

不同采摘季重瓣红玫瑰花 理化成分比较分析

尚 乐¹, 蒋玉梅^{1,*}, 钟读波², 李霁昕¹, 卞家亭², 李永恒², 徐 琼³

(1. 甘肃农业大学食品科学与工程学院, 甘肃兰州 730070;

2. 云南云测质量检验有限公司, 云南昆明 650217;

3. 兰州市农业科技研究推广中心, 甘肃兰州 730010)

摘 要:比较分析不同采摘时期的云南食用重瓣红玫瑰花中总糖、蛋白质、粗纤维、维生素 C、花色苷、总黄酮及矿质元素的变化, 探讨采摘时期、光照和积温对样品理化成分的影响规律。结果表明: 云南安宁种植的食用重瓣红玫瑰花中的各种理化成分随采摘时期改变, 除了与花期有关外, 光照和积温对其均有影响。总糖、粗纤维、维生素 C、花色苷及总黄酮的含量总体与光照时间和积温呈正相关, 积温对花色苷和黄酮代谢积累的影响较光照强, 光照与积温对糖的代谢积累的影响较粗纤维显著; 矿质元素中含量变化较为显著地是 K 和 Na, 5 月份样品含量最大, 分别为 235.0、6.4 mg/100 g; Ca 和 Zn 的含量都是在 6 月份达到最大值, 分别为 16.9、0.49 mg/100 g; Fe 的含量在 4 月份维持较高水平, 为 2.0 mg/100 g。

关键词:重瓣红玫瑰花, 理化成分, 采摘季, 积温, 光照

Comparison and analysis of physico-chemical components of *Rose rugosa* cv. 'Plena' in different harvest period

SHANG Le¹, JIANG Yu-mei^{1,*}, ZHONG Du-bo², LI Ji-xin¹, BIAN Jia-ting², LI Yong-heng², XU Qiong³

(1. College of Food Science and Engineering, Gansu Agricultural University, Lanzhou 730070, China;

2. Yunnan Yunce Quality Testing Co., Ltd., Kunming 650217, China;

3. Lanzhou Agriculture Science and Technology Extension Center, Lanzhou 730010, China)

Abstract: The Physico-chemical properties of Yunnan *Rose rugosa* cv. 'Plena' were analysed and compared in different picking period, including sugar, protein, crude fibre, vitamin C, anthocyanin, general flavone and mineral elements. At the same time, the influencing regulation of illumination and accumulated temperature to physico-chemical components was investigated. The results showed: all physico-chemical properties changed with picking period, and was affected by flowering phase, illumination and accumulated temperature. On the whole, content of sugar, crude fibre, vitamin C, anthocyanin, general flavone had positive correlation with illumination time and accumulated temperature. Accumulated temperature's effect was more remarkable than the illumination on metabolism and accumulation of anthocyanin and general flavone, and illumination and accumulated temperature had a greater effect than crude fiber on metabolism and accumulation of sugar. Among the mineral elements, content of K and Na changed significantly, which went to the peak in May, respectively were 235.0, 6.4 mg/100 g; content of Ca and Zn went to maximum in July, respectively were 16.9, 0.49 mg/100 g; content of Fe was at higher level in April, respectively was 2 mg/100 g.

Key words: *Rose rugosa* cv. 'Plena'; Physico-chemical components; harvest period; accumulated temperature; illumination

中图分类号: TS201.4

文献标识码: A

文章编号: 1002-0306(2015)15-0365-05

doi: 10.13386/j.issn1002-0306.2015.15.069

重瓣红玫瑰(*Rose rugosa* cv. 'Plena')为蔷薇目、蔷薇科、蔷薇属植物, 经济价值极高, 有“金花”之誉。

收稿日期: 2014-11-24

作者简介: 尚乐(1987-), 男, 在读硕士研究生, 研究方向: 农产品加工及贮藏, E-mail: 390385751@qq.com。

* 通讯作者: 蒋玉梅(1973-), 女, 博士, 副教授, 研究方向: 果蔬加工、挥发性风味分析及葡萄酒, E-mail: jym316@126.com。

基金项目: 甘肃省兰州市科技局项目(2010-1-235); 甘肃省科技厅青年基金项目(1308RJYA078); 甘肃省兰州市科技局农业攻关项目(2010-1-239)。

