

网络出版时间:2019-04-01 15:19

DOI:10.13207/j.cnki.jnwafu.2019.10.016

网络出版地址: <http://kns.cnki.net/kcms/detail/61.1390.S.20190401.1518.032.html>

陕北鲜食枣果实成熟过程主要物性与 营养指标研究

苏娟娟,康晨煊,石倩倩,张 钟,李新岗

(西北农林科技大学 林学院,陕西省林业综合重点实验室,陕西 杨凌 712100)

【摘 要】【目的】探究鲜食枣果实成熟过程中营养成分的变化,比较不同品种间的差异及其糖酸积累特点,为鲜食枣品质评价、良种选择提供依据。【方法】以陕北栽培的七月鲜、伏脆蜜、早脆王、蜂蜜罐、奈奈枣、襄汾圆枣、阎良脆枣、蛤蟆枣、灵武长枣、京 60、大白铃、冷白玉和临猗梨枣 13 个鲜食枣品种为试材,选取白熟期、半红期和全红期果实,采用常规品质测试、高效液相色谱技术和分光光度计法,测定其外观性状、内在品质和功能成分。【结果】13 个鲜食枣品种单果质量为 4.21~23.96 g,硬度为 5.60~8.49 N,果形指数为 1.05~1.93,其中七月鲜、早脆王、蛤蟆枣、京 60 和大白铃果实较大,而蜂蜜罐和襄汾圆枣果实较小。在果实成熟过程中,可溶性固形物含量均显著增加;V_C 含量在枣果成熟过程中的变化规律不明显;除襄汾圆枣、阎良脆枣和蛤蟆枣外,其余 10 个品种可溶性糖含量呈持续上升趋势;除临猗梨枣、七月鲜、伏脆蜜、奈奈枣和阎良脆枣外,其余 8 个品种的可滴定酸含量在成熟过程中均持续增加。13 个鲜食枣果实的总酚含量除冷白玉外,其余品种均呈下降趋势;不同成熟期相比,七月鲜的总黄酮含量在成熟过程中显著增加,早脆王、蛤蟆枣和大白铃从白熟期到半红期显著增加,到全红期又显著下降,而奈奈枣和冷白玉从白熟期到半红期显著下降,而到全红期又显著增加,其余 7 个品种的总黄酮含量均不断下降;13 个品种的原花青素含量均随果实成熟而呈下降趋势。【结论】陕北鲜食枣综合性状较好的品种有蛤蟆枣、京 60、七月鲜、伏脆蜜、蜂蜜罐和襄汾圆枣。适宜全红期采收的品种有蛤蟆枣和灵武长枣,其他品种均适宜半红期采收。

【关键词】 鲜食枣;营养成分;采收期;鲜枣品质评价

【中图分类号】 S665.1

【文献标志码】 A

【文章编号】 1671-9387(2019)10-0129-10

Main physical properties and nutritional indexes of fresh jujube fruits during ripening process in Northern Shaanxi

SU Juanjuan, KANG Chenxuan, SHI Qianqian, ZHANG Zhong, LI Xingang

(Key Comprehensive Laboratory of Forestry Shaanxi Province, College of Forestry, Northwest A&F University, Yangling, Shaanxi 712100, China)

Abstract: 【Objective】The present study determined the changes in nutritional components of fresh jujube fruits during ripening processes and compared contents and characteristics of sugar and acid accumulation among cultivars to provide basis for quality evaluation of fresh jujubes and selection of excellent cultivars for Northern Shaanxi. 【Method】A total of 13 fresh jujube cultivars widely cultivated in Northern Shaanxi, including Qiyuexian, Fucuimi, Zaocuiwang, Fengmiguang, Gagazao, Xiangfenyuanzao, Yanliangcui-zao, Hamazao, Lingwuchangzao, Jing 60, Dabailing, Lengbaiyu and Linyilizao, were selected. The fruits in white mature period, half red period and full red period were picked for determination of appearance characters, internal quality and functional components by conventional quality analysis, high performance liquid

【收稿日期】 2018-09-21

【基金项目】 国家“十三五”重点研发项目(2018YFD1000607)

