

# ‘红羽 1 号’油茶新品种营养成分动态及相关关系分析

蔡 娅,陈国臣,江泽鹏,郝丙青,夏莹莹\*

(广西壮族自治区林业科学研究院 广西特色经济林培育与利用重点实验室,广西 南宁 530022)

**摘 要:**为了解‘红羽 1 号’油茶新品种的营养成分动态及其相关关系,以‘红羽 1 号’油茶果实近熟期的叶片与果皮、种壳、种仁为材料,测定其还原糖含量、黄酮含量、总酚含量及果皮与叶片中原花青素含量。结果表明,‘红羽 1 号’油茶中各部位还原糖含量、黄酮含量、总酚含量、原花青素含量具有极显著性差异;在果实近熟期,果实相对成熟,叶片与果皮、种壳、种仁各营养成分动态变化规律明显,但变化幅度不大。叶片原花青素含量与总酚含量间存在显著的线性关系,叶片原花青素含量与黄酮含量和果皮原花青素与总酚含量之间存在显著曲线关系,种壳中总酚含量与黄酮含量极显著正相关。

**关键词:**‘红羽 1 号’;营养成分;果皮;原花青素;油茶

**中图分类号:**S794.02      **文献标志码:**A      **文章编号:**1001-7461(2020)06-0142-05

## Dynamic and Correlation Analysis of the Nutritional Components of A New *Camellia* Cultivar ‘Hongyu No. 1’

CAI Ya, CHEN Guo-chen, JIANG Ze-peng, HAO Bing-qing, XIA Ying-ying\*

(Guangxi Forestry Research Institute, Key Laboratory of Special Non-wood Forest Cultivation in Guangxi, Nanning 530022, Guangxi, China)

**Abstract:** In order to understand the nutrient dynamics and relationship of a new *Camellia chekiangoleosa* cultivar ‘Hongyu No. 1’, we used the leaves and peels, seed shells, and kernels as materials to measure the contents of reducing sugars, flavonoids, total phenols, and procyanidines. Extremely significant differences were found in the four nutritional components among different organs. In the near ripening period, the dynamic changes of the nutritional components in the organs mentioned above presented highly regular trend, however, the amplitudes of the changes were not significant. There was a significant linear relationship between leaf procyanidines and total phenols. There existed significant relationship between procyanidines and flavonoids in the leaves, and between proanthocyanidins and total phenols in fruit peels. The total phenols in the seed shells were significantly and positively correlated to the flavonoids.

**Key words:** ‘Hongyu No. 1’; nutritional component; peel; procyanidine; *Camellia chekiangoleosa*

油茶(*Camellia. spp*)是山茶科山茶属植物中油脂含量较高具有一定栽培面积的树种的总称,具有很高的经济效益和生态效益<sup>[1-2]</sup>。广宁红花油茶(*Camellia semiserrata*)是我国主要的主栽油茶品种之一,‘红羽 1 号’是 2015 年 12 月国家林业局植

物新品种保护办公室授权的广宁红花大果油茶新品种,具有皮薄、产量高、生长快、品质优等特点<sup>[3]</sup>,市场前景广阔。

油茶总酚、黄酮、还原糖和原花青素对油茶具有重要的作用,总酚能大大改善茶油品质,增加茶油储

收稿日期:2019-12-30 修回日期:2020-05-13

基金项目:广西自然科学基金项目(2018GXNSFAA138011);广西科技基地和人才专项(桂科 AD16380053);基本科研业务费项目(林科 201804);植物新品种保护与应用项目(gl2017kt22)。