种植区域广泛,以山东平阴、甘肃苦水和云南安宁种植的品质最佳。除观赏外,重瓣红玫瑰在药用、食用和日化工业等方面具有较高的开发利用价值^[1],所含挥发精油、黄酮、多酚、多糖、色素、蛋白质及氨基酸、维生素、膳食纤维、不饱和脂肪酸、微量元素等多种组分均具有生理活性^[2-7]。其中黄酮^[8]、多酚化合物^[9]和多糖具有清除自由基,延缓衰老^[10]的辅助功效。以黄酮醇和矢车菊花色苷元-3-葡萄糖苷为主要成分的食用玫瑰色素,易溶于水,色泽鲜艳且具有一定的抗氧化、抗敏活性,是良好的食用天然色素^[11]。另外,食用玫瑰中同时存在的维生素A、B、C具有较好的协同抗氧化作用^[12]。人体所必须的8种氨基酸在其中都有检出^[13-14]。所含膳食纤维对预防高血脂、结肠癌及降低胆固醇的发病率有一定的作用^[15-17]。

云南安宁种植的食用重瓣红玫瑰花期较其他食用玫瑰长6~8倍,可从每年4月份持续到9月份,是玫瑰产品加工的良好原料。目前对云南食用重瓣红玫瑰花的研究主要集中在常规营养组分如蛋白质、糖分、氨基酸等的分析上^[4-6,18],缺乏系统的研究。由于食用重瓣红玫瑰在生长发育过程中品质会受气候条件如光照、温度等的影响,理化组成发生相应的变化,不同采摘时期的云南食用重瓣红玫瑰花的理化组分变化研究目前尚未见报道。分析不同采摘时期云南食用重瓣红玫瑰花的理化组成,探讨光照、温度、采收季对原料理化组分的影响,对云南重瓣食用红玫瑰花采收时间的选择及原料的合理利用具有重要意义。

本文以云南安宁市种植食用重瓣红玫瑰花为原料,比较分析不同采摘时期原料的总黄酮、花色苷、维生素C及常规营养组分,探讨光照、温度及采收时期对样品食用品质的影响,以期为云南安宁市种植的食用重瓣红玫瑰花的采收时间选择及原料的合理利用提供科学理论数据参考。

1 材料与方法

1.1 材料与仪器

食用重瓣红玫瑰花瓣:2014年4月到8月每个月的20号上午10点前采摘自云南安宁市玫瑰基地,选择杯状的玫瑰花于锡箔袋密封,置于有冰块采样箱中,当天运回实验室,于-18℃下保存,待测。

矢车菊素-3-葡萄糖苷(98%) 上海源叶生物科技有限公司;芦丁(92.5%) 中国食品药品检定研究所;L-抗坏血酸(99%) 上海源叶生物科技有限公司。

723C可见分光光度计 上海精密科学仪器有限公司;SHA-C恒温振荡器 常州国华电器有限公司;KQ-500E型超声波清洗器 昆山市超声仪器有限公司;UDK159自动凯氏定氮仪 意大利Velp;AA-7000原子吸收分光光度计 岛津国际贸易有限公司。

1.2 实验方法

1.2.1 功能性组分测定

1.2.1.1 黄酮 参照NY/T 1295-2007^[19],略有改动。

芦丁为标准品,70%甲醇溶液溶解,制备0.056 mg/mL的标准储备液,可见分光光度计420 nm测定芦丁浓度分别为1.4、2.8、5.6、11.2、16.8、22.4 mg/L标样及空白吸光值,绘制标准曲线。称取1 g磨碎玫瑰花瓣鲜样,加入70%甲醇溶液30 mL,510 r/min 65℃恒温振摇2 h,趁热过滤,70%甲醇溶液清洗滤瓶和残渣,合并滤液,冷却至室温,70%甲醇溶液定容,准确吸取1 mL于10 mL容量瓶中后定容检测。

