

杏果实成熟期糖酸和色素物质含量的分析

张圣仓¹, 杨途熙², 魏安智², 王朝凤², 冯世静¹

(1. 西北农林科技大学 生命科学学院, 陕西 杨凌 712100; 2. 西北农林科技大学 林学院, 陕西 杨凌 712100)

摘要:以2个仁用杏和8个鲜食杏品种为试验材料,测定了果实成熟期果肉可溶性总糖、还原糖和可滴定酸,果肉和果皮花色苷、叶绿素、类胡萝卜素和类黄酮的含量。根据鲜食杏品种果肉的色泽,将其分为白色果肉组、黄色果肉组和橙黄色果肉组,比较了不同颜色果肉组间糖酸和色素物质含量的差异,并对果肉颜色与各指标间进行了相关性分析。结果表明:仁用杏品种果肉可溶性总糖含量低于鲜食杏,而可滴定酸含量高于鲜食杏;二者间还原糖含量无显著差异。花色苷仅分布于红色杏品种的果皮组织。除花色苷外,不同杏品种间,仁用杏品种果肉和果皮色素物质含量均高于鲜食杏品种;同一杏品种中,果皮色素物质含量均高于果肉。鲜食杏不同颜色果肉组间果肉可溶性总糖、可滴定酸和类胡萝卜素含量差异显著。果肉颜色与果肉类胡萝卜素含量极显著相关($r=0.872$),与果肉叶绿素、类黄酮和糖酸含量则无显著相关性。

关键词:杏;色素;糖酸;果肉颜色;相关性

中图分类号:S 662.2 **文献标识码:**A **文章编号:**1001-0009(2012)16-0001-04

糖酸含量及其配比、果实色泽作为果实品质的重要组成部分,日益受到广大果树科研工作者及消费者的关注。果实色泽主要由叶绿素、类胡萝卜素和酚类色素(花色苷、黄酮醇和原花色素)的含量及其比例决定^[1]。类胡萝卜素和酚类色素不仅决定着果实的色泽,还具有营养保健作用。它们能清除生物体内的自由基,具有抗氧化作用;另一方面,它们又具有重要的药理学作用,对人类的肿瘤、衰老、心血管等疾病的治疗和预防有重要意义^[2-3]。

杏(*Prunus armeniaca* L.)是蔷薇科果树中一个重要树种。我国是杏的最古老的起源中心,具有悠久的栽培历史,是世界上杏种质资源最丰富的国家^[4]。杏不同发育阶段糖酸组成、可溶性固形物、维生素C、类黄酮、类胡萝卜素等果实品质的变化已有报道^[5-6],但杏不同颜色果肉组间糖酸、色素物质含量的比较还鲜有报道。该研究以不同颜色果肉的10个杏品种为试材,对不同类型、同一类型不同品种及不同颜色果肉组间糖酸、色素物质含量进行比较分析,以期生产中杏果实品质的调

控、良种的选育提供一定理论依据。

1 材料与方法

1.1 试验材料

试验材料为9a生“丰仁”、“超仁”、“银香白”、“阿克牙格勒克”、“莱西金杏”、“阿克托拥”、“库尔勒托拥”、“串枝红”、“沙金红”、“争魁”10个杏品种,其中前2个为仁用杏,其它8个为鲜食杏。根据果肉颜色,将鲜食杏分成3组:白色果肉组、黄色果肉组、橙黄色果肉组。供试杏树均栽植于西北农林科技大学渭河试验站杏园,该园位于陕西省西安市周至县富仁乡渭兴村,土壤为渭河滩地沙壤土,管理水平中等。

各杏品种果实成熟期颜色如下,“丰仁”和“超仁”:果皮橙黄色;果肉橙黄色。“银香白”:果皮底色绿白,阳面有红色斑点;果肉白绿色。“阿克牙格勒克”:果皮底色黄白,阳面有红霞;果肉白色。“莱西金杏”:果皮淡黄色,着鲜红色;果肉黄色。“阿克托拥”:果皮淡黄色;果肉黄白色。“库尔勒托拥”:果皮黄色,阳面有红色斑点;果肉黄色。“串枝红”:果皮底色橙黄,着3/4紫红色;果肉橙黄色。“沙金红”和“争魁”:果皮橙黄色,阳面有少量红色斑点;果肉橙黄色。

