



金杰,曾雪玲,章世奎,等.三个杏杂交优株果实品质及类胡萝卜素含量分析[J].黑龙江农业科学,2023(6):65-71.

三个杏杂交优株果实品质及类胡萝卜素含量分析

金杰¹,曾雪玲¹,章世奎²,于世涵¹,周伟权¹

(1.新疆农业大学园艺学院,新疆乌鲁木齐830052;2.新疆农业科学院轮台果树资源圃,新疆轮台841600)

摘要:为促进新疆杏新品种选育研究和开发利用,以3个杏杂交优株为试材,在成熟期测定其果实外在品质与内在品质,并利用靶向代谢组学技术对果皮和果肉中的类胡萝卜素进行了定性和定量分析。结果表明,3个杏优株的单果重范围在13.01~20.60 g,ZJX-02优株单果重显著高于其他优株;维生素C含量在8.72~9.30 mg·(100 g)⁻¹,可溶性固形物含量在17.19%~22.32%,可溶性总糖含量范围在7.60%~8.86%,可滴定性总酸含量范围在1.60%~1.99%,优株间内在品质指标差异显著。从3个杏优株果实的果皮和果肉中一共鉴定了13种类胡萝卜素,杏果皮和果肉中均以八氢番茄红素和β胡萝卜素等为主,果皮中的八氢番茄红素、β胡萝卜素的含量分别为250.333~397.333 μg·g⁻¹和76.070~119.000 μg·g⁻¹,果肉中的八氢番茄红素、β胡萝卜素的含量分别为147.000~356.000 μg·g⁻¹和33.100~54.500 μg·g⁻¹。通过对3个杏杂交优株进行初步比较分析得出,ZJX-01优株果实品质及类胡萝卜素含量综合表现最优,可以在新疆地区推广运用。

关键词:杏;杂交优株;果实品质;类胡萝卜素

杏(*Prunus armeniaca* L.)是重要的蔷薇科(Rosaceae)果树^[1],栽培历史已达2 000年之久,新疆杏种植面积居全国首位,被称为世界四大杏产区之一^[2]。果实富含维生素C、酚类化合物、类胡萝卜素等对人体健康有益的营养物质,近年来逐渐受到消费者的重视^[3]。杏是类胡萝卜素最丰富的几种水果之一,类胡萝卜素的种类与含量不仅决定杏果实的外观品质,也影响其营养品质和保健功能^[4]。在人体内,可作为维生素A的合成前体,具有抗氧化特性,还能增强免疫力,预防癌症等疾病^[5]。但人体本身不能合成类胡萝卜素,需要从外界摄取^[6]。因此,寻找良好的类胡萝卜素源至关重要^[7]。一些具有优良品质特性的杏种质资源利用和开发程度较低,所以充分发挥新疆地区的资源优势,加快杏品种资源的分类筛选,有利于杏产业的发展和农民增收^[8],优株是优良品种选育的基础,因此研究杏优株果实品质和类胡

萝卜素对筛选出果实综合性状优良的种质有重要意义,为新疆杏生产和研究提供优质的种质资源。樊丁宇等^[9]对新疆南疆地区58个杏品种的10项果实品质指标进行主成分分析和指标聚类分析,探究了杏鲜食品质的主要评价指标。张君萍等^[10]对新疆杏品种的营养物质进行了测定和分析评价,比较新疆杏种群与华北杏种群群的差别,以期全面了解新疆杏品种的品质特点。武晓红等^[11]对杏杂交后代果实经济性状进行测定,旨在为评价杏杂交后代果实经济性状提供科学依据。目前大部分学者对于新疆杏品质特性的研究集中在果实性状的调查,而针对杏中类胡萝卜素的定性相关研究鲜有报道。国内对类胡萝卜素的研究还处于总量分析阶段,定性分析报道较少。本研究通过对3个杏优株的外在品质和内在品质指标含量差异进行分析,对其果皮和果肉色泽指数和类胡萝卜素含量进行测定,比较优株间营养品质特性的差异,旨在对杏杂交F₁代优株进行初步评价,初步筛选新疆优良的杏优株,并了解新疆杏杂交优株的品质特点,以期新疆杏新品种选育研究和开发利用提供理论依据,为新疆杏树生产和研究提供优质的种质资源,从而发掘新疆当地的优势种质资源,促进新疆地区杏品种的优化。

收稿日期:2023-02-16

基金项目:巴州科技创新人才培养项目(202120);新疆维吾尔自治区天池博士计划(2021009)。

第一作者:金杰(2002—),男,本科生,专业方向为园艺。E-mail:1750341136@qq.com。

通信作者:周伟权(1992—),男,博士,从事果树种质资源与栽培生理研究。E-mail:zhouwql120@163.com。

1 材料与方法

1.1 材料

本试验所用的材料于 2022 年取自新疆农业科学院轮台国家果树资源圃课题组育种圃的 3 个杏杂交优株,分别是树上干杏×旦杏、库买提×旦杏、旦杏×库买提,各优株编号分别为 ZJX-01、ZJX-02、ZJX-03。