【作者简介】 苏娟娟(1993—),女,陕西渭南人,在读硕士,主要从事经济林果实品质研究。E-mail:juejuesu@126.com

【通信作者】 李新岗(1963—),男,陕西富平人,教授,博士,主要从事枣产业技术研究。E-mail:xingangle@nwsuaf.edu.cn

chromatography and spectrophotometer methods. 【Result】 Among the 13 cultivars, single fruit weight was 4.21—23.96 g, hardness was 5.60—8.49 N, and fruit shape index was 1.05—1.93. Qiyuexian, Zaocuiwang, Hamazao, Jing60 and Dabailing had larger fruit size, while Fengmiguan and Xiangfenyuanzao had smaller fruit size. During fruit ripening, the content of soluble solids increased significantly, while V_C content had no significant changes. Except for Xiangfenyuanzao, Yanliangcuizao and Hamazao, the soluble sugar contents of other 10 cultivars showed an increasing trend. Except for Linyilizao, Qiyuexian, Fucuimi, Gagazao and Yanliangcuizao, the titratable acid content of other 8 cultivars increased continuously during fruit ripening. The total phenol content decreased except for Lengbaiyu. Compared to different maturity periods, the content of total flavonoids in Qiyuexian increased significantly during the fruit ripening, the contents in Zaocuiwang, Hamazao and Dabailing increased significantly from the white mature period to the half red period before decreasing significantly during the full red period. The contents in Gagazao and Lengbaiyu decreased significantly from the white mature period to the half red period, and then increased significantly during the full red period. The total flavonoid content of other 7 cultivars decreased continuously. The contents of procyanidins in all cultivars showed a decreasing trend. 【Conclusion】 The cultivars with good comprehensive characteristics in Northern Shaanxi included Hamazao, Jing 60, Qiyuexian, Fucuimi, Fengmiguan and Xiangfenyuanzao. Hamazao and Lingwuchangzao were suitable for full red period harvest while others were suitable for half red period harvest.

Key words: fresh jujube; nutritional components; harvest; quality evaluation

枣(*Ziziphus jujuba* Mill.)属于鼠李科(Rhamnaceae)枣属(*Ziziphus*)植物,是原产于我国的特有果树,距今已有约 7 000 年的栽培和利用史^[1]。我国现有枣产量达到 625 万 t,占世界总产量的 99%,位居我国干果第一^[2]。我国现有枣品种超过 700 个,按照用途可分为鲜食和制干两类,其中鲜食品种有 264 个^[1]。枣果具有丰富的营养和较高的药用价值。药理学研究表明,枣可以促进睡眠、调节消化,能有效防治冠心病、高血压、动脉硬化,具有养胃健脾、补血益气、和解药毒、保护肝脏、增强肌力等食疗价值^[3-4]。

长期以来,糖酸作为果实品质评价的重要指标^[5],其组分和含量的检测及评价受到了高度重视。赵爱玲等^[6]对山西主要栽培的 20 个枣品种果实品质的研究发现,枣属于蔗糖积累型和苹果酸优势型水果;彭艳芳等^[7]对冬枣和金丝小枣游离单糖的研究发现,枣果实的游离单糖为葡萄糖、果糖、半乳糖、鼠李糖和阿拉伯糖,在其发育的各阶段均以果糖所占比例最大,其次是葡萄糖和半乳糖;孙延芳等^[8]建立了酸枣果实 7 种有机酸和 V_C 的液相色谱测试方法。枣果中的酚类化合物是植物次生代谢产物,对人体具有多种生理功效,是重要的营养和功能成分^[4,9-11]。

近 20 年来,我国鲜食枣产业发展迅速,效益显著。但总体而言,鲜食枣不耐贮藏,自然状态下采后

迅速失水萎蔫或软化褐变^[2,12]。所以,研究鲜食枣果实成熟过程中的物性、营养品质和功能成分变化,确定最适宜的果实采收时期、延长贮藏和货架期,对于促进我国鲜食枣产业发展、鲜食枣品质评价和主导品种选择等具有重要意义^[13]。陕晋黄河峡谷是我国制干枣的重要产区,其鲜食枣也很有特色。本研究选取陕北普遍栽培的 13 个鲜食枣品种,研究比较其果实成熟过程中 3 个重要阶段的外观性状、内在品质和功能成分的差异,以期对陕北鲜食枣品种的果实品质 and 发展的适宜性进行综合评价。

1 材料与方法

1.1 材料与试剂

试验材料于 2017 年 9 月采自西北农林科技大学清涧红枣试验站,13 个供试品种分别为七月鲜、伏脆蜜、早脆王、蜂蜜罐、杂杂枣、襄汾圆枣、阎良脆枣、蛤蟆枣、灵武长枣、京 60、大白铃、冷白玉和临猗梨枣,所选品种的栽培条件和管理水平一致。每个品种依据果实的成熟时期,分别于白熟期(果实不再膨大,着色之前)、半红期(着色 40%~60%)和全红期(完全着色变红)采样。在枣园中选取所需品种 3~5 株,在树冠中上部东西南北不同方位均匀采集大小一致、果形端正、无病虫害的枣果 50~60 个。随机选取 10 个果实,迅速切成小块混匀后,装进灌有液氮的 50 mL 离心管中,每个样品均设 3 个生物

学重复,置于 $-80\text{ }^{\circ}\text{C}$ 超低温冰箱中备用;其余样品用于外观性状和可溶性固形物含量测定。

所需试剂有:葡萄糖、果糖、蔗糖、苹果酸、柠檬酸、琥珀酸、奎宁酸、没食子酸、芦丁、原花青素,均为标准品;甲酸、甲醇,均为色谱级;浓硫酸、浓 HCl、磷酸、 $\text{NH}_4\text{Fe}(\text{SO}_4)_2 \cdot 12\text{H}_2\text{O}$ 、NaOH、Folin Ciocalteu 试剂,均为分析纯。