作者简介:蔡 娅,助理工程师。研究方向:油茶育种、栽培及植物生理生态学。E-mail:1187249315@qq.com

\*通信作者:夏莹莹,高级工程师。研究方向:油茶育种、栽培及植物生理生态学。E-mail:1164869353@qq.com

藏稳定性;黄酮具有抗菌、抗病毒等功能,高含量黄酮能提高油茶抗病性;还原糖与花青素密切相关,原花青素是天然抗氧化剂,在医药、保健品、食品、化妆品等领域应用前景广阔<sup>[4-6]</sup>。广宁红花油茶与其他油茶品种一样富含维生素、多糖、酚类、茶皂素等多种功能性成分,具有巨大开发利用价值<sup>[7]</sup>。‘红羽 1 号’是从广宁红花油茶实生群体中选育出来,研究果实近熟期营养物质的变化有利于指导果实采收,对了解‘红羽 1 号’油茶品质特点具有重要意义。‘红羽 1 号’自被认定为油茶新品种后,仅在嫁接亲和性方面有相应报道<sup>[8]</sup>。本研究于不同时期采集‘红羽 1 号’叶片及果实进行叶片、果皮、果壳、种仁的还原糖、黄酮、总酚及原花青素测定,旨在分析果实成熟过程中各成分的变化及不同部位间的成分差异,从而为‘红羽 1 号’油茶开发利用和生产提供参考依据。

1 材料与方法

1.1 试验地概况

试验地位于广西藤县境内的‘红羽 1 号’、‘红羽 2 号’油茶新品种种植基地(22°55′51″N,108°20′03″E),地处亚热带,北回归线南侧,属湿润的亚热带季风气候,年均气温 21℃,日照 1721.9 h,无霜期 332 d,年降水量 1 000~2 000 mm,平均 1 472 mm。红壤和黄红壤,土壤 pH 4.5~6,属偏酸性土壤。

1.2 试验方法

本研究的供试品种为‘红羽 1 号’油茶新品种。试验于果实采收前 1 个月(2018 年 10 月)进行,连续采样 4 次,每次采样时间间隔为 7 d,采样时间分别为 2018 年 10 月 17 日、2018 年 10 月 23 日、2018 年 10 月 30 日、2018 年 11 月 7 日。每次在连续固定的 10 株树不同方向采样,每株分别采 3 个果实,

同时将结果枝上的叶片一起采集,每次采样时间均为 9:00—11:00,带回实验室后将果皮、叶片、种壳、种仁充分混合,再随机选择各部位进行总酚、黄酮、还原糖和原花青素测定。

1.3 测定方法<sup>[9-12]</sup>

总酚采用福林酚比色法测定,黄酮采用有机溶剂法进行提取,还原糖参照的方法采用 3,5- 二硝基水杨酸(DNS)比色法进行测定,原花青素采用香草醛-盐酸法进行测定。

1.4 数据分析

数据统计采用 Excel 完成,数据统计分析采用 IBM SPSS22.0 完成。

2 结果与分析

2.1 各部位间不同营养成分含量变化及差异分析

同一时期 4 个部位的总酚含量具有极显著性差异,每个时期总酚含量均表现为果皮>叶片>种壳>种仁。从 10 月 17 日第 1 次采样开始,随着果实的成熟,叶片、果皮、种仁中黄酮含量均呈先下降后上升的趋势,种壳中含量一直表现为下降。其中 10 月 30 日叶片和果皮黄酮含量达到最低水平,分别为 27.83、34.50 mg/g;10 月 23 日种仁达到最低水平,为 2.82 mg/g,11 月 7 日种壳仍然表现为下降。10 月 30 日叶片与果皮之间黄酮含量差异不显著,其他时期叶片、果皮、种壳和种仁之间黄酮含量均达到了极显著水平。在果实成熟过程中叶片、果皮、种仁的还原糖含量均呈现先增后减的趋势;各部分含量差异很大,各个时期均以果皮中还原糖含量最高,种仁中最少,并且在各个时期果皮与叶片、种壳间还原糖含量都达到了差异极显著水平(表 1)。