1.2 方法

1.2.1 试验设计 成熟期从每个优株的 3 个样株中东、西、南、北 4 个方向采集 50 个果实,立即带回资源圃实验室进行取样,每个优株设置 3 次生物学重复。取样后,一部分用于相关果实品质的测定,将果实擦干净后迅速用刀将果皮(外果皮)和果肉(中果皮)分离并切成小块后放入液氮中(避光条件下取样),混匀后分别装进冻存管中,放在液氮中带回实验室置于一80℃冰箱中保存。

1.2.2 果实品质测定 果实单果重及纵横径测定:对不同杏优株随机选取 50 个果实(除去个别过大或过小果实),用电子天平称量果实鲜重,取平均值,3 次重复。用游标卡尺测量果实横径、纵径,果形指数以果实纵径和果实横径的比值表示。

可溶性固形物、硬度、可滴定总酸、可溶性总糖、维生素 C 含量测定:用数显折射仪测定果实的可溶性固形物含量;采用 GY-4 型硬度计测定果实硬度;可滴定总酸的测定采用酸碱滴定法测定^[12];可溶性总糖含量用蒽酮比色法测定^[13];维生素 C 含量用 2,6-二氯靛酚滴定法测定^[14]。固酸比为果实的可溶性固形物含量与可滴定酸含量的比值。

果实色泽的测定:果实成熟后(果实的成熟期由颜色、硬度和可溶性固形物来判断),从 3 个样株中选择颜色和大小均匀的 60 个果实,随机分为 3 个

生物重复。用便携式色差仪(Hunter Associates Laboratory Inc. Reston,VA,USA)测定了不同品种果皮和果肉的色差指标。数据以 3 个生物学重复水平上的差异显著(果皮和果肉是分开的)。

色泽指数(cCCI)=1 000×a*/(L*×b*)

1.2.3 类胡萝卜素测定方法 准确称取液氮研磨后的果实样品 0.5 g 于 2 mL 离心管中,每份样品 3 次重复;加入 30 mL 类胡萝卜素提取液(正己烷:丙酮:无水乙醇=2:1:1 混合提取液,含 0.01% 2,6-二叔丁基-4-甲基苯酚)充分提取后,将提取的类胡萝卜素置于旋转蒸发仪蒸发至干燥然后重新溶解在甲基叔丁基醚(MTBE)中,再加 2 mL 10%氢氧化钾-甲醇溶液[含 0.1%(w/v) BHT],避光条件下皂化 10 h。再用饱和 NaCl 溶液去除水溶性杂质。之后蒸发至干燥,样品可暂放于一80℃冰箱中保存,整个提取过程在弱光下进行,避免类胡萝卜素降解。使用 LC-MS/MS 系统对样品提取物进行分析^[15-16]。

1.2.4 数据分析 使用 Excel 2016 软件进行数据统计及作图,采用 SPSS 23.0 软件进行 0.05 水平的 Duncan's 检验分析。

2 结果与分析

2.1 杏优株果实外观品质分析

由表 1 可知,不同杏优株果实的单果重为 13.01~20.60 g,其中 ZJX-02 单果最重,ZJX-03 单果最轻,各优株间差异显著。果实硬度范围为 4.90~7.06 kg·cm⁻²,不同优株间果实硬度存在较大的差异。ZJX-02 的纵径最大,而 ZJX-03 的纵径最小;ZJX-02 横径最长,而 ZJX-03 横径最短。从果形指数来看,ZJX-01 的果形指数最大,呈椭圆形,ZJX-03 的果形指数最小,呈近圆形。综上所述,不同杏优株间外观品质差异较显著。

表 1 杂交杏优株果实的外观品质指标

优株	单果重/g	硬度/(kg·cm ⁻²)	纵径/mm	横径/mm	果形指数
ZJX-01	15.05±0.40 b	5.70±0.21 b	31.11±1.05 a	30.54±1.46 b	1.02±0.02 a
ZJX-02	20.60±0.82 a	4.90±0.22 c	31.38±1.84 a	33.02±1.36 a	0.95±0.02 b
ZJX-03	13.01±0.46 c	7.06±0.11 a	26.38±1.30 b	28.51±1.96 b	0.93±0.04 b

注:不同小写字母表示品种间在 P<0.05 水平差异显著。下同。

2.2 杏优株果实内在品质分析

由表 2 可知,3 种杏优株成熟期可溶性固形物、可溶性总糖、可滴定性总酸差异显著。其中维

生素 C 含量在 8.72~9.30 mg·(100 g)⁻¹,ZJX-03 含量显著高于其他杂交株,ZJX-01 和 ZJX-02 两者之间差异不显著。ZJX-03 可溶性固形物含量最

