本研究中自花授粉红肉火龙果雌蕊中总黄酮含量最高达1.43 mg/g,总黄酮含量与总还原力、FRAP、DPPH呈现极显著的正相关性,与罗小艳和郭璇华(2014)报道含量相差较大<sup>[6]</sup>,其主要原因在于品种不同、鲜样和干样中水分含量不同,与李国胜等(2016)报道火龙果花总黄酮含量与DPPH自由基清除结果基本一致<sup>[7]</sup>;李国胜和张伟敏(2016)将火龙果花中多酚类化合物进行提纯并分析了不同浓度酚类化合物的抗氧化能力,发现火龙果花中多酚类化合物含量与其抗氧化能力在一定浓度范围内呈现量效关系<sup>[8]</sup>。本研究中发现总酚含量与抗氧化能力间的相关性不显著,主要由于该实验采用酚类物质粗提物,与李国胜和张伟敏(2016)报道提取剂提取方法不同有关<sup>[8]</sup>。

本研究发现两种授粉方式红肉火龙果花和茎中均含有活性物质含量和抗氧化能力,但不同部位存在极大差异,在对其进行开发利用时应充分考虑各自优势。火龙果花和茎中活性物质具有较强的抗氧化能力,为较好的食品、药品原料,可开发为保健品,合理开发利用火龙果花和茎不仅可解决果农废弃物处理难题,还能实现变废为宝,延长火龙果相关产业链,使得火龙果产业健康发展。

## 参考文献

- 1 He CF(何聪芬), Li P(李鹏), Zhao J(赵进), et al. Polysaccharide extraction from the stem of pitaya by microwave-assisted extraction and its structure characterization [J]. *Food Ferm Ind*(食品与发酵工业), 2009, 35: 140-143.
- 2 Gao HY(高慧颖), Wang Q(王琦), Huang XG(黄贤贵), et al. Determination polysaccharides and antioxidant activity of different parts of pitaya flower [J]. *Fujian J Agr Sci*(福建农业学报), 2015, 30: 944-947.
- 3 Gao HY(高慧颖), Wang Q(王琦), Huang XG(黄贤贵),

- et al. Optimization of ultrasonic extraction and antioxidant activity of polysaccharides from pitaya flowers [J]. *Fujian J Agr Sci*(福建农业学报), 2015, 30: 1199-1202.
- 4 Zhou LP(周丽屏), Guo XH(郭璇华). The biological active substances of the stem of pitaya and its potential applications [J]. *Food Res Dev*(食品研究与开发), 2007, 28: 169-172.
- 5 Dai WJ(戴文娟), Guo XH(郭璇华). Study on the microporous resin separation and purification of flavones from stems of pitaya [J]. *Food Res Dev*(食品研究与开发), 2009, 30(11): 65-69.
- 6 Luo XY(罗小艳), Guo XH(郭璇华). Determination of total flavonoids in pitaya flower by UV-vis spectrophotometry [J]. *Food Res Dev*(食品研究与开发), 2014, 35: 108-111.
- 7 Li GS(李国胜), Yao QG(姚秋桂), Zhang WM(张伟敏). Study on the antioxidative activity of flavonoids from Pitaya flower [J]. *North Hortic*(北方园艺), 2016: 121-125.
- 8 Li GS(李国胜), Zhang WM(张伟敏). Antioxidant activity of pitaya flower polyphenol compounds [J]. *Chinese J Trop Agr*(热带农业科学), 2016, 36(2): 5-10.
- 9 Xie HG(谢鸿根), Lin QH(林旗华), Chen Y(陈源), et al. Amino acids in flowers, stems and fruits of pitaya grown on saline habitats [J]. *Fujian J Agr Sci*(福建农业学报), 2017, 32: 568-571.
- 10 Guo XH(郭璇华), Zhou LP(周丽屏). 2007. Studies on chemical components in the stems of pitaya by GC-MS ICP-MS [J]. *Chinese J of Anal Lab*(分析实验室), 2007, 26: 104-107.
- 11 Ma RY(马若影), Yang HQ(杨慧强), Li GS(李国胜), et al. Study on the extraction and antioxidant activity of polysaccharide from red pulp *Hylocereus undatus* stem by subcritical water [J]. *Sci Technol Food Ind*(食品工业科技), 2017, 38: 286-290.
- 12 Wang JH(王金华), Du C(杜超), Liang C(梁晨), et al. Extraction and antioxidant activity of polysaccharides from Guichang kiwifruit [J]. *Food Sci*(食品科学), 2016, 37(20): 19-23.
- 13 Xie GF, Tan SM, Yu L. Effect of calcium chloride treatment on quality of cowpea (*Vigna unguiculata* (L.) Walp) [J]. *Eur J Hortic Sci*, 2014, 79(1): 16-21.
- 14 Xie GF, Tan SM. Effect of cultivar on quality of the common bean during storage [J]. *Int Agr Eng J*, 2015, 24(2): 69-78.
- 15 Dragovic-uzela V, Savic Z, Brala A, et al. Evaluation of phenolic content and antioxidant capacity of blueberry cultivars (*Vaccinium corymbosum* L.) grown in the Northwest Croatia [J]. *Food Technol Biotech*, 2010, 48: 214-221.