1.2.1.2 花色苷 参照唐琳^[20]方法,略有改动。矢车菊素-3-葡萄糖苷为标准品,65%乙醇溶液(含1%盐酸)溶解,制备1 mg/mL标准储备液,可见分光光度计518 nm测定矢车菊素-3-葡萄糖苷浓度分别为0.2、1、2、5、10、20 mg/L的标样及空白吸光值,绘制标准曲线。称取1 g磨碎玫瑰花瓣鲜样,加入65%乙醇溶液(含1%盐酸)20 mL,80℃超声提取30 min,冷却至室温后用65%乙醇溶液(含1%盐酸)定容,摇匀,4000 r/min离心10 min。移取上清液0.5 mL于10 mL容量瓶中,65%乙醇溶液(含1%盐酸)定容检测。

1.2.1.3 维生素C GB/T 5009.86-2003^[21]2,4-二硝基苯肼比色法。

1.2.2 常规营养组分测定 水分按GB/T 5009.3-2010^[22]直接干燥法;总糖按GB/T 5009.8-2008^[23]酸水解法;蛋白质按GB/T 5009.5-2010^[24]凯氏定氮法;粗纤维按GB/T 5009.10-2003^[25]重量法。

1.2.3 矿物质元素的测定 参照李淑芳、桑小军^[26]方法,采用原子吸收光谱法,条件略有改动。称取2.5 g磨碎玫瑰花瓣鲜样于瓷坩埚中,置于电炉上炭化至无烟,移入马弗炉中500℃烧6~8 h,取出用0.5 mol/L的硝酸溶解并定容至25 mL比色管中,样品中K元素浓度太高,可稀释25倍后进样。同法制备空白溶液。

1.3 数据统计分析

数据运用SPSS Statistics 17.0进行显著性分析,采用OriginPro 8.0作图。

2 结果与分析

2.1 不同采摘时期云南重瓣红玫瑰花总黄酮、花色苷和V_C的比较分析

比较分析4~8月云南安宁采收的食用重瓣红玫瑰花中花色苷和总黄酮的含量,结果显示,花色苷和总黄酮含量随着采摘时期改变呈单峰型变化(图1),5月份样品花色苷和总黄酮含量达到最大值分别420、470 mg/100 g。8月份样品花色苷和总黄酮含量均为最小值:200、280 mg/100 g,约为5月份样品的一半。花色苷和总黄酮作为玫瑰生长过程中的次级代谢产物,与玫瑰花的花期有关,花色苷和总黄酮含量均在盛花期达到最大值,接下来是始花期,最后是末花期。除了花期外,花色苷和总黄酮还受到各种外界环境因素的影响,其中影响最大的是光照和积温。5月份和6月份同是盛花期,且积温相差不大,但由于5月份比6月份光照时间长69.6%,5月份样品花色苷和总黄酮含量较7月份高23.5%、30.6%,说明光照对玫瑰花中花色苷和黄酮的代谢及积累影

响显著。7 月份和 8 月份同是末花期,且的光照时间差别小,但 7 月份积温比 8 月份高 12.3%,7 月份样品花色苷和总黄酮含量高出 8 月份 70.0%、28.6%;由此可知,相较光照时间,积温对花色苷和黄酮的代谢及积累影响更显著。