高,为 22.32%,ZJX-02 可溶性固形物含量最低,为 17.19%;可溶性总糖含量在 7.60%~8.86%之间,各优株间差异显著,ZJX-03 含量最高,其次为 ZJX-01 和 ZJX-02;可滴定性总酸含量在 1.60%~1.99%

之间,各优株间差异显著,ZJX-03 的含量最高,而 ZJX-01 的含量最低;糖酸比和固酸比分别在 4.45~4.75 和 10.17~11.79 之间。综合比较,ZJX-01 糖酸比最高,相比其他品种的口感较好。

表 2 杂交杏优株果实的内在品质指标

优株	维生素 C 含量/ [mg·(100 g) ⁻¹]	可溶性固形物 含量/%	可溶性总糖 含量/%	可滴定性总酸 含量/%	糖酸比	固酸比
ZJX-01	8.72±0.03 b	18.87±0.39 b	7.60±0.02 c	1.60±0.02 c	4.75	11.79
ZJX-02	8.76±0.04 b	17.19±0.22 c	7.70±0.01 b	1.69±0.01 b	4.56	10.17
ZJX-03	9.30±0.03 a	22.32±0.83 a	8.86±0.04 a	1.99±0.00 a	4.45	11.22

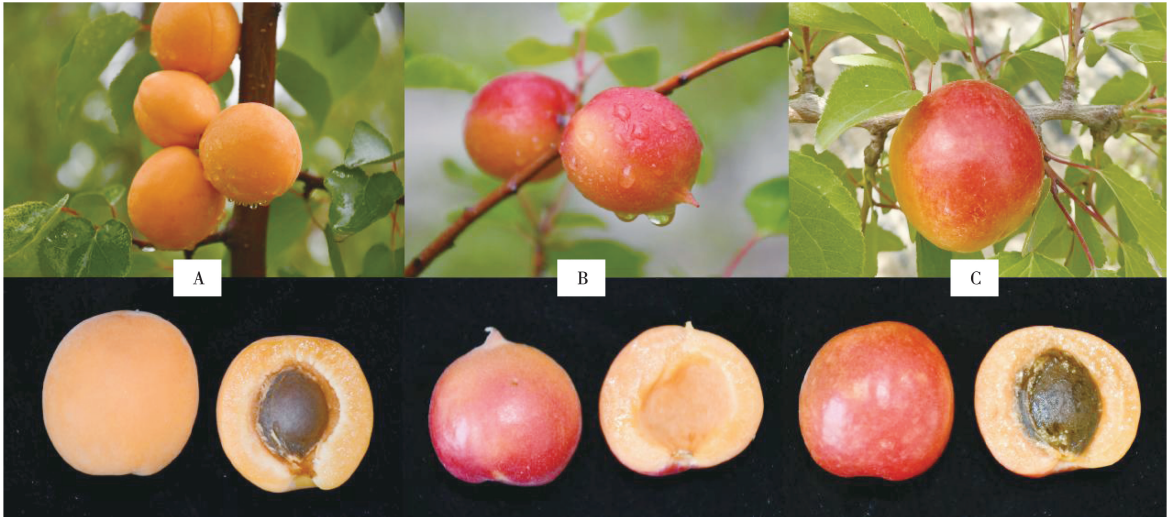
2.3 杏优株果皮和果肉色泽指标分析

由表 3 可知,优株 ZJX-01、ZJX-02 果肉的 L* 值高于果皮的 L* 值。表示红绿的 a* 值在 3 个优株中均为正值,果皮颜色为橙色的 ZJX-02 优株的 a* 值最大,为 26.89。表示黄蓝的 b* 值在

3 个优株中均为正值,表现为偏黄,范围为 10.324~50.524,色泽指数 CCI 均为正值,正值表示红色。ZJX-02 优株果皮和果肉之间的色泽指数存在较大的差异。

表 3 杂交杏优株果实成熟期色泽指标

编号	组织	果皮颜色	L *	a *	b *	c *	h *	色泽指数
ZJX-01	果皮	黄色	65.98±2.35 a	20.81±0.85 b	46.26±3.19 b	50.73±3.19 a	65.73±0.96 b	6.82
	果肉		67.54±1.23 a	20.21±1.55 a	46.99±4.00 a	51.16±4.25 a	66.71±0.66 c	6.37
ZJX-02	果皮	橙色	36.84±1.74 c	26.89±1.75 a	10.32±2.20 c	28.83±2.46 b	20.82±2.58 c	70.70
	果肉		59.10±1.34 b	17.39±0.35 b	45.53±1.30 a	48.74±1.24 ab	69.09±0.62 b	6.46
ZJX-03	果皮	橙红	58.64±6.98 b	15.11±2.81 c	50.52±4.73 a	52.75±5.19 a	73.44±1.97 a	5.10
	果肉		55.80±6.37 b	13.89±2.71 c	44.79±5.28 a	46.91±5.80 c	72.89±1.53 a	5.56