1.2 试验方法

采用完全随机设计,3株为1个小区,3次重复。杏果实均采摘于2011年6月,完全成熟(根据果实硬度、口感、果皮颜色进行判断)。取样时,对每个品种,在每1个小区从树冠外围中上部的东、南、西、北4个方向上,随机选取无病虫害和机械伤害、大小基本一致的杏果实12

第一作者简介:张圣仓(1985-),男,在读硕士,研究方向为林木遗传育种。E-mail:zhangshc2005@163.com.

责任作者:魏安智(1961-),男,陕西扶风人,博士,教授,博士生导师,研究方向为林木遗传育种及植物资源利用。E-mail:weianzhi@126.com.

基金项目:国家林业科技支撑计划资助项目(2006BAD18B02);陕西省重大科技专项计划资助项目(2006kz09-G6)。

收稿日期:2012-04-23

个,放入冰盒带回实验室,立即进行样品处理。选取 10 个,用削皮器迅速削下整个果实的果皮,同时在果实阴阳两面各垂直取下一块楔形果肉。果皮和果肉立即用液氮分别冷冻,−80℃保存备用。

1.3 项目测定

可溶性总糖和还原糖:提取参照 GB/T 6194-86,采用蒽酮法测定可溶性总糖,二硝基水杨酸(DNS)法测定还原糖^[7]。可滴定酸含量:参照 GB 12293-90 提取和测定。花色苷采用 1%盐酸-甲醇提取,pH 差示法测定,含量以矢车菊素-3-葡萄糖苷表示,即 $\text{cyd-3-glu mg/100g FW}$ ^[8-9]。叶绿素和类胡萝卜素采用 80%丙酮提取,比色法测定^[7]。类黄酮采用 80%乙醇提取,亚硝酸钠-硝酸铝显色法测定,含量以芦丁表示,即 rutin mg/g FW ^[9-10]。

1.4 数据分析

利用 SPSS 16.0 数据处理系统进行统计分析。

2 结果与分析

2.1 不同杏品种果肉糖酸含量

10 个杏品种果肉糖酸含量测定结果(表 1)表明,不同杏品种果肉中糖酸含量有明显差异。仁用杏品种总糖含量平均值为 3.93%(变化范围 3.92%~3.94%),鲜食杏品种总糖含量平均值 10.40%(变化范围 7.45%~12.81%);仁用杏品种还原糖含量平均值为 2.68%,鲜食杏品种还原糖含量平均值 2.90%(变化范围 1.32%~3.91%);仁用杏品种可滴定酸含量平均值为 2.48%,鲜食杏品种可滴定酸含量平均值为 1.23%(变化范围 0.47%~2.19%)。经差异显著性检验,仁用杏和鲜食杏品种间总糖和可滴定酸含量差异均达显著水平,还原糖含量虽有差异,但未达 5%显著水平。

表 1 不同杏品种果肉糖酸含量

Table 1 Contents of sugar and titratable acid in flesh of different apricot varieties

类型 Type	品种 Cultivar	总糖 Total sugar /%	还原糖 Reducing sugar/%	可滴定酸 Titratable acid/%
仁用杏 Kernel apricot	“丰仁” ‘Fengren’	3.94±0.20	2.81±0.19	2.58±0.12
	“超仁” ‘Chaoren’	3.92±0.09	2.54±0.02	2.39±0.41
白色果肉品种 White flesh varieties				
鲜食杏 Flesh apricot	“银香白” ‘Yinxiangbai’	8.18±0.29	2.11±0.08	1.80±0.03
	“阿克牙格勒克” ‘Akeyageleke’	12.39±0.50	3.36±0.04	0.90±0.03
黄色果肉品种 Yellow flesh varieties				
	“莱西金杏” ‘Laixijinxing’	12.59±0.03	3.46±0.12	0.70±0.01
	“阿克托拥” ‘Aketuoyong’	11.94±0.07	2.70±0.14	0.47±0.03
	“库尔勒托拥” ‘Kuerletuoyong’	12.81±0.41	3.91±0.10	0.50±0.02
橙黄色果肉品种 Orange-yellow flesh varieties				
	“申枝红” ‘Shenzhihong’	8.22±0.70	3.53±0.05	1.23±0.01
	“沙金红” ‘Shajinhong’	7.45±0.31	1.32±0.12	2.19±0.01
	“争魁” ‘Zhengkui’	9.65±0.21	2.86±0.09	2.07±0.02