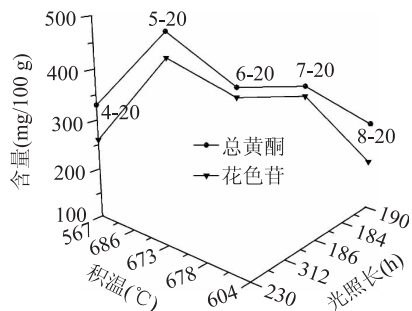


图 1 光照、积温对重瓣红玫瑰花中花色苷和总黄酮含量的影响

Fig.1 The effect of illumination and

accumulated temperature on content of anthocyanin and total flavones of *Rose rugosa* cv. 'Plena'

注:数据点上数字表示采样的日期,图 2~图 4 同。

花色苷和总黄酮的代谢和积累是受到多种因素的共同影响的结果。有报道显示花色苷的合成、积累受到光照、温度、糖、水分、激素、金属离子等多种因素的影响。代谢性的蔗糖、葡萄糖和果糖存在时,光照强度可促进花色苷合成途径中关键酶 CHS、DFR 基因的表达^[27],光照强度增加对花色苷的积累有促进作用^[28],本次分析结果与其相符;糖除了通过提供营养物质来促进花青素苷的合成和积累以外,还可通过对植物细胞产生渗透胁迫诱导植物合成花青素苷,如在拟南芥中,蔗糖特异性地增加花青素苷的积累^[29],而糖的合成和积累又受到光照和积温的影响;同样,总黄酮的合成受到多种因素的影响,如环境胁迫、光照、伤害、诱导剂,甚至中间产物如肉桂酸,都能影响黄酮合成第一个关键酶 CHS 的表达水平^[30],葡萄糖、棉子糖能诱导类 CHS 的表达,而遮荫处理则使 CHS 得表达水平下降^[31],本研究结果与其一致。

4~8 月食用重瓣红玫瑰花中维生素 C 的含量分析显示样品中维生素 C 含量随采摘时期先升高后降低,之后再升高(图 2),5 月份达到最大值,为 12.0 mg/100 g,而在 7 月份样品含量最低,仅为 3.62 mg/100 g。同为盛花期的 6 月份样品维生素 C 含量仅为 5 月份的 60%左右,5 月份和 6 月份积温相差不大,但由于 5 月份比 6 月份光照时间长 69.6%。可见维生素 C 含量除与玫瑰生长期有关外,与光照时间有较显著的相关性。目前研究对维生素 C 的生物合成途径仍不完全清楚,Wheeler 等提出的半乳糖途径在植物维生素 C 的生物合成中占主导地位,但不能排除其它途径的可能,比较明确的是维生素 C 的合成受光照强度的影响较大,较高的光强下维生素 C 合成的关键酶 GaLGDH 的活性提高从而使维生素 C 的合成增加^[32]。维生素 C 的含量与积温没有发现明显的相关性,相关文献中也很少有温度对维生素 C 合成途径影响的报道,有待进一步的分析、

研究。

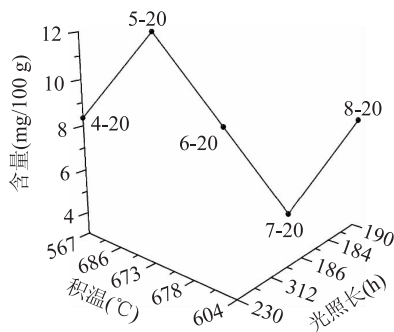


图 2 光照、积温对重瓣红玫瑰花中维生素 C 含量的影响

Fig.2 The effect of illumination and accumulated temperature on content of vitamin C of *Rose rugosa* cv. 'Plena'