A. ZJX-01;B. ZJX-02;C. ZJX-03。

图 1 杂交杏优株果实形态

2.4 杏优株果实中类胡萝卜素组分及含量

由图 2 可知,3 种杏优株果实中共鉴定出 13 种类胡萝卜素,分别是 α -胡萝卜素、 α -隐黄质、 β -胡萝卜素、叶黄素、八氢番茄红素、番茄红素、 β -阿朴胡萝卜素醛、 β -隐黄质、 γ -胡萝卜素、 β -柠乌素、新黄质、玉米黄质、紫黄质。新黄质、 β -柠乌素在

杏果实中含量较低,在部分品种中未检测到。对总类胡萝卜素而言,ZJX-01 含量最高,ZJX-03 含量最低。结果显示,杏果皮中的总类胡萝卜素含量要高于果肉中的含量,而造成 3 个杏优株果皮与果肉总类胡萝卜素差异的较大物质是八氢番茄红素和 β -胡萝卜素。

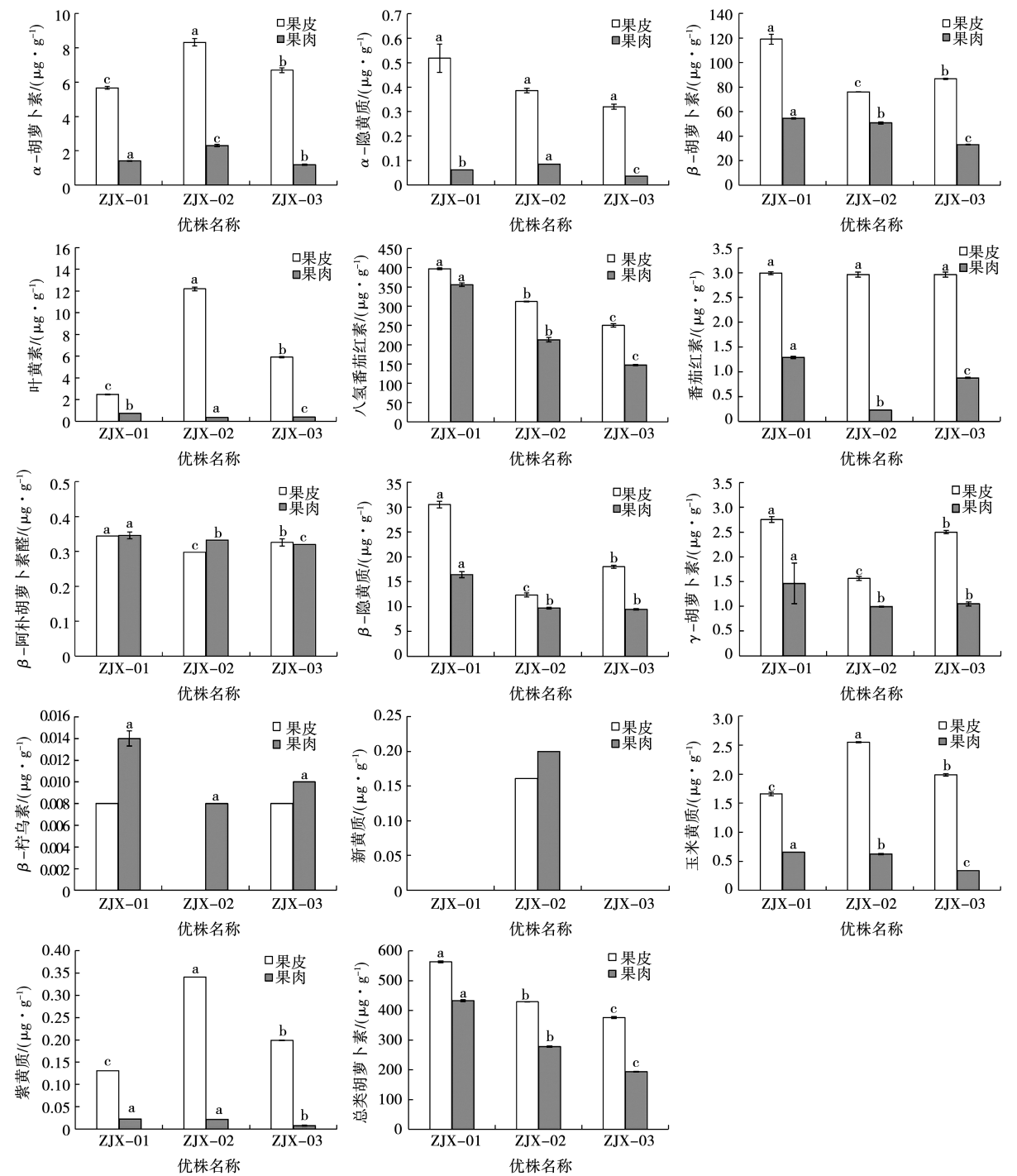


图 2 杂交杏优株果实中类胡萝卜素组分及含量

注:不同小写字母表示品种间在 $P<0.05$ 水平差异显著。

果皮中主要积累的类胡萝卜素是八氢番茄红素和β胡萝卜素,含量分别为250.333~397.333 μg·g⁻¹和76.070~119.000 μg·g⁻¹。其次是β-隐黄质、叶黄素和α-胡萝卜素;果皮中八氢番茄红素含量最多的优株是ZJX-01,占总类胡萝卜素的70.53%。