鲜食杏不同颜色果肉组间糖酸含量的比较结果(表 2)表明,黄色果肉组总糖含量(12.45%)显著高于橙黄色

果肉组(8.44%),白色果肉组总糖含量(10.29%)与黄色和橙黄色果肉组间均无显著性差异;不同颜色果肉组间还原糖含量无显著性差异;黄色果肉组可滴定酸含量(0.56%)显著低于橙黄色果肉组(1.83%),白色果肉组可滴定酸含量(1.35%)与黄色和橙黄色果肉组间均无显著性差异。

表 2 鲜食杏不同颜色果肉组间果肉糖酸含量的比较

Table 2 Comparison of sugar and titratable acid in flesh of apricot varieties in different color groups

果肉颜色 Flesh color	总糖 Total sugar/%	还原糖 Reducing sugar/%	可滴定酸 Titratable acid/%
白色 White	10.29±2.98ab	2.74±0.88a	1.35±0.64ab
黄色 Yellow	12.45±0.45a	3.36±0.61a	0.56±0.13b
橙黄色 Orange-yellow	8.44±1.12b	2.57±1.13a	1.83±0.52a

注:同一列经邓肯新复极差法分析,不同小写字母代表差异达显著水平, $P<0.05$ 。表 4 同。

Note: Values with different letters showed statistically significant differences at the 5% level, according to Duncan's new multiple range test. The same as table 4.

2.2 不同杏品种果肉和果皮色素物质含量

10 个杏品种果肉和果皮中花色苷、叶绿素、类胡萝卜素、类黄酮含量测定结果(表 3)表明,仁用杏和鲜食杏品种果肉中均未检测到花色苷。仁用杏品种果肉叶绿素含量平均值为 0.54 mg/100g,鲜食杏品种果肉叶绿素含量平均值为 0.04 mg/100g(变化范围 0.01~0.08 mg/100g);仁用杏品种果肉类胡萝卜素含量平均值为 3.62 mg/100g,鲜食杏品种果肉类胡萝卜素含量平均值为 1.20 mg/100g(变化范围 0.29~2.86 mg/100g);仁用杏品种果肉类黄酮含量平均值为 17.99 mg/g,鲜食杏品种果肉类黄酮含量平均值为 1.09 mg/g(变化范围 0.30~3.26 mg/100g)。经差异显著性检验,仁用杏和鲜食杏品种间果肉叶绿素、类胡萝卜素和类黄酮含量差异均达到显著水平。

仁用杏品种果皮中未检测到花色苷,鲜食杏品种果皮花色苷含量平均值为 1.60 mg/100g(变化范围 0~9.76 mg/100g);仁用杏品种果皮叶绿素含量平均值为 2.59 mg/100g,鲜食杏品种果皮叶绿素含量平均值为 0.89 mg/100g(变化范围 0.39~1.64 mg/100g);仁用杏品种果皮类胡萝卜素含量平均值为 7.65 mg/100g,鲜食杏品种果皮类胡萝卜素含量平均值为 2.78 mg/100g(变化范围 1.39~4.25 mg/100g);仁用杏品种果皮类黄酮含量平均值为 rutin 45.86 mg/g,鲜食杏品种果皮类黄酮含量平均值为 rutin 9.37 mg/g(变化范围 4.60~15.55 mg/g)。经差异显著性检验,仁用杏和鲜食杏品种间果皮叶绿素、类胡萝卜素和类黄酮含量差异均达显著水平。由表 3 还可知,同一杏品种中,果皮色素物质(除花色苷外)含量均高于果肉。