2.2 不同采摘时期云南重瓣红玫瑰花蛋白质、总糖和粗纤维的比较分析

比较分析不同采摘季云南重瓣红玫瑰花蛋白质含量,结果显示,其含量随采摘季推迟呈逐渐下降的趋势(图 3),其中蛋白质含量最高为初花期 4 月份,为 1.48 g/100 g,其次是盛花期的 5 月份、6 月份样品,含量分别为 1.36 g/100 g、1.34 g/100 g,最低的是末花期 7 月份和 8 月份样品,蛋白质含量分别为 1.25 g/100 g、1.23 g/100 g。(图 3)。总糖和粗纤维含量变化趋势相同,随采摘时间呈单峰型变化(图 4),均在盛花期 5 月份达到最大值,分别为 5.9 g/100 g 和 2.51 g/100 g。外界因素中光照和积温对总糖和粗纤维影响较大,同为盛花期的 5 月份和 6 月份积温相差不大,但由于 5 月份比 6 月份光照时间长 69.6%,5 月份样品总糖和粗纤维含量较 6 月份高 9.3%、4.6%,说明光照对食用重瓣红玫瑰花中总糖和粗纤维的代谢及积累影响显著。同为末花期的 7 月份和 8 月份的光照时间差别小,但 7 月份积温比 8 月份高 12.3%,7 月份样品总糖和粗纤维含量高出 8 月份 8.2%、3.6%,由此可知光照和积温对糖的代谢积累影响较粗纤维显著。糖分和粗纤维均为碳水化合物,是光合作用的产物,影响光合作用的因素有光照、温度、CO₂ 浓度和矿物质元素,其中光是光合作用的能量来源,目前研究认为,当不超过光的饱和点时,随着光照强度的增加,植物光合作用加强^[33];由于光合作用属酶促反应,在一定温度范围内,光合速率会随温度的上升而增加^[34]。

2.3 不同采摘时期云南重瓣红玫瑰花矿物质元素的比较分析

不同采摘时期的食用重瓣红玫瑰花中矿物质含量的测定分析显示(表 1),其含量变化规律不尽相同,其中 K、Na 的含量在 5 月份最高,K 含量分别高出 4、6、7、8 月份样品 17.0%、58.8%、47.9%、39.9%,Na 含量分别高出 4、6、7、8 月份样品 45.5%、100%、100%、28%;而 Ca、Zn 含量则是在 6 月份最高,6 月份样品 Ca 含量分别高于 4、5、7、8 月份样品 15.8%、23.4%、21.6%、20.7%,Zn 含量分别高于 4、5、7、8 月份样品 16.7%、25.6%、11.4%、53.1%;4 月份样品 Fe

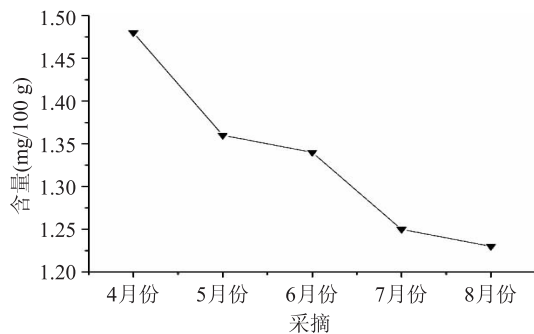


图3 采摘季对重瓣红玫瑰花中蛋白质含量的影响

Fig.3 The effect of harvest period on content of protein of *Rose rugosa* cv. 'Plena'

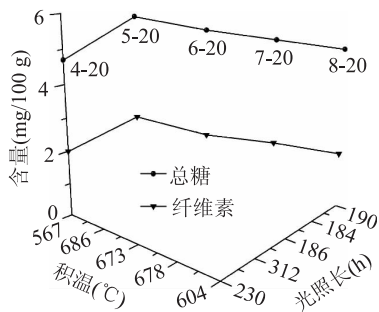


图4 光照、积温对重瓣红玫瑰花中总糖和粗纤维含量的影响

Fig.4 The effect of illumination and accumulated temperature on content of sugar and crude fibre of *Rose rugosa* cv. 'Plena'