果肉中主要的类胡萝卜素也是八氢番茄红素和β胡萝卜素,含量分别为147.000~356.000 μg·g⁻¹和33.100~54.500 μg·g⁻¹。八氢番茄红素含量最多的优株是ZJX-01,含量为356.000 μg·g⁻¹,其次是ZJX-02优株。β-胡萝卜素含量最多的是ZJX-01,含量为54.500 μg·g⁻¹,占该品种总类胡萝卜素的12.59%,含量最低的优株是ZJX-03,含

量仅为33.100 μg·g⁻¹(图2)。

2.5 杏优株果实中类胡萝卜素酯组分及含量

由表4可知,在3个杏优株果实中共鉴定出28种类胡萝卜素酯,其中,5,6-环氧叶黄素-发酸酯-棕榈酸酯、5,6-环氧叶黄素二月桂酸酯、玉米黄质-月桂酸酯-肉豆蔻酸酯这3种类胡萝卜素酯在3个优株果皮里未被全部检测到,另外24种类胡萝卜素酯均被检测到。叶黄素月桂酸酯、玉米黄质-月桂酸酯-肉豆蔻酸酯、玉米黄质棕榈酸酯这3种类胡萝卜素酯在3个优株果肉里未被全部检测到。β-隐黄质月桂酸、β-隐黄质棕榈酸酯是类胡萝卜素酯两大主要组分。果皮中含有的类胡萝卜素酯各组分含量要高于果肉里的含量。