鲜食杏不同颜色果肉组间果肉色素物质含量的比较结果(表 4)表明,橙黄色果肉组果肉类胡萝卜素含量

(2.15 mg/100g)显著高于白色(0.40 mg/100g)和黄色果肉组(0.78 mg/100g),而白色和黄色果肉组间无显著性差异。不同颜色果肉组间果肉叶绿素和类黄酮含量均无显著性差异。

表 3 不同杏品种果肉和果皮色素物质含量

Table 3 Contents of pigments in flesh and peel of different apricot varieties

类型 Type	品种 Cultivar	部位 Part	花色苷 Anthocyanin /mg • (100g) ⁻¹	叶绿素 Chlorophyll /mg • (100g) ⁻¹	类胡萝卜素 Carotenoid /mg • (100g) ⁻¹	类黄酮 Flavonoid /rutin mg • g ⁻¹ FW
仁用杏 Kernel apricot	“丰仁”	果肉 Flesh	—	0.51±0.01	3.42±0.42	16.95±0.46
	‘Fengren’	果皮 Peel	0.00±0.00	3.03±0.07	8.74±0.25	44.30±0.69
	“超仁”	果肉 Flesh	—	0.57±0.05	3.82±0.39	19.03±0.35
	‘Chaoren’	果皮 Peel	0.00±0.00	2.15±0.15	6.56±0.36	46.79±0.40
白色果肉品种 White flesh varieties						
鲜食杏 Flesh apricot	“银香白”	果肉 Flesh	—	0.08±0.00	0.29±0.01	1.14±0.10
	‘Yinxiangbai’	果皮 Peel	0.56±0.03	1.05±0.08	1.78±0.16	12.79±0.34
	“阿克牙格勒克”	果肉 Flesh	—	0.02±0.01	0.50±0.05	0.34±0.05
	‘Akeyageleke’	果皮 Peel	0.78±0.09	0.86±0.05	1.62±0.11	6.09±0.38
	黄色果肉品种 Yellow flesh varieties					
	“莱西金杏”	果肉 Flesh	—	0.01±0.02	0.57±0.01	1.42±0.02
	‘Laixijinxing’	果皮 Peel	1.03±0.06	0.61±0.03	1.39±0.15	9.03±0.26
	“阿克托拥”	果肉 Flesh	—	0.07±0.04	0.95±0.08	0.60±0.22
	‘Aketuoyong’	果皮 Peel	0.00±0.00	1.21±0.012	2.08±0.06	7.57±0.21
	“库尔勒托拥”	果肉 Flesh	—	0.01±0.02	0.82±0.05	0.30±0.04
	‘Kuerletuoyong’	果皮 Peel	0.52±0.06	1.64±0.05	2.94±0.07	4.60±0.06
	橙黄色果肉品种 Orange-yellow flesh varieties					
	“串枝红”	果肉 Flesh	—	0.03±0.01	2.86±0.02	0.74±0.07
	‘Chuanzhihong’	果皮 Peel	9.76±0.94	0.39±0.05	3.95±0.28	7.56±0.20
	“沙金红”	果肉 Flesh	—	0.03±0.03	1.81±0.23	3.26±0.57
	‘Shajinhong’	果皮 Peel	0.06±0.03	0.70±0.06	4.25±0.19	15.55±0.18
	“争魁”	果肉 Flesh	—	0.03±0.01	1.79±0.14	0.90±0.07
	‘Zhengkui’	果皮 Peel	0.09±0.01	0.65±0.00	4.25±0.04	11.78±0.23

表 4 鲜食杏不同颜色果肉组间果肉色素物质含量的比较

Table 4 Comparison of pigments in the flesh of apricot varieties in different color groups

果肉颜色 Flesh color	叶绿素 Chlorophyll /mg • (100g) ⁻¹	类胡萝卜素 Carotenoid /mg • (100g) ⁻¹	类黄酮 Flavonoid /rutin mg • g ⁻¹
白色 White	0.05±0.04a	0.40±0.15b	0.74±0.57a
黄色 Yellow	0.03±0.03a	0.78±0.19b	0.77±0.58a
橙黄色 Orange-yellow	0.03±0.00a	2.15±0.61a	1.63±1.41a