含量要高于其它几个月份含量的1~3倍;对于矿物质元素来说,主要受到土壤、降水和施肥的影响,除此之外还与不同花期的需求量有关系,K、Na、Ca、Zn的含量都是在盛花期达到最大值,且Ca、Zn受到降水量的影响,6月份已经进入本地的雨季,降水量较5月份较高。不同采摘时期食用重瓣红玫瑰花样品Ca平均含量达14.62 mg/100 g,约是苹果(7.2 mg/100 g)、梨(7.8 mg/100 g)^[35]的2倍。不同采摘时期食用重瓣红玫瑰花样品K含量最高为235.0 mg/100 g,平均值182.24 mg/100 g,大约是苹果K含量(112.1 mg/100 g)、梨K含量(117.6 mg/100 g)^[35]的1.5倍。总的来说,玫瑰花中矿物质元素含量丰富,对人体的健康有益。以往的研究表明,玫瑰花中Ca、Fe的含量较高,山东传统玫瑰花Fe含量为8.99 mg/100 g^[36],中药玫瑰花Fe的含量为6.71 mg/100 g, Ca的含量为309.6 mg/100 g^[26],但是本次的研究表明,云南食用重瓣红玫瑰花中K的浓度要远远高于其它矿物质元素,这可能与种植地土壤构成有关,有待进一步分析。

3 结论

云南安宁种植的食用重瓣红玫瑰花中各种理化成分随采摘时期改变,除了与花期有关外,还受到光照和积温的影响,其中积温对花色苷和黄酮代谢及积累的影响较光照强,光照与积温对糖的代谢积累影响较粗纤维显著;盛花期5月份样品的总糖、粗纤维、维生素C、及花色苷及总黄酮含量最高,分别为5.9、2.51 g/100 g、12.0、420、470 mg/100 g,分别高出

最低含量样品25.5%、8.7%、231%、110%、67.8%。

表1 不同采摘时期食用重瓣红玫瑰花中矿物质元素含量

Table 1 The content of mineral elements of

Yunnan *Rose rugosa* cv. 'Plena' in different picking period

采摘月份	含量(mg/100 g)				
	K	Na	Ca	Fe	Zn
4	201.3 ^B	4.4 ^C	14.6 ^B	2.00 ^A	0.42 ^C
5	235.0 ^A	6.4 ^A	13.7 ^E	0.99 ^B	0.39 ^D
6	148.0 ^E	3.2 ^D	16.9 ^A	0.73 ^D	0.49 ^A
7	158.9 ^D	3.2 ^D	13.9 ^D	0.91 ^C	0.44 ^B
8	168.0 ^C	5.0 ^B	14.0 ^C	0.55 ^E	0.32 ^E

注:采用Duncan's新复极差法(SSR)进行检验,相同字母表示在5%水平差异不显著。 $RSD \leq 3\%$ ($n=3$)。

微量元素中含量变化较为显著地是K和Na,盛花期5月份样品含量最大,分别为235.0、6.4 mg/100 g,高出最低含量样品58.8%、100%;Ca和Zn的含量在盛花期6月份达到最大值,分别为16.9、0.49 mg/100 g,高出最低含量样品23.4%、53.1%;Fe的含量在始花期4月份维持较高水平,为2 mg/100 g,高于最低含量样品322%;K的含量远远高于其它微量元素的含量。