1.2 仪器与设备

ES-203HA 电子天平,长沙湘平科技发展有限公司;SF2000 电子数显卡尺,广陆数字测控股份有限公司;H1850R 高速冷冻离心机,湖南湘仪实验室仪器开发有限公司;DK-926 电热恒温水浴锅,上海森信实验仪器有限公司;CNT65 数显折射仪,仪斯特电子有限公司;KQ-250DB 型数控超声波清洗器,昆山市超声仪器有限公司;LC-2010C 高效液相色谱仪,上海智岩科学仪器有限公司;安捷伦 1260 高效液相色谱仪,安捷伦(中国)科技有限公司;EZ-SZ500N 型物性分析仪,岛津企业管理(中国)有限公司。

1.3 方 法

1.3.1 外观性状的测定 随机选取 13 个品种的全红期枣果各 20 个,用电子天平测定单果质量,用电子数显卡尺测定枣果的纵横径,用 EZ-SZ500N 型物性分析仪(探头直径 2 mm)测定果实硬度,探头探入深度为 7 mm,测定时果实均不去皮。果形指数以果实纵径与横径的比值表示。

1.3.2 可溶性固形物和 V_C 含量的测定 可溶性固形物含量采用数显折射仪测定,每个样品随机选取 10 个枣果进行测定。 V_C 含量根据 Huang 等^[17]的方法,使用 LC-2010C 高效液相色谱仪测定。样品准备需在低温、避光条件下进行,测定前用 0.22 μm 滤膜过滤。检测器为二极管阵列检测器,色谱柱为 C_{18} 反相柱,柱温 $35\text{ }^{\circ}\text{C}$ 。流动相为体积分数 0.05% 的磷酸水溶液-甲醇溶液($V(\text{甲醇}):V(\text{磷酸水溶液})=95:5$),进样量 10 μL ,流速 1 mL/min。每个样品均设置 3 个重复,根据样品峰面积和标准曲线计算各品种的含量。

1.3.3 糖酸提取及含量的测定 称取液氮研磨好的样品 0.5 g 于 10 mL 离心管中,加入 5 mL 超纯水,放入冰水混合物中保持低温,然后超声提取 30 min(功率 250 W),离心 10 min,取上清液,再将沉淀复溶,离心,合并上清液,于 $-80\text{ }^{\circ}\text{C}$ 保存待测^[14]。测定前,用 0.22 μm 滤膜过滤。可溶性糖含量采用蒽酮比色法测定^[15],可滴定酸含量采用酸碱滴定法测定^[16],糖组分(葡萄糖、果糖、蔗糖)和酸组分(柠

檬酸、苹果酸、琥珀酸、奎宁酸)含量分别使用 LC-2010C 和安捷伦 1260 高效液相色谱仪测定。糖组分测定条件为:检测器为 RI Detector (L-2490) 示差检测器,色谱柱为 $\text{NH}_2\text{-Ms}$ 柱,柱温 $35\text{ }^{\circ}\text{C}$,流动相为乙腈-水溶液($V(\text{乙腈}):V(\text{水})=80:20$),进样量 10 μL ,流速 1 mL/min;酸组分测定条件为:检测器为二极管阵列检测器,色谱柱为 C_{18} 反相柱,柱温 $30\text{ }^{\circ}\text{C}$,流动相为 0.04 mol/L KH_2PO_4 水溶液,用磷酸调节 pH 到 2.4,进样量 10 μL ,流速 0.5 mL/min。每个样品均设置 3 个重复,根据样品峰面积和标准曲线计算各组分的含量。

1.3.4 酚类物质提取及含量的测定 用盐酸-甲醇溶液($V(\text{甲醇}):V(\text{盐酸})=99:1$)提取总酚、总黄酮和原花青素。在称取液氮研磨好的 0.5 g 样品中加入 5 mL 的盐酸-甲醇提取液,避光超声 15 min(功率 250 W),置 $4\text{ }^{\circ}\text{C}$ 冰箱避光浸提 24 h,12 000 r/min 离心 15 min,吸取上清液,将沉淀复溶,离心,合并上清液待测。

总酚含量测定:使用 Folin-Ciocalteu 方法^[18],但稍有改动。取果实提取液 10 μL ,稀释 100 倍后加入 50 μL Folin Ciocalteu 试剂(用前 1:1 稀释),在离心管中摇匀,1 min 后加入质量分数 20% 饱和 Na_2CO_3 溶液 500 μL ,混匀,避光反应 2 h,以提取溶剂为对照,用分光光度计在 765 nm 波长下比色,测定吸光度,以没食子酸(50~1 000 mg/L)为标准,结果以没食子酸等价值表示。每个样品均设置 3 个重复。

总黄酮含量测定:按照 Jia 等^[19]的方法,但稍有改动。取果实提取液 40 μL ,稀释 20 倍,加入 50 μL NaNO_2 (0.5 mol/L),50 μL AlCl_3 (0.3 mol/L),离心管中振荡混匀。5 min 之后加 250 μL NaOH (1 mol/L),在 510 nm 下测定吸光度,以芦丁(20~100 mg/L)为标准,结果以芦丁等价值表示。每个样品均设置 3 个重复。