2.3 鲜食杏果肉颜色与果肉糖酸的相关性分析

参照 Asma 等^[11]的方法,将鲜食杏果肉颜色白色、黄色和橙黄色分别定义为 1、2 和 3,对果肉颜色与果肉糖酸含量进行相关性分析。结果表明,果肉颜色与果肉可溶性总糖、还原糖及可滴定酸含量均无显著相关性(表 5)。

表 5 鲜食杏果肉颜色与果肉糖酸含量的相关系数

Table 5 Correlation coefficients between flesh color and contents of sugar and titratable acid in flesh

	总糖 Total sugar	还原糖 Reducing sugar	可滴定酸 Titratable acid
果肉颜色 Flesh color	-0.427	-0.134	0.380

注:皮尔逊相关系数,*、** 分别表示在 5%和 1%显著水平上达到显著和极显著。表 6 同。

Note:Pearson’s correlation coefficients. *,** significant at $P<0.05$ and 0.01 , respectively. The same as table 6.

2.4 鲜食杏果肉颜色与果肉色素物质的相关性分析

果肉颜色与色素物质的相关性分析结果显示(表 6),果肉颜色与果肉类胡萝卜素含量极显著相关($r=0.872^{**}$),与果肉叶绿素和类黄酮含量均无显著相关性。另从表 4 可看出,果肉中类胡萝卜素含量表现为白色果肉<黄色果肉<橙黄色果肉,表明类胡萝卜素是决定杏肉颜色的主要呈色物质。

表 6 鲜食杏果肉颜色与果肉色素物质含量的相关系数

Table 6 Correlation coefficients between flesh color and pigments in the flesh

	叶绿素 Chlorophyll	类胡萝卜素 Carotenoid	类黄酮 Flavonoid
果肉颜色 Flesh color	-0.294	0.872**	0.417

3 讨论

试验结果表明,仁用杏品种果肉中可溶性总糖含量较低,而可滴定酸含量较高,糖酸比严重失调,所以仁用杏品种果肉较酸涩,不宜鲜食。但仁用杏品种果肉和果皮中含有丰富的类胡萝卜素和类黄酮,从色素物质的营养保健作用来讲,仁用杏果肉具有广阔的开发利用前景。

前人研究表明,仅在一些杏品种的果皮中检测到少量的花色苷^[12],其花色苷含量低于桃、油桃和李^[13]。该

研究结果证实了这一点,仅在果皮有红色呈现的杏品种的果皮中检测到少量的花色苷,而且果皮红色分布越广,颜色越深,其花色苷含量越高,表明花色苷是杏果皮呈现红色的原因。

该试验根据 8 个鲜食杏品种果肉糖酸含量测定结果,初步认为黄色果肉组果肉可溶性总糖含量显著高于橙黄色果肉组,而前者果肉可滴定酸含量显著低于后者,这一规律有待大量品种的测定结果来进一步验证。相关性分析结果显示,果肉颜色与果肉糖酸含量无显著相关性,这与 Asma 等^[11]对伊朗-高加索生态群若干杏品种的研究结果一致。该研究结果表明,橙黄色果肉组果肉类胡萝卜素含量显著高于白色果肉组,果肉颜色与类胡萝卜素含量的相关系数为 0.872,达极显著水平;不同颜色果肉组间,果肉叶绿素和类黄酮含量无显著性差异,果肉颜色与其亦无显著相关性,表明类胡萝卜素是决定杏肉颜色的主要呈色物质。这与 Tomás-barberán 等^[13]对白色和黄色果肉桃和油桃、Ruiz 等^[12,14]对白色、黄色、浅橙色及橙色果肉杏的研究结果一致。

参考文献

- [1] Lancaster J E, Grant J E, Lister C E. Skin color in apples: influence of copigmentation and plastid pigments on shade and darkness of red color in five genotypes[J]. Journal of the American Society for Horticultural Science (USA), 1994, 119(1): 63-69.
- [2] 延玺, 刘会青, 邹永青, 等. 黄酮类化合物生理活性及合成研究进展[J]. 有机化学, 2008, 28(9): 1534-1544.
- [3] 陈中媛, 卢山, 黄继荣. 植物类胡萝卜素代谢工程与应用[J]. 生命科

学, 2011, 23(2): 205-211.