云南食用重瓣红玫瑰花中大部分营养成分含量均在盛花期5月份达到最大值,此时玫瑰花营养价值较高。

参考文献

- [1] 杨新征,杨德,张跃华.玫瑰的价值及开发前景[J].新疆农业科学,2004,41(2):110-112.
- [2] 徐金玉,杜鹃,张晓敏,等.GC/MS分析新疆玫瑰精油化学成分[J].应用化工,2006,35(3):228-229.
- [3] 马希汉,王永红,胡亚云,等.精油玫瑰研究[J].西北林学院学报,2004,19(4):138-141.
- [4] 汪禄祥,黎其万,陈锦玉,等.不同品种食用玫瑰的主要营养成分测定[J].广东农业科学,2006,(12):44-45.
- [5] 洪旻祺.玫瑰花营养成分分析及花青素稳定性研究[J].中国食物与营养,2011,17(10):74-77.
- [6] 汪禄祥,董宝生,张云倩.云南食用玫瑰的微量元素研究[J].广东微量元素科学,2006,13(9):42-44.
- [7] 冯立国,生利霞,赵兰勇,等.玫瑰花发育过程中芳香成分及含量的变化[J].中国农业科学,2008,41(12):4341-4351.
- [8] 刘红燕.不同产地玫瑰花总黄酮含量的比较研究[J].中医药导报,2010,16(5):101-102.
- [9] 邵大伟,冯立国,刘从利,等.不同玫瑰品种鲜花蕾抗氧化能力及抗氧化物质含量的研究[J].山东林业科技,2007(3):28-29.
- [10] 周达,罗成,鲁晓翔.玫瑰花总黄酮微波辅助提取及其抗氧化研究[J].食品工业科技,2010,31(4):269-272.
- [11] 杜鹃,吴津蓉,石秀花.玫瑰色素的化学成分研究[J].食品研究与开发,2012,33(4):137-139,143.
- [12] 李玉贻,赵艳.玫瑰花的营养价值与保健功能[J].中国食物与营养,2008(4):54-55.
- [13] 胡亚云,尉芹,马希汉.新型玫瑰酱加工工艺研究[J].食

品工业科技, 2005(1):111-112.

[14] 徐怀德, 刘邻渭, 李元瑞, 等. 几种干花成分分析及玫瑰饮料加工技术研究[J]. 西北农林科技大学学报, 2003, 31(3): 91-98.

[15] G. Riccardi et al. Dietary fiber intreatment of diabetes: myth or reality[J]. Digestive and liver Disease. 2002, 34(2): 140-144.

[16] 郑子新, 滕俊英, 薛长勇, 等. 自制新型膳食纤维对血糖、血脂的调节作用[J]. 山东医药, 2004, 44(19): 16-17.

[17] 邢树文, 焦德志. 膳食纤维与肠道细菌对人体的影响[J]. 高师理科学刊, 2003, 23(2): 60-62, 77.

[18] 汪禄祥, 黎其万, 刘家富. 2006. 云南食用玫瑰的矿质元素和氨基酸分析[J]. 氨基酸和生物资源, 2006, 28(3): 17-19.

[19] NY/T 1295-2007. 荞麦及其制品中总黄酮含量的测定[S]. 北京: 中国农业出版社.

[20] 唐琳, 李子江, 赵磊, 等. 两种 pH 法测定玫瑰花花色苷含量的比较[J]. 食品科学, 2009, 30(18): 310-313.

[21] GB/T 5009.86-2003. 蔬菜、水果及其制品中总抗坏血酸的测定[S]. 北京: 中国标准出版社.

[22] GB/T 5009.3-2010. 食品中水分的测定[S]. 北京: 中国标准出版社, 2010.

[23] GB/T 5009.8-2008. 食品中蔗糖的测定[S]. 北京: 中国标准出版社, 2008.

[24] GB/T 5009.5-2010. 食品中蛋白质的测定[S]. 北京: 中国标准出版社, 2010.

[25] GB/T 5009.10-2003. 植物类食品中粗纤维的测定[S]. 北京: 中国标准出版社, 2003.

[26] 李淑芳, 桑小军. 原子吸收光谱法测定中药玫瑰花中的微量元素[J]. 包头医学院学报, 2012, 28(6): 10-11.

[27] 孟祥春, 张玉进, 王小菁. 非洲菊花序的离体培养及其舌状花花色素苷积累的调控[J]. 华南农业大学学报, 2005, 26

(3): 56-59.

[28] 孟祥春, 彭建宗, 王小菁. 光和糖对非洲菊花色素苷积累及 CHS、DFR 基因表达的影响[J]. 园艺学报, 2007, 34(1): 227-230.

[29] Solfanelli C, Poggi A, Loreti E, et al. Sucrose - specific induction of the anthocyanin biosynthetic pathway in Arabidopsis[J]. Plant Physiology, 2006, 140(2): 637-646.