表 1 ‘红羽 1 号’各部位营养成分含量变化及差异

Table 1 Changes and differences of nutritional components in different organs of “Hongyu No. 1”						(mg·g <sup>-1</sup> )
营养成分	测定部位	10 月 17 日	10 月 23 日	10 月 30 日	11 月 07 日	平均
总酚	叶片	26.30±0.76Bb	24.92±1.53Bb	25.51±1.49Bb	22.22±1.22Bb	24.74
	果皮	54.32±1.25Aa	65.96±5.41Aa	63.51±0.19Aa	70.62±0.86Aa	63.60
	种壳	13.16±0.94Cc	13.83±0.51Cc	12.58±0.69Cc	10.23±0.60Cc	12.45
	种仁	9.04±0.38Dd	7.50±0.49Cc	9.11±0.39Dd	9.24±0.66Cc	8.72
黄酮	叶片	33.16±1.28Cc	32.74±2.47Cc	27.83±0.27Bb	48.29±3.14Bb	35.50
	果皮	67.74±0.58Bb	56.92±4.97Bb	34.50±3.67Bb	79.84±1.44Aa	59.75
	种壳	90.05±6.73Aa	85.34±1.31Aa	44.46±4.04Aa	35.47±2.75Cc	63.83
	种仁	13.57±0.62Dd	2.82±0.22Dd	5.73±1.05Cc	14.38±0.72Dd	9.13
还原糖	叶片	2.43±0.04Bb	3.11±0.01Bb	2.52±0.03Bb	2.57±0.05Bb	2.66
	果皮	5.97±0.54Aa	8.63±0.22Aa	6.79±0.76Aa	6.60±0.03Aa	7.00
	种壳	2.26±0.03Bb	2.10±0.20Cc	1.99±0.09Bb	2.31±0.14Bb	2.17
	种仁	0.61±0.14Cc	1.78±0.30Cc	1.65±0.02Bb	1.52±0.15Cc	1.39

注:同列中不同小写字母表示差异显著(P<0.05),大写字母表示差异极显著(P<0.01)。

2.2 叶片与果皮原花青素含量差异分析

‘红羽1号’叶片和果皮中原花青素含量变化及差异如图1和表2。从图1可以看出,‘红羽1号’叶片中原花青素总体表现为下降,下降幅度在0.16~0.31 mg/g,这可能与叶片的成熟度或外界环境因子变化有关;果皮中原花青素含量变化范围在1.98~2.18 mg/g,整个试验期相对稳定,说明果实进入缓慢生长期,果实外部发育基本停止。由方差分析表(表2)可知,各个时期果皮与叶片中原花青素含量都达到了极显著水平,而果皮中原花青素含量始终大于叶片。

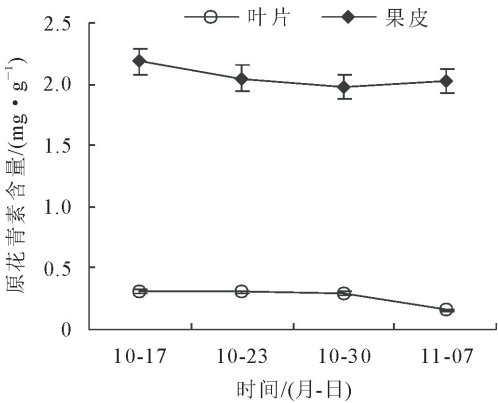


图1 ‘红羽1号’叶片与果实中原花青素含量差异

表2 叶片与果皮原花青素方差分析

Table 2 Variance analysis of proanthocyanidins in the leaves and peels of ‘Hongyu No. 1’				
采样时间	变异来源	df	均方	F
10月17日	组内	1	5.291	265.492**
	组间	4	0.020	
10月23日	组内	1	4.581	43.853**
	组间	4	0.104	
10月30日	组内	1	4.280	53.412**
	组间	4	0.080	
11月07日	组内	1	5.194	116.666**
	组间	4	0.045	