原花青素含量测定:按照香草醛-浓硫酸-甲醇试剂显色原理,用紫外分光光度法^[20]测定活性物质原花青素的含量。每个样品均设置 3 个重复。

1.3.5 数据分析与处理 试验数据采用 Excel 软件和 SPSS 22 软件进行处理及差异显著性分析,多重比较采用 Duncan's 法。

2 结果与分析

2.1 13 个鲜食枣品种外观性状的比较

由表 1 可知,全红期 13 个鲜食枣品种的单果质

量为 4.21~23.96 g,其中早脆王的单果质量最大(23.96 g),七月鲜(23.70 g)次之,第 3 是京 60(22.86 g),三者的单果质量与其余品种差异显著($P<0.05$),蜂蜜罐单果质量最小(4.21 g)。

由表 1 还可知,13 个鲜食枣品种的果实纵径为 21.05~47.44 mm,横径为 19.84~35.93 mm,其中七月鲜、早脆王、蛤蟆枣、京 60 和大白铃的果实较大,而蜂蜜罐和襄汾圆枣果实较小。13 个鲜食枣品

种的果形指数为 1.05~1.93,果实多为长圆形,其中柰奈枣、蛤蟆枣和灵武长枣果形指数在 1.50 以上,呈长形果,外观显著区别于其他品种。

由表 1 还可知,13 个鲜食枣品种的果实硬度为 5.60~8.49 N,硬度较大的有蛤蟆枣(8.49 N)、冷白玉(8.12 N)、襄汾圆枣(8.09 N)和阎良脆枣(7.95 N),而蜂蜜罐(5.60 N)、京 60 (5.66 N)和大白铃硬度(6.06 N)较小。

表 1 陕北 13 个鲜食枣品种的外观性状的比较

Table 1 Comparison of appearance characters of 13 fresh jujube cultivars in Northern Shaanxi

品种 Cultivar	单果质量/g Single fruit weight	纵径/mm Vertical	横径/mm Horizontal path	果形指数 Fruit shape index	硬度/N Hardness
七月鲜 Qiyuexian	23.70±3.47 a	43.43±2.09 b	35.93±2.40 a	1.22 fg	6.45±0.94 cd
伏脆蜜 Fucuiimi	14.44±1.89 d	32.56±1.53 f	30.48±1.82 e	1.07 j	6.85±7.80 c
早脆王 Zaocuiwang	23.96±2.33 a	41.51±1.88 cd	35.37±1.40 ab	1.17 gh	7.67±1.13 b
蜂蜜罐 Fengmiguan	4.21±0.43 g	21.05±1.32 h	19.84±0.64 i	1.06 j	5.60±0.80 e
柰奈枣 Gagazao	9.25±1.17 f	42.01±1.88 c	21.81±1.13 h	1.93 a	6.37±0.69 cd
襄汾圆枣 Xiangfenyuanzao	9.42±1.57 f	29.70±1.65 g	24.08±1.43 g	1.23 f	8.09±0.86 ab
阎良脆枣 Yanliangcuizao	15.39±2.16 d	33.55±2.10 f	31.97±1.50 d	1.05 j	7.95±1.65 ab
蛤蟆枣 Hamazao	19.20±1.21 bc	46.46±2.52 a	30.98±2.28 de	1.51 c	8.49±0.78 a
灵武长枣 Lingwuchangzao	14.52±1.87 d	44.43±2.59 b	26.82±1.50 f	1.66 b	7.81±1.17 b
京 60 Jing 60	22.86±2.74 a	47.44±2.15 a	34.29±1.87 bc	1.38 e	5.66±0.92 e
大白铃 Dabailing	20.14±2.43 b	40.22±2.14 d	34.71±1.74 ab	1.16 hi	6.06±1.04 de
冷白玉 Lengbaiyu	12.48±2.02 e	38.03±2.35 e	26.29±1.89 f	1.45 d	8.12±1.09 ab
临猗梨枣 Linyilizao	17.82±2.30 c	37.46±2.17 e	33.19±2.58 c	1.13 i	7.61±1.17 b

注:同列数据后标不同小写字母表示不同品种之间在 $P<0.05$ 水平差异显著。表 5,6,7 同。

Note:Different lowercase letters indicate significant difference at the $P<0.05$ level. The same for Table 5,6,7.

2.2 13 个鲜食枣品种主要营养成分的比较

枣品种果实成熟过程中可溶性固形物和 V_C 含量变

2.2.1 可溶性固形物和 V_C 含量 陕北 13 个鲜食

化见表 2。

表 2 陕北 13 个鲜食枣品种果实成熟过程中可溶性固形物和 V_C 含量的比较

Table 2 Comparison in soluble solids and vitamin C content during fruit ripening of 13 fresh jujube cultivars in Northern Shaanxi