- [4] 张加延, 张钊. 中国果树志·杏卷[M]. 北京: 中国林业出版社, 2003: 1-46.
- [5] 陈美霞, 陈学森, 慈志娟, 等. 杏果实糖酸组成及其不同发育阶段的变化[J]. 园艺学报, 2006, 33(4): 805-808.
- [6] 冯立娟, 苑兆和, 尹燕雷, 等. 2 个杏品种不同成熟期果实品质变化研究[J]. 中国农学通报, 2010, 26(16): 206-210.
- [7] 高俊凤. 植物生理学实验指导[M]. 北京: 高等教育出版社, 2006: 74-148.
- [8] Lee J, Durst R W, Wrolstad R E. Determination of total monomeric anthocyanin pigment content of fruit juices, beverages, natural colorants, and wines by the pH differential method: Collaborative study[J]. Journal of AOAC international, 2005, 88(5): 1269-1278.
- [9] 黄春辉. 中国红色砂梨着色过程及其生理变化的研究[D]. 杭州: 浙江大学, 2008.
- [10] 唐孟成, 贾之慎, 朱祥瑞, 等. 春秋桑叶中黄酮类化合物总量及提取方法比较[J]. 浙江大学学报(农业与生命科学版), 1996, 22(4): 394-398.
- [11] Asma B M, Ozturk K. Analysis of morphological, pomological and yield characteristics of some apricot germplasm in Turkey[J]. Genetic Resources and Crop Evolution, 2005, 52(3): 305-313.
- [12] Ruiz D, Egea J, Gil M I, et al. Characterization and quantitation of phenolic compounds in new apricot (*Prunus armeniaca* L.) varieties[J]. Journal of Agricultural and Food Chemistry, 2005, 53(24): 9544-9552.
- [13] Tomás-barberán F A, Gil M I, Cremin P, et al. HPLC-DAD-ESIMS analysis of phenolic compounds in nectarines, peaches, and plums[J]. Journal of Agricultural and Food Chemistry, 2001, 49(10): 4748-4760.
- [14] Ruiz D, Egea J, Tomás-barberán F A, et al. Carotenoids from new apricot (*Prunus armeniaca* L.) varieties and their relationship with flesh and skin color[J]. Journal of Agricultural and Food Chemistry, 2005, 53(16): 6368-6374.

Analysis of Sugar Acid and Pigments in Ripe Fruits of *Prunus armeniaca* L.

ZHANG Sheng-cang¹, YANG Tu-xi², WEI An-zhi², WANG Chao-feng², FENG Shi-jing¹

(1. College of Life Sciences, Northwest Agricultural and Forestry University, Yangling, Shaanxi 712100; 2. College of Forestry, Northwest Agricultural and Forestry University, Yangling, Shaanxi 712100)

Abstract: Ten apricot varieties, including two kernel apricot and eight flesh apricot cultivars were used as materials for assaying contents of soluble total sugar, reducing sugar and titratable acid in flesh, and anthocyanin, chlorophyll, carotenoid and flavonoid in flesh and peel during the ripeness. Flesh apricots were separated according to flesh color into three groups: white, yellow, and orange-yellow. Contents of sugar acid and pigments were compared among different groups. Also the correlation between flesh color and each index was analyzed. The results showed that soluble total sugar was lower and titratable acid was higher in the apricot than in the flesh apricot; the reducing sugar had no significant differences between them. Anthocyanin was only located in the peel of red apricot varieties. As a general rule, in addition to the anthocyanin, contents of pigments in both flesh and peel of kernel apricot cultivars were higher than that of flesh apricot cultivars; the peel tissues contained higher amounts of pigments than the flesh tissues in the same variety. Contents of soluble total sugar, titratable acid, and carotenoid were significantly different among three flesh color groups. The carotenoid content was correlated significantly with the flesh color ($r=0.872$). No significant correlation between the flesh color and chlorophyll, flavonoid, and sugar acid was observed.

Key words: *Prunus armeniaca* L. (apricot); pigments; sugar acid; flesh color; correlation