注: \*\*表示差异极显著。下同。

2.3 各部位和各采样时期不同营养成分含量分析

以上对同一时间各部位营养物质进行了分析,明确了各部间营养成分的差异,采用交互方差分析方法分析采样时间与采样部位对‘红羽1号’总酚含量、黄酮含量、还原糖含量和原花青素含量的影响,结果见表3。从表3可以看出,采样部位与采样时间及其交互作用对‘红羽1号’总酚含量有极显著影响,各个时期各部位的总酚含量变化幅度很小;采样时间与采样部位及其交互作用对‘红羽1号’黄酮和还原糖有极显著的影响,叶片和果皮2个部位之间

原花青素含量差异很大。

表3 采样时间与采样部位对‘红羽1号’各营养成分影响的方差分析

Table 3 Variance analysis of the effects of sampling time and organs on nutrient components of ‘Hongyu No. 1’				
来源	总酚	黄酮	还原糖	原花青素
时间	1.99	46.854**	11.439**	1.09
部位	980.207**	311.452**	360.27**	367.685**
时间*部位	6.241**	35.583**	4.225**	0.04

2.4 叶片和果皮原花青素含量与其他营养指标的关系

对各个时期原花青素和对应的总酚、黄酮和还原糖含量做回归分析,结果见表4。从表4可以看出,叶片和果皮中原花青素含量与其他营养物质均有一定的相关性,其中叶片花青素含量与叶片总酚含量的决定系数为0.905,回归方差分析结果 $P<0.05$ ,说明叶片原花青素含量与总酚含量间存在显著的线性关系,且原花青素含量的变异中,有90.5%是叶片总酚含量的不同造成的。叶片原花青素含量与黄酮含量的决定系数和果皮原花青素与总酚含量分别为0.862、0.641,说明叶片原花青素含量与黄酮含量及果皮原花青素与总酚含量之间有一定的相关关系,但不是线性相关。

分别对叶片原花青素含量与黄酮含量和果皮原花青素与还原糖含量之间进行曲线回归分析,结果见图2和图3。叶片原花青素含量与黄酮含量及果皮原花青素与总酚含量呈显著二次函数( $y=ax^2+bx+c$ )曲线相关,其回归方程和相关系数分别为: $y_1=-0.0006x_1^2+0.0392x_1-0.3397, R^2=0.9996*$ ;  $y_2=0.1068x_2^2-1.6124x_2+8.0064, R^2=0.9976*$ ,方程P值均 $<0.05$ ,所以此回归方程有意义,可根据原花青素含量估计黄酮或还原糖含量。

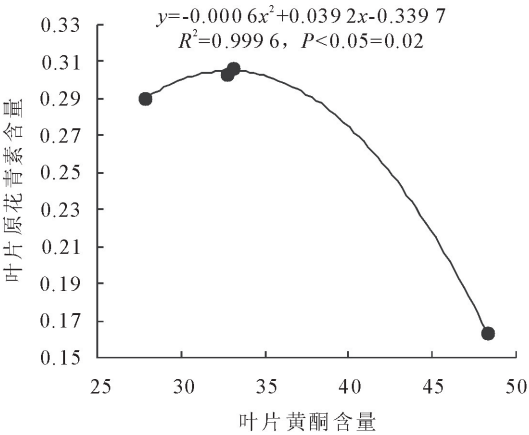


图2 叶片原花青素含量和还原糖含量的关系

Fig. 2 The relationship between proanthocyanidins and reducing sugars in leaves

2.5 种壳和种仁各营养间相关性分析

种子是油茶重要的经济价值体现,种壳和种仁是种子的重要组成部分,对‘红羽 1 号’种壳和种仁之间各营养成分进行了相关性分析,结果如表 5 所示。从表 5 可以看出,种壳中总酚含量与种壳黄酮

含量极显著正相关,与种仁总酚显著负相关,这从一定方面说明了种仁的总酚会向种壳转移,种壳总酚含量越多,种仁的就越少。种壳黄酮含量与种壳和种仁其他营养成分均呈负相关关系,种仁还原糖含量与种壳和种仁其他营养成分亦呈负相关关系。