品种 Cultivar	可溶性固形物含量/% Soluble solid content			V_C 含量/(mg·g ⁻¹) V_C content		
	白熟期 WMP	半红期 HRP	全红期 FRP	白熟期 WMP	半红期 HRP	全红期 FRP
七月鲜 Qiyuexian	11.58±0.77 c	14.53±1.42 b	21.91±1.27 a	1.89±0.03 b	1.78±0.05 c	2.08±0.05 a
伏脆蜜 Fucuiimi	16.35±1.49 c	22.81±1.49 b	25.62±1.28 a	2.20±0.13 b	2.58±0.16 a	2.39±0.14 ab
早脆王 Zaocuiwang	15.24±1.76 c	24.95±1.87 b	28.19±1.56 a	1.96±0.13 c	2.35±0.02 a	2.14±0.05 b
蜂蜜罐 Fengmiguan	18.06±1.26 c	24.82±1.21 b	28.70±1.54 a	2.68±0.23 b	3.08±0.07 a	2.49±0.19 b
柰奈枣 Gagazao	17.63±0.93 c	19.92±1.11 b	21.27±1.41 a	2.75±0.09 a	2.62±0.06 a	2.33±0.21 b
襄汾圆枣 Xiangfenyuanzao	17.15±1.24 c	22.43±0.96 b	28.22±1.37 a	3.33±0.22 a	2.45±0.17 b	2.69±0.03 b
阎良脆枣 Yanliangcuizao	19.96±1.43 c	24.08±1.51 b	27.58±1.93 a	2.16±0.05 a	1.88±0.02 b	1.82±0.03 b
蛤蟆枣 Hamazao	16.05±1.55 c	23.29±2.16 b	25.85±1.77 a	3.30±0.13 ab	3.56±0.16 a	3.04±0.15 b
灵武长枣 Lingwuchangzao	16.40±0.81 c	23.91±1.38 b	26.02±1.76 a	2.83±0.14 a	2.52±0.06 b	2.98±0.02 a
京 60 Jing 60	14.43±1.16 c	18.51±1.81 b	22.35±2.34 a	2.78±0.12 a	2.37±0.15 b	2.43±0.11 b
大白铃 Dabailing	14.29±2.95 c	18.45±1.72 b	23.25±1.98 a	2.10±0.09 ab	1.89±0.09 b	2.45±0.19 a
冷白玉 Lengbaiyu	19.63±2.15 c	25.93±1.59 b	29.65±2.32 a	3.15±0.18 a	2.97±0.14 a	3.07±0.11 a
临猗梨枣 Linyilizao	17.73±1.62 c	19.85±1.83 b	22.54±2.18 a	1.81±0.06 b	2.01±0.15 a	2.21±0.05 a

注:同行数据后标不同小写字母表示同一品种不同时期有显著性差异($P<0.05$)。表 3,4,8,9 同。

Note:Different lowercase letters indicate significant differences in same cultivar between different periods ($P<0.05$). The same for Table 3,4,8,9.

由表 2 可知,在枣果成熟过程中,13 个鲜食枣

品种的可溶性固形物含量从白熟期到全红期均显著

增加,说明在枣果成熟过程中,营养成分含量不断增加,果实品质不断提升,其变化范围为 11. 58%~29. 65%,含量最高的是处在全红期的冷白玉,最低的是处在白熟期的七月鲜。