表4 杂交杏优株果实中类胡萝卜素酯组分及含量

类胡萝卜素酯	果皮			果肉		
	ZJX-01	ZJX-02	ZJX-03	ZJX-01	ZJX-02	ZJX-03
5,6-环氧叶黄素-发酸酯-棕榈酸酯	-	-	-	0.158±0.01 a	0.107±0.01 b	0.114±0.00 b
5,6-环氧叶黄素二月桂酸酯	-	-	-	0.159±0.01 a	0.100±0.01 c	0.115±0.00 b
β-隐黄质月桂酸	20.800±0.70 a	11.400±0.30 b	21.433±0.35 a	7.323±0.03 b	7.767±0.15 b	10.733±0.55 a
β-隐黄质棕榈酸酯	20.833±0.55 b	12.433±0.35 c	23.600±0.10 a	5.970±0.04 c	11.233±0.35 b	12.677±0.55 a
β-隐黄质油酸酯	7.800±0.10 b	7.060±0.05 c	18.900±0.20 a	3.150±0.06 c	6.057±0.05 b	7.893±0.02 a
β-隐黄质肉豆蔻酸酯	4.920±0.01 b	2.780±0.01 c	5.350±0.04 a	1.507±0.02 c	2.017±0.03 b	2.633±0.06 a
叶黄素二月桂酸酯	6.890±0.02 a	2.237±0.03 c	3.067±0.05 b	2.247±0.06 a	1.387±0.03 b	1.337±0.05 b
叶黄素二棕榈酸酯	3.240±0.03 a	0.898±0.02 c	1.533±0.05 b	0.828±0.02 a	0.703±0.01 b	0.427±0.00 c
叶黄素二油酸酯	3.017±0.03 a	1.443±0.07 c	2.280±0.08 b	0.784±0.01 b	1.057±0.05 a	0.701±0.00 c
叶黄素二硬脂酸酯	0.171±0.00 a	0.122±0.00 a	0.126±0.00 c	0.094±0.00 a	0.040±0.00 b	0.044±0.00 c
叶黄素二肉豆蔻酸酯	1.173±0.04 a	0.544±0.00 c	1.070±0.05 b	0.240±0.02 b	0.423±0.00 a	0.226±0.02 b
叶黄素月桂酸酯	2.440±0.05 a	2.137±0.05	2.610±0.10 a	-	-	-
叶黄素棕榈酸酯	2.940±0.07 c	3.533±0.04 b	4.233±0.03 a	0.564±0.01 a	0.543±0.01 b	0.337±0.00 c
叶黄素油酸酯	1.807±0.02 c	2.587±0.04 b	3.547±0.06 a	0.223±0.06 b	0.376±0.01 a	0.233±0.01 b
叶黄素癸酸酯	0.333±0.01 a	0.225±0.01 c	0.256±0.01 b	0.112±0.00 a	0.050±0.00 b	0.048±0.00 b
叶黄素肉豆蔻酸酯	0.711±0.01 c	0.811±0.01 b	1.350±0.06 a	0.124±0.01 a	0.116±0.01 a	0.760±0.00 b
海胆烯酮	0.103±0.02 a	0.026±0.01 c	0.076±0.00 b	0.146±0.01 a	0.103±0.02 b	0.094±0.00 b
玉米黄质-月桂酸酯-棕榈酸酯	2.427±0.07 a	1.263±0.05 c	1.453±0.04 b	0.585±0.00 b	1.457±0.06 a	0.567±0.01 b
玉米黄质-月桂酸酯-肉豆蔻酸酯	0.060	-	0.020	-	0.010	-
玉米黄质-棕榈酸酯-硬脂酸酯	0.237±0.01 b	0.424±0.01 a	0.107±0.05 c	0.676±0.01 a	0.473±0.01 b	0.454±0.01 c
玉米黄质-油酸酯-棕榈酸酯	3.317±0.12	2.277±0.05 b	3.230±0.08 a	0.753±0.01 c	3.083±0.08 a	0.941±0.01 b
玉米黄质-肉豆蔻酸酯-棕榈酸酯	0.738±0.01 a	0.340±0.05 b	0.683±0.01 a	0.255±0.01 b	0.418±0.01 a	0.137±0.05 c
玉米黄质二月桂酸酯	1.023±0.05 a	0.397±0.01 c	0.463±0.01 b	0.307±0.01 b	0.565±0.01 a	0.286±0.01 c
玉米黄质二棕榈酸酯	1.417±0.06 a	0.942±0.01 b	1.477±0.06 a	0.673±0.01 b	1.153±0.06 a	0.380±0.01 a
玉米黄质二肉豆蔻酸酯	0.264±0.01 b	0.147±0.01 b	0.285±0.01 a	0.023±0.01 b	0.156±0.01 a	0.017±0.00 b
玉米黄质棕榈酸酯	5.553±0.07 c	7.070±0.10 a	5.970±0.07 b	2.357±0.08 a	3.413±0.08 a	-
玉红黄质棕榈酸酯	12.267±0.65 b	7.723±0.87 c	14.767±0.61 a	3.367±0.06 c	6.490±0.04 b	7.933±0.06 a
紫黄质二丁酸酯	0.215±0.01 a	0.207±0.01 a	0.059±0.00 b	0.147±0.06 a	0.087±0.00 a	0.035±0.00 b

注:-表示未检测到。

3 讨论

杏果实品质的组成因素较多,包括外观和内在指标。就外观指标而言,果实大小、色泽等倍受关注,可溶性糖含量、可滴定酸含量、糖酸比是影响水果风味品质和消费者选购的重要指标^[17]。本试验比较分析了3个杏杂交品种果实品质和类胡萝卜素,不同杏优株果实在外观品质上存在一定差异。本研究通过对3个杏优株的果皮和果肉的类胡萝卜素组分和含量进行了测定,结果表明,一共鉴定出13种类胡萝卜素,果皮和果肉中主要积累的类胡萝卜素是八氢番茄红素和 β -胡萝卜素;果皮和果肉中主要积累的类胡萝卜素酯是 β -隐黄质月桂酸、 β -隐黄质棕榈酸酯。每个优株均有自身的特色,综合考虑果实含糖量、可溶性固形物含量等口感指标,优株ZJX-01糖酸比指标含量最高,比其他品种的口感好。且其单果质量较大、纵横径较长,果皮和果肉中的总类胡萝卜素含量最高。可以为生产和研究提供优质的种质资源,结合外在品质和内在品质综合分析得到优株ZJX-01的果实品质最好,可为将来新品种的选育及作为优良种质的选择奠定良好基础。