表 4 原花青素与其他营养物质一元回归分析

Table 4 Univariate regression analysis of proanthocyanidins and other nutrients

测定部位	项目	一元线性回归方程	$R^2$	$F$ 值
叶片	原花青素与总酚含量	$y=0.037x-0.649$	0.905	19.056 *
	原花青素与黄酮含量	$y=-0.007\ 2x+0.521\ 5$	0.862	12.444
	原花青素与还原糖含量	$y=0.045\ 2x+0.145\ 5$	0.041	0.086
果皮	原花青素与总酚含量	$y=-0.010\ 1x+2.703\ 7$	0.614	3.182
	原花青素与黄酮含量	$y=0.002\ 1x+1.933\ 4$	0.208	0.526
	原花青素与还原糖含量	$y=-0.028\ 5x+2.258\ 6$	0.135	0.311

注: \* 表示该性状在 0.05 水平上差异显著。下同。

表 5 ‘红羽 1 号’种壳和种仁各营养成分相关性分析

Table 5 Relevance analysis of nutritional components in the shell and kernels of ‘Hongyu No. 1’

相关营养成分	种壳总酚	种壳黄酮	种壳还原糖	种仁总酚	种仁黄酮	种仁还原糖
种壳总酚	1					
种壳黄酮	0.757 * *	1				
种壳还原糖	-0.502	-0.069	1			
种仁总酚	-0.613 *	-0.505	0.379	1		
种仁黄酮	-0.525	-0.199	0.481	0.504	1	
种仁还原糖	-0.158	-0.413	-0.015	-0.069	-0.555	1

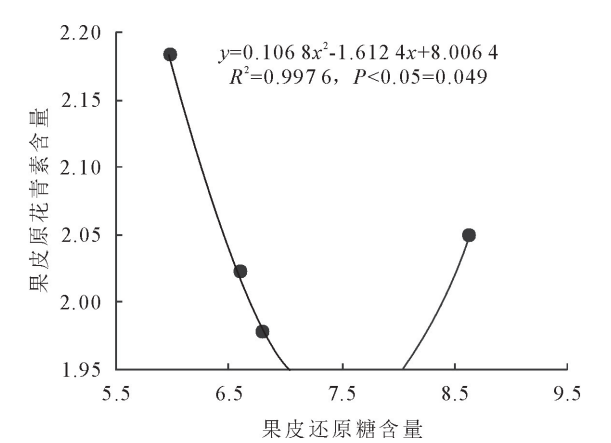


图 3 果皮原花青素含量和还原糖含量的关系

Fig. 3 The relationship between proanthocyanidins content and reducing sugars in fruit peels

3 结论与讨论

‘红羽 1 号’油茶在果实成熟前 1 个月内,果皮与叶片中总酚含量在整个试验期都相对较高,其他各部分营养成分含量变化范围也很小,已基本稳定,其可能原因是在果实成熟前 1 个月内,果实生长已趋于缓慢,果实内的营养物质已经相对稳定,各部位营养状况不会再受到太大影响,这与枣、柿果、猕猴桃上酚类物质在植物种间及种类上具有巨大的差异,且在果实成熟前含量变化小的研究结果相

似<sup>[13-15]</sup>。各个时期果皮与叶片中原花青素含量都达到了极显著水平,而果皮中原花青素含量始终大于叶片,说明果皮和叶片营养价值也存在极大差异性,果皮的开发价值大于叶片。花青素是良好的抗氧化剂,杨道光的研究表明,花青素含量越高,油茶抗炭疽病性效果越好<sup>[16]</sup>,因此研究原花青素含量变化及分布具有重要意义。