由表 2 还可知,V_C 含量在枣果成熟过程中的变化规律不明显,13 个品种的 V_C 含量为 1. 78~3. 56

mg/g,V_C 含量最高的是半红期的蛤蟆枣,V_C 含量最低的是半红期的七月鲜。

2. 2. 2 可溶性糖和可滴定酸含量 陕北 13 个鲜食枣品种果实成熟过程中可溶性糖和可滴定酸含量及糖酸比见表 3 和表 4。

表 3 陕北 13 个鲜食枣品种果实成熟过程中可溶性糖和可滴定酸含量的比较

品 种 Cultivar	可溶性糖含量/(mg·g ⁻¹) Soluble sugar content			可滴定酸含量/(μg·g ⁻¹) Titratable acid content		
	白熟期 WMP	半红期 HRP	全红期 FRP	白熟期 WMP	半红期 HRP	全红期 FRP
七月鲜 Qiyuexian	145. 56±3. 20 c	208. 81±4. 08 b	244. 76±8. 78 a	3 482. 85±414. 20 a	3 558. 50±76. 15 a	2 706. 69±184. 71 b
伏脆蜜 Fucuimi	220. 06±3. 23 b	287. 31±7. 71 a	289. 21±3. 84 a	3 111. 70±90. 00 c	5 013. 94±76. 55 a	4 299. 44±64. 40 b
早脆王 Zaocuiwang	189. 35±3. 41 b	301. 54±14. 42 a	314. 89±4. 87 a	2 626. 47±104. 65 c	3 472. 38±115. 38 b	4 136. 00±58. 42 a
蜂蜜罐 Fengmiguan	212. 71±12. 79 b	279. 47±4. 03 a	282. 41±4. 75 a	3 247. 26±98. 25 b	5 116. 48±30. 51 a	5 121. 38±90. 46 a
柰柰枣 Gagazao	209. 14±6. 87 b	218. 46±3. 16 ab	222. 91±3. 38 a	3 882. 79±87. 46 b	6 165. 12±116. 90 a	3 951. 40±53. 97 b
襄汾圆枣 Xiangfenyuanzao	187. 97±4. 06 c	305. 00±11. 51 a	279. 04±2. 52 b	1 970. 42±88. 18 c	2 893. 57±90. 48 b	3 594. 32±84. 40 a
阎良脆枣 Yanliangcuizao	248. 59±14. 63 a	242. 35±3. 58 a	247. 99±5. 26 a	4 555. 30±298. 76 a	4 971. 59±280. 79 a	3 517. 21±66. 76 b
蛤蟆枣 Hamazao	200. 94±4. 73 b	283. 12±3. 73 a	279. 96±2. 93 a	2 590. 20±89. 99 b	3 997. 44±126. 53 a	4 136. 27±112. 37 a
灵武长枣 Lingwuchangzao	171. 62±8. 06 c	276. 15±7. 21 b	304. 91±4. 89 a	2 877. 97±266. 21 b	2 972. 10±451. 04 b	4 756. 64±10. 32 a
京 60 Jing 60	181. 62±8. 72 c	236. 34±9. 38 b	273. 14±1. 44 a	3 642. 85±66. 81 b	5 453. 37±133. 09 a	5 715. 16±219. 27 a
大白铃 Dabailing	202. 79±4. 52 b	212. 71±8. 96 b	227. 59±4. 45 a	1 614. 42±66. 32 c	1 884. 33±78. 89 b	2 393. 60±61. 91 a
冷白玉 Lengbaiyu	256. 72±14. 89 c	313. 06±6. 26 b	364. 72±1. 17 a	2 175. 42±74. 58 c	2 654. 47±79. 03 b	5 604. 03±269. 66 a
临猗梨枣 Linyilizao	227. 01±4. 49 b	237. 76±9. 05 b	259. 38±3. 88 a	2 620. 66±33. 40 b	2 472. 04±38. 86 b	3 575. 80±258. 46 a

表 4 陕北 13 个鲜食枣品种果实成熟过程中糖酸比的比较

品 种 Cultivar	糖酸比 Ratio of sugar and acid			品 种 Cultivar	糖酸比 Ratio of sugar and acid		
	白熟期 WMP	半红期 HRP	全红期 FRP		白熟期 WMP	半红期 HRP	全红期 FRP
七月鲜 Qiyuexian	41. 60 c	58. 00 b	90. 67 a	蛤蟆枣 Hamazao	77. 27 a	70. 77 b	68. 27 b
伏脆蜜 Fucuimi	71. 00 a	57. 46 b	67. 26 a	灵武长枣 Lingwuchangzao	59. 17 b	92. 03 a	63. 52 b
早脆王 Zaocuiwang	72. 81 b	86. 14 a	76. 80 b	京 60 Jing 60	50. 44 a	42. 96 b	47. 91 a
蜂蜜罐 Fengmiguan	66. 47 a	54. 80 b	55. 37 b	大白铃 Dabailing	126. 75 a	111. 95 b	94. 83 c
柰柰枣 Gagazao	53. 62 a	35. 24 b	55. 73 a	冷白玉 Lengbaiyu	116. 68 a	115. 96 a	65. 13 b
襄汾圆枣 Xiangfenyuanzao	94. 00 b	105. 17 a	77. 50 c	临猗梨枣 Linyilizao	87. 31 b	95. 12 a	72. 06 c
阎良脆枣 Yanliangcuizao	54. 04 b	48. 48 c	70. 86 a				

由表 3 可知,果实成熟过程中,13 个鲜食枣品种的可溶性糖含量为 145. 56~364. 72 mg/g,通过对成熟过程不同时期的比较可以看出,襄汾圆枣的

可溶性糖含量从白熟期到半红期显著增加,半红期到全红期显著下降;阎良脆枣在成熟过程中的可溶性糖含量先减少后增加,但差异不显著;蛤蟆枣半红

期含量高于其他两个时期,但与全红期差异不显著;其余 10 个品种在成熟过程中含量均持续增加。

由表 3 还可知,13 个鲜食枣的可滴定酸含量为 1 614.42~6 165.12 $\mu\text{g/g}$,从测定结果中可以看出,临猗梨枣从白熟期到半红期可滴定酸含量有所减少,半红期到全红期显著增加;七月鲜、伏脆蜜、柰奈枣和阎良脆枣 4 个品种的可滴定酸含量变化均是从白熟期到半红期增加,半红期到全红期又减少;而剩下 8 个品种的可滴定酸含量在成熟过程中均持续增加。

由表 4 还可知,13 个鲜食枣的糖酸比为 35.24~126.75,其中白熟期大白铃糖酸比最高(126.75),七月鲜最低(41.60);半红期冷白玉最高(115.96),柰奈枣最低(35.24);全红期大白铃最高(94.83),京 60 最低(47.91)。

2.2.3 可溶性糖的组分及含量 用 HPLC 法测定的 13 个鲜食枣果实可溶性糖中果糖、葡萄糖和蔗糖的分布情况,结果见表 5 和表 6。由表 5 和表 6 可以看出,随着果实的成熟,除大白铃外,其他品种果糖

与葡萄糖含量变化趋势一致;而蔗糖含量除柰奈枣和临猗梨枣外,其他品种均在不断增加。成熟过程中,13 个鲜食枣果实的果糖含量为 20.68~83.26 mg/g ,葡萄糖为 21.11~95.35 mg/g ,蔗糖含量为 6.65~111.76 mg/g 。