研究表明,3个杏优株品种果皮和果肉中类胡萝卜素组分基本一致,但不同杏优株的类胡萝卜素含量差异显著。杏果皮和果肉富含的八氢番茄红素和 β -胡萝卜素等类胡萝卜素成分,说明杏果实是一种较好的类胡萝卜素源植物^[18]。杏果实果皮中的类胡萝卜素含量显著高于果肉中的类胡萝卜素,这表明两种不同组织中类胡萝卜素存在很大的差异,这与前人研究结果一致。在杏优株果实中类胡萝卜素酯组分主要以 β -隐黄质月桂酸、 β -隐黄质棕榈酸酯为主,果皮中含有的类胡萝卜素酯各组分含量要高于果肉里的类胡萝卜素酯含量。杜彬花等^[19]研究发现,在库买提杏中主要含有 β -胡萝卜素、 α -胡萝卜素和 β -隐黄素以及顺式异构体等类胡萝卜素组分,这与试验方法或品种的不同有关系。周伟权^[20]研究结果表明杏主要积累的类胡萝卜素是 β -胡萝卜素和八氢番茄红素为主,这与本试验研究结果一致。陶俊等^[21]研究表明柑橘果皮和果肉中以叶黄素、玉米黄质、 β -隐黄质为主,表明不同种质资源含有的类胡萝卜素组分及含量不同。Heng等^[22]通过对36个香蕉中类胡萝卜素的组分及含量的研究,发现香蕉

果皮和果肉中主要积累的类胡萝卜素是叶黄素、 α -胡萝卜素、 β -胡萝卜素,这与杏果实积累的类胡萝卜素组分存在差异,表明类胡萝卜素水平在不同植物种类间存在很大差异。与前人研究比较可以看出,不同品种果实积累的类胡萝卜素组分和含量有所差异,其原因主要可能与所选的试验材料品种遗传背景不同有关。对杏优株的果皮果肉类胡萝卜素组分与含量进行检测与分析,可以增进对杏类胡萝卜素积累差异的了解,能够更好地把握杏果实中类胡萝卜素含量的代谢积累机理,选育优异种质,为今后新疆杏种质资源的利用提供参考^[23]。

本试验只针对杏杂交优株果实品质特性及类胡萝卜素的含量进行了研究,此外果实品质特性及类胡萝卜素含量可能还受到采收期时间、光照、温度、水肥管理等因素的影响^[24],今后需要进一步研究,同时还将对果实的糖酸组分进行测定,深入研究不同杏优株对果实风味的影响情况。

4 结论

本研究利用靶向代谢组学技术对杏优株果皮和果肉中的类胡萝卜素进行了定性和定量分析,从3个杏优株果实的果皮和果肉中一共鉴定了13种类胡萝卜素,杏果皮和果肉中均以八氢番茄红素和 β -胡萝卜素为主,果皮中的八氢番茄红素、 β -胡萝卜素的含量分别为 $250.333 \sim 397.333 \mu\text{g} \cdot \text{g}^{-1}$ 和 $76.070 \sim 119.000 \mu\text{g} \cdot \text{g}^{-1}$,果肉中的八氢番茄红素、 β -胡萝卜素的含量分别为 $147.000 \sim 356.000 \mu\text{g} \cdot \text{g}^{-1}$ 和 $33.100 \sim 54.500 \mu\text{g} \cdot \text{g}^{-1}$ 。本研究通过对3个杏杂交优株进行 F_1 代初步分析,ZJX-01糖酸比指标含量最高,相比其他品种的口感较好,ZJX-01优株果实品质及类胡萝卜素含量综合表现最优,可为新疆杏新品种选育研究和开发利用提供理论依据。

参考文献:

- [1] 顾天齐. 新疆杏果实不同采收成熟度及贮藏条件下品质特性研究[D]. 乌鲁木齐:新疆农业大学,2020.
- [2] 卢娟芳. 杏果实两个类胡萝卜素裂解双加氧酶基因及其启动子的克隆与功能分析[D]. 重庆:西南大学,2018:14.
- [3] 王秀. 黄肉猕猴桃果实类胡萝卜素积累特性研究[D]. 成都:四川农业大学,2020.
- [4] 王红霞,廉博,包妍妍. 不同杏果实品质的比较分析[J]. 北方农业学报,2016,44(6):48-52.
- [5] ALBABI S, BOUWMEESTER H J. Strigolactones, A novel

carotenoid-derived plant hormone[J]. Annual Review of Plant Biology,2015,66(1):161-186.

[6] ZHOU W Q,NIU Y Y,DING X,et al. Analysis of carotenoid content and diversity in apricots (*Prunus armeniaca* L.) grown in China[J]. Food Chemistry,2020,330(15):127223.

[7] 颜少宾,蔡志翔,俞明亮,等. 桃果实发育阶段肉质形成与类胡萝卜素的变化分析[J]. 西北植物学报,2013,33(3):613-619.

[8] 陈玲,王鹏,樊丁宇,等. 35 份新疆杏品质指标相关性分析及类型评价[J]. 新疆农业科学,2016,53(2):214-219.

[9] 樊丁宇,廖康,杨波,等. 新疆杏品种果实鲜食品质主要评价指标的选择[J]. 中国农学通报,2009,25(22):207-211.