本研究中果皮还原糖含量极显著高于叶片还原糖含量,对应的原花青素含量亦高于叶片,叶片原花青素含量与还原糖之间线性关系不显著,但与总酚含量间存在显著的线性关系,这与赵宗方等<sup>[16]</sup>对红富士苹果的研究结果花青素含量呈极显著线性相关关系和杨道光等<sup>[17]</sup>对油茶果皮研究结果花青素的含量与还原糖含量呈显著线性正相关存在一定差异,这可能与研究时期和品种不同有关。叶片原花青素含量与黄酮含量和果皮原花青素与还原糖含量之间都存在显著曲线关系,试材红羽 1 号”已经进入结果期,且试验期果实生长已经转入缓慢期,因此对各营养成分之间进行曲线分析是可行的,但试验样本含量相对较少,因此此曲线模型仅适用于‘红羽 1 号’10 月 17 日至 11 月 7 日果熟前。

黄酮含量受物候的影响较大,油茶在成熟过程



中各营养成分的累积是有一定规律的<sup>[18-19]</sup>, 本研  
究结果显示, ‘红羽 1 号’果实成熟前种壳黄酮含量下  
降, 叶片、果皮、种仁黄酮含量在 11 月 7 日表现为上  
升, 波动较大, 在各个时期果皮中还原糖含量和总酚  
含量都是最高, 种壳和果皮中黄酮含量较叶片和种  
仁含量高。‘红羽 1 号’油茶各部分间还原糖、黄酮、  
总酚含量及叶片与果皮间原花青素含量差异很大,  
且在各个时期都达到了极显著性差异。种壳黄酮含  
量与种壳和种仁其他营养成分均呈负相关关系, 种  
仁还原糖含量与种壳和种仁其他营养成分亦呈负相  
关关系, 这也在一定程度上说明了种壳和种仁之间  
各营养成分是相互转换制约的, 种壳中总酚含量与  
种壳黄酮含量极显著正相关, 与种仁总酚显著负  
相关。

参考文献:

[1] 陈永忠. 油茶优良种质资源[M]. 北京: 中国林业出版社, 2008.

[2] 何方, 何柏. 油茶栽培分布与立地分类的研究[J]. 林业科学, 2002, 38(5): 64-72.  
HE F, HE B. Cultural distribution and site classification for *Camellia oleifera*[J]. Scientia Silvae Sinicae, 2002, 38(5): 64-72. (in Chinese)

[3] 陈国臣, 张乃燕, 王东雪, 等. 油茶新品种‘红羽 1 号’[J]. 广西林业科学, 2016, 45(2): 232-232.

[4] 沈冰, 吴雪辉, 李媛媛, 等. 三种红花茶油品质的研究[J]. 食品工业科技, 2016, 37(3): 97-100.

[5] 李辛雷, 李纪元, 范正琪, 等. 4 种山茶花营养成分及有害元素含量分析[J]. 林业科学研究, 2010, 23(2): 298-301.  
LI X L, LI J Y, FAN Z Q, *et al.* Analysis of nutritional components and poisonous elements in flowers of four *Camellia* species[J]. Forest Research 2010, 23(2): 298-301. (in Chinese)

[6] 杨柳, 吴雪辉, 沈冰, 等. 三种红花油茶花营养成分分析及氨基酸评价[J]. 食品工业科技, 2015, 36(23): 358-362.

[7] 包莉圆. 广宁红花油茶饼黄酮类化合物的分离及结构鉴定[D]. 长沙: 中南林业科技大学, 2017.

[8] 夏莹莹, 梁斌, 陈林强, 等. ‘红羽 1 号’和‘红羽 2 号’油茶新品种(种间)嫁接亲和性[J]. 广西林业科学, 2018, 47(4): 447-450.

[9] 韩晓婷, 徐久婷, 魏凌云, 等. 干制方法对枇杷叶总酚、黄酮等成分及抗氧化活性的影响[J]. 西北林学院学报, 2020, 35(1): 130-134, 170.  
HAN X L, XU J T, WEI L Y, *et al.* Effect of drying methods on the contents of active components and antioxidant activity of loquat leaves[J]. Journal of Northwest Forestry University, 2020, 35(1): 130-134, 170. (in Chinese)

[10] 覃佐东, 全沁果, 敖艳, 等. 油茶不同部位黄酮的提取及活性研究进展[J]. 科技通报, 2016, 32(7): 67-71.