[30] Takeuchi A, Matsumoto S, Hayatsu M. Effects of shading treatment on the expression of the genes for chalcone synthase and phenylalanine ammonia-lyase in tea plant (Camellia sinensis) [J]. Bulletin of the National Research Institute of Vegetable, Ornamental Plants and Tea, 1995, B(8): 1-9.

[31] Takeuchi A, Matsumoto S, Hayatsu M. Effects of shading treatment on the expression of the genes for chalcone synthase and phenylalanine ammonia-lyase in tea plant (Camellia sinensis) [J]. Bulletin of the National Research Institute of Vegetable, Ornamental Plants and Tea, 1995, B(8): 1-9.

[32] Smirnoff N. Ascorbate biosynthesis and function in photoprotection[J]. Philosophical transactions of the Royal Society of London. Series B, Biological sciences, 2000, 355 (1402): 1455-1464.

[33] 郭俊荣, 杨培华. 银杏光合与蒸腾特性的研究[J]. 西北植物学报, 1997, 17(4): 505-510.

[34] 王为民, 王晨, 李春俭. 大气二氧化碳浓度升高对植物生长的影响[J]. 西北植物学报, 2000, 20(4): 676-683

[35] 王春兰, 李文最, 肖明发, 等. 福州市售蔬菜和水果中 13 种共矿物质含量的测定与分析[J]. 广东微量元素科学, 2012, 19(7): 40-45.

[36] 鲁红, 李明, 郑淑芬, 等. 玫瑰花药材中氨基酸及微量元素含量分析[J]. 中国当代医药, 2009, 16: (16): 133-134.

(上接第 364 页)

polysaccharide [J]. International Journal of Biological Macromolecules 2013, 58(0): 320-328.

[9] 铁梅, 惠秀娟, 张剑慧, 等. 有机硒多糖对铬致小鼠细胞 DNA 损伤与氧化损伤的保护作用[J]. 环境科学学报 2010, 30(1): 192-197.

[10] Guo Y, Pan D, Li H, et al. Antioxidant and immunomodulatory activity of selenium exopolysaccharide produced by Lactococcus lactis subsp. lactis [J]. Food Chemistry 2013, 138(1): 84-89.

[11] 王红连, 张东升, 张凌裳, 等. 硒化灵芝多糖制备及免疫学相关研究[J]. 食品科学 2009, 29(17): 316-318.

[12] Liu Y, Sun J, Rao S, et al. Antidiabetic activity of mycelia selenium-polysaccharide from Catathelasma ventricosum in STZ-induced diabetic mice [J]. Food and Chemical Toxicology 2013, 62: 285-291.

[13] Jin M, Lu Z, Huang M, et al. Effects of Se-enriched

polysaccharides produced by Enterohacter cloacae Z0206 on alloxan-induced diabetic mice [J]. International Journal of Biological Macromolecules 2012, 50(2): 348-352.

[14] Ren Y, Wang Q, Shi L, et al. Effects of maternal and dietaryelenium (Se-enriched yeast) on the expression of p34cdc2 and CyclinB1 of germ cells of their offspring in goats [J]. Animal Reproduction Science 2011, 123(3-4): 187-191.

[15] 葛明明, 胡北, 孙丽娜等. 硒化蒲公英硒多糖的制备工艺及硒含量测定[J]. 食品工业科技, 2014, 35(18): 274-280.

[16] Yang Teng, Changhai Sun, Guangzhi Li, et al. Protective effects of Lonicerajaponica extract on acute liver injury by dimethylnitrosamine-induced in rats [J]. Nature medicine. 2010, 64: 288-294.

[17] Lei C, Niu X, Wei J, et al. Interaction of glutathione peroxidase-1 and selenium in endemic dilated cardiomyopathy [J]. Clinica Chimica Acta 2009, 399(1-2): 102-108.