由表 5 和表 6 还可知,不同品种不同成熟时期糖组分含量不同,白熟期伏脆蜜、蜂蜜罐、阎良脆枣和灵武长枣 4 个品种的葡萄糖和果糖含量占 3 种糖含量的 90%以上;但随着果实的成熟,各组分所占比例发生了变化,如伏脆蜜蔗糖含量从白熟期占总糖含量的 8%到全红期达到 50%,变化最为明显;除柰奈枣、阎良脆枣、冷白玉和临猗梨枣外,其他品种的蔗糖含量占比均呈增加趋势。

由表 5 和表 6 还可知,根据成熟过程中的可溶性糖含量变化,到果实全红期,早脆王、蜂蜜罐、阎良脆枣和临猗梨枣 4 个品种的葡萄糖与果糖含量占糖组分比例达到 65%以上,属于单糖积累型;其余 9 个品种蔗糖含量占糖组分比例最高,属于蔗糖积累型^[21]。

表 5 陕北 13 个鲜食枣品种果实成熟过程中果糖和葡萄糖含量的比较
Table 5 Comparison of fructose and glucose content during fruit ripening of 13 fresh jujube cultivars in Northern Shaanxi

品种 Cultivar	果糖 Fructose			葡萄糖 Glucose		
	白熟期 WMP	半红期 HRP	全红期 FRP	白熟期 WMP	半红期 HRP	全红期 FRP
七月鲜 Qiyuexian	24.82±1.17 f	39.06±0.58 e	67.84±5.32 b	29.94±2.29 gh	36.90±1.07 ef	54.43±2.25 de
伏脆蜜 Fucuimi	60.29±4.02 b	69.55±8.77 b	36.90±3.25 def	59.67±3.53 bc	67.41±9.87 b	45.28±3.52 fg
早脆王 Zaocuiwang	35.77±1.13 e	49.07±1.98 cde	54.71±1.65 b	44.24±1.67 ef	58.68±2.57 bc	60.04±4.18 cd
蜂蜜罐 Fengmiguan	46.72±2.54 cd	99.70±1.19 a	76.58±4.90 a	45.42±1.63 def	95.35±7.72 a	69.69±4.05 b
柰奈枣 Gagazao	20.68±0.75 f	46.05±6.69 cde	33.86±4.38 def	21.11±0.87 h	40.72±6.44 cdef	32.19±5.40 i
襄汾圆枣 Xiangfenyuanzao	38.83±3.54 de	69.92±7.42 b	32.03±1.03 ef	34.88±2.98 fg	72.63±2.77 b	37.18±1.57 ghi
阎良脆枣 Yanliangcuizao	76.41±1.07 a	48.18±4.23 cde	81.58±6.21 a	71.63±0.98 ab	56.77±4.73 bcd	77.76±6.19 a
蛤蟆枣 Hamazao	53.88±3.57 bc	65.82±6.64 b	42.17±0.70 d	49.13±4.41 de	64.45±6.25 b	49.09±1.01 ef
灵武长枣 Lingwuchangzao	70.46±7.48 b	76.19±0.55 b	34.93±5.25 def	62.52±3.84 bc	73.88±0.72 b	42.27±7.38 fgh
京 60 Jing 60	34.47±1.08 e	54.95±6.47 bcd	29.01±1.87 f	34.95±3.60 fg	52.05±8.33 bcde	32.57±2.45 i
大白铃 Dabailing	54.14±2.77 bc	57.57±4.19 bc	29.07±1.87 f	56.61±2.66 cde	54.54±4.2 bcde	35.87±3.15 hi
冷白玉 Lengbaiyu	83.26±7.46 a	40.90±5.64 de	52.74±2.06 c	83.62±3.20 a	39.78±0.56 def	64.84±2.57 bc
临猗梨枣 Linyilizao	60.34±2.97 b	23.69±2.94 f	39.40±3.86 de	57.94±3.11 cd	29.04±3.71 f	41.53±5.41 fgh

2.2.4 有机酸的组分及含量 用 HPLC 法测定 13 个鲜食枣不同成熟期果实中的苹果酸、柠檬酸、琥珀酸和奎宁酸含量,结果(表 7)发现,果实进入成熟期后,不同品种有机酸组分的变化并不相同。13 个鲜

食枣果实的奎宁酸含量为 438.88~2 390.21 $\mu\text{g/g}$,其变化趋势可分为 3 类:七月鲜、早脆王、柰奈枣、蛤蟆枣、灵武长枣和大白铃等 6 个品种均呈持续下降趋势,伏脆蜜、蜂蜜罐、阎良脆枣、京 60、冷白玉和临

猗梨枣等 6 个品种均呈先下降再上升趋势,襄汾圆枣呈持续上升趋势。13 个鲜食枣果实的苹果酸含量为 72.40~1 706.93 $\mu\text{g/g}$,其中柰柰枣和灵武长枣的苹果酸含量呈先上升再下降趋势,阎良脆枣、冷白玉和临猗梨枣的苹果酸含量呈先下降再上升趋势,其余 8 个品种的苹果酸含量均呈持续上升趋势。13 个鲜食枣果实的柠檬酸含量为 35.30~927.91 $\mu\text{g/g}$,其中七月鲜、早脆王、蜂蜜罐、柰柰枣和冷白