QIN Z D, QUAN Q G, AO Y, *et al.* The development of flavonoids from different parts in *Camellia oleifera* [J]. Bulletin of Science and Technology, 2016, 32(7): 67-71. (in Chinese)

[11] 杨宁, 王伟明, 姚琳, 等. 3, 5-二硝基水杨酸法测定发酵型果露酒中总糖含量[J]. 中国酿造, 2018, 37(1): 181-184.  
YANG N, WANG W M, YAO L, *et al.* Determination of total sugar content in fermented fruit wine by 3, 5-dinitrosalicylic acid method[J]. China Brewing, 2018, 37(1): 181-184. (in Chinese)

[12] 段雅丽, 张洲, 贺江, 等. 油茶壳原花青素提取工艺优化[J]. 粮食科技与经济, 2018, 43(7): 80-83.

[13] 黄春辉, 廖光联, 谢敏, 等. 不同猕猴桃品种果实发育过程中总酚和类黄酮含量及抗氧化活性的动态变化[J]. 果树学报, 2019, 36(2): 48-58.  
HUANG C H, LIAO G L, XIE M, *et al.* Dynamic changes in total phenols, flavonoids and antioxidant capacity during fruit development of different kiwifruit cultivars [J]. Journal of Fruit Science, 2019, 36(2): 48-58. (in Chinese)

[14] 刘杰超, 张春岭, 陈大磊, 等. 不同品种枣果实发育过程中多酚类物质、VC 含量的变化及其抗氧化活性[J]. 食品科学, 2015, 36(17): 94-98.

[15] 何超银, 梁琴, 吴鸿廷, 等. 近成熟期及采后晾晒的油茶种仁淀粉与油脂含量研究[J]. 经济林研究, 2019(3): 168-172.  
HE C Y, LIANG Q, WU H T, *et al.* Study on starch and oil contents in kernels at near mature stage and air-dried kernels after harvested in *Camellia oleifera* [J]. Non-wood Forest Research, 2019(3): 168-172. (in Chinese)

[16] 赵宗方, 谢嘉宝, 吴桂法, 等. 富士苹果果皮花青素发育的相关因素分析[J]. 果树科学, 1992(3): 134-137.  
ZHAO Z F, XIE J B, WU G F, *et al.* Correlation analysis on development of anthocyanidin in pericarp of fuji apple [J]. Journal of Fruit Science, 1992(3): 134-137. (in Chinese)

[17] 杨光道, 段琳, 束庆龙, 等. 油茶果皮花青素、糖含量和 PAL 活性与炭疽病的关系[J]. 林业科学, 2007, 43(6): 100-104.  
YANG G D, DUAN L, SHU Q L, *et al.* Relationship of anthocyanidin content, sugar content, PAL activity and colletotrichum gloeosporioides in peel of oil tea tree [J]. Scientia Silvae Sinicae, 2007, 43(6): 100-104. (in Chinese)

[18] 班新伟, 康如如, 魏凌云, 等. 枇杷花功能成分及抗氧化活性随生长时间的变化[J]. 西北林学院学报, 2018, 33(4): 139-144.  
BAN X W, KANG R R, WEI L Y, *et al.* Dynamic changes of the main active ingredients and antioxidant activities of loquat flowers [J]. Journal of Northwest Forestry University, 2018, 33(4): 139-144. (in Chinese)

[19] 马力, 陈永忠, 钟海雁, 等. 油茶籽在成熟过程中化学成分积累动态[J]. 中南林业科技大学学报, 2019, 39(3): 47-50.  
MA L, CHEN Y Z, ZHONG H Y, *et al.* Accumulation dynamics of chemical constituents in *Camellia oleifera* seeds during maturation [J]. Journal of Central South University of Forestry & Technology, 2019, 39(3): 47-50. (in Chinese)