[10] 张君萍. 新疆若干杏品种果实主要营养成分的测定与分析评价[D]. 乌鲁木齐:新疆农业大学,2006.

[11] 武晓红,陈雪峰,景晨娟,等. 杏杂交后代果实经济性状的主成分分析与聚类分析研究[J]. 江西农业学报,2019,31(10):45-51.

[12] 中华人民共和国质量监督检验检疫总局,中国国家标准化管理委员会. 食品安全国家标准 食品中有机酸的测定:GB 5009.157—2016 [S]. 北京:中国标准出版社,2016.

[13] 中华人民共和国质量监督检验检疫总局,中国国家标准化管理委员会. 食品安全国家标准 食品中果糖、葡萄糖、蔗糖、麦芽糖、乳糖的测定:GB 5009.8—2016 [S]. 北京:中国标准出版社,2016.

[14] 徐攀攀,许会艳. 果蔬中维生素 C 含量测定方法研究进展[J]. 广州化工,2020,48(8):18-20.

[15] 严娟,蔡志翔,沈志军,等. 黄肉桃果实中类胡萝卜素提取和测定方法研究[J]. 果树学报,2015,32(6):1267-1274.

[16] PETRY F C, MERCADANTE A Z. New method for carotenoid extraction and analysis by HPLC-DAD-MS/MS in freeze-dried Citrus and Mango pulps[J]. Journal of the Brazilian Chemical Society,2018,1:205-215.

[17] 丛桂芝,石游,陈淑英,等. ‘树上干杏’不同品种果实品质分析[J]. 北方园艺,2021(1):36-41.

[18] 张丽娜. 杏果实芳香味脱辅基类胡萝卜素形成相关 AP2/ERF 的克隆与表达分析[D]. 重庆:西南大学,2020.

[19] 杜彬花,热合满·艾拉,陈琪,等. 库买提杏中主要类胡萝卜素的组成和含量分析[J]. 食品科学,2019,40(18):189-194.

[20] 周伟权. 杏果实类胡萝卜素代谢及积累机理研究[D]. 乌鲁木齐:新疆农业大学,2021.

[21] 陶俊,张上隆,徐建国,等. 柑橘果实主要类胡萝卜素成分及含量分析[J]. 中国农业科学,2003(10):1202-1208.

[22] HENG Z,SHENG O,YAN S J,et al. Carotenoid profiling in the peel and pulp of 36 selected Musa varieties[J]. Food Science and Technology Research,2017,23(4):603-611.

[23] 徐森. 枸橼种质资源果实糖酸与类胡萝卜素分析[D]. 武汉:华中农业大学,2022.

[24] 张秋云. 基于转录组学杏果实风味、色泽品质形成相关基因挖掘及转录调控网络解析[D]. 重庆:西南大学,2017.

Fruit Quality Characteristics and Carotenoid Content of Three Apricot Hybrid Superior Plants

JIN Jie¹, ZENG Xueling¹,ZHANG Shikui², YU Shihan¹, ZHOU Weiquan¹

(1. College of Horticulture, Xinjiang Agricultural University, Urumqi 830052, China; 2. Luntai Fruit Tree Resource Nursery, Xinjiang Academy of Agricultural Sciences, Luntai 841600, China)

Abstract: In order to promote the breeding, research and development of new apricot varieties in Xinjiang, three apricot crosses were used as test materials to determine the external and internal fruit quality at maturity, and the qualitative and quantitative analysis of carotenoids in fruit skin and flesh were carried out using targeted metabolomics techniques. The results showed that the single fruit weight of the three apricot plants were 13.01-20.60 g, and the single fruit weight of ZJX-02 was significantly higher than that of the other superior plants; the vitamin C content were 8.72-9.30 mg · (100 g)⁻¹, the soluble solids content ranged from 17.19% to 22.32%, the soluble sugar content ranged from 7.60% to 8.86%, and the titratable total acid content ranged from 1.60% to 1.99%. The intrinsic quality indexes varied significantly among the superior plants. A total of 13 carotenoids were identified from the peel and flesh of the three apricot plants, with octahydro lycopene and β-carotene predominating in the peel and flesh. The contents of octa-hydrolycopene and β-carotene in peel were 250.333-397.333 μg·g⁻¹ and 76.070-119.000 μg·g⁻¹, respectively. The contents of octa lycopene and β-carotene in flesh were 147.000-356.000 μg·g⁻¹ and 33.100-54.500 μg·g⁻¹, respectively. In this study, the fruit quality and carotenoid content of the ZJX-01 were found to be the best in the preliminary comparative analysis of three apricot crosses, which can be promoted in Xinjiang.

Keywords: apricot; hybrid superior strain; fruit quality; carotenoids