玉的柠檬酸含量先上升再下降,伏脆蜜、襄汾圆枣和阎良脆枣在成熟过程中柠檬酸含量不断上升,蛤蟆枣和京 60 在成熟过程中柠檬酸含量不断下降,灵武长枣、大白铃和临猗梨枣的柠檬酸含量先下降又上升。13 个鲜食枣果实的琥珀酸含量为 392.75~2 309.28 $\mu\text{g/g}$,除伏脆蜜和京 60 外,其余品种在成熟过程中琥珀酸含量均不断下降。

表 6 陕北 13 个鲜食枣品种果实成熟过程中蔗糖含量的比较

Table 6 Comparison of sucrose content during fruit ripening of 13 fresh jujube cultivars in Northern Shaanxi				mg/g			
品种 Cultivar	蔗糖 Sucrose			品种 Cultivar	蔗糖 Sucrose		
	白熟期 WMP	半红期 HRP	全红期 FRP		白熟期 WMP	半红期 HRP	全红期 FRP
七月鲜 Qiyuexian	25.04±0.80 cd	37.22±2.10 cd	74.35±2.04 b	蛤蟆枣 Hamazao	21.98±1.39 d	54.52±3.75 b	80.01±2.28 b
伏脆蜜 Fucuimi	11.61±0.57 e	26.07±3.87 e	83.27±5.51 b	灵武长枣 Lingwu-changzao	6.65±1.48 ef	30.03±6.38 cde	62.52±7.76 c
早脆王 Zaocuiwang	30.44±0.96 bc	54.19±3.35 b	58.20±4.82 c	京 60 Jing 60	12.52±2.31 e	31.01±4.62 cde	53.07±3.39 c
蜂蜜罐 Fengmiguan	10.00±1.44 e	34.95±5.28 cde	57.26±4.78 c	大白铃 Dabailing	34.62±4.05 b	38.88±2.69 c	73.27±2.92 b
柰柰枣 Gagazao	54.32±3.55 a	51.57±6.43 b	77.63±2.84 b	冷白玉 Lengbaiyu	24.77±3.49 d	75.73±5.85 a	78.48±3.38 b
襄汾圆枣 Xiangfe-nyuanzao	26.76±4.29 cd	69.62±9.56 a	111.76±3.18 a	临猗梨枣 Linyilizao	28.53±5.43 bc	52.58±7.71 b	40.84±3.23 d
阎良脆枣 Yanliang-cuizao	2.83±0.31 f	28.60±2.92 de	31.26±3.06 e				

表 7 陕北 13 个鲜食枣品种果实成熟过程中有机酸组成的比较

Table 7 Comparison of organic acid composition during fruit ripening of 13 fresh jujube varieties in Northern Shaanxi						$\mu\text{g/g}$	
成熟时期 Fruit ripening	品种 Cultivar	奎宁酸 Quinic acid	苹果酸 Malic acid	柠檬酸 Citric acid	琥珀酸 Succinic acid		
白熟期 WMP	七月鲜 Qiyuexian	2 005.17±30.75 b	266.85±14.74 i	69.45±5.79 j	1 111.69±23.26 h		
	伏脆蜜 Fucuimi	1 152.34±11.88 f	310.62±6.15 h	394.47±14.54 c	1 965.18±46.27 c		
	早脆王 Zaocuiwang	836.00±5.64 h	579.21±9.36 cd	198.47±3.33 fg	2 309.28±48.96 a		
	蜂蜜罐 Fengmiguan	1 403.47±40.15 d	640.85±26.90 b	209.23±9.82 f	1 127.88±60.61 h		
	柰柰枣 Gagazao	565.94±23.76 i	570.68±13.31 cd	324.19±1.95 d	1 823.04±30.05 d		
	襄汾圆枣 Xiangfenyuanzao	454.59±8.95 j	363.14±4.47 g	118.92±12.13 i	1 014.93±16.99 i		
	阎良脆枣 Yanliangcuizao	2 390.21±50.6 a	817.84±3.81 a	68.90±7.60 j	1 726.57±21.38 e		
	蛤蟆枣 Hamazao	2 004.17±20.73 b	553.78±3.91 d	595.98±3.06 b	1 518.56±21.95 f		
	灵武长枣 Lingwuchangzao	1 725.27±20.38 c	486.04±4.06 e	171.51±4.93 gh	1 673.23±47.46 e		
	京 60 Jing 60	955.88±69.61 g	486.87±8.43 e	289.75±16.85 e	1 871.55±39.46 d		
	大白铃 Dabailing	1 305.45±78.18 e	376.01±24.51 g	150.59±4.20 hi	1 295.65±43.72 g		
半红期 HRP	冷白玉 Lengbaiyu	948.93±45.87 g	434.55±6.27 f	142.97±2.64 hi	866.67±22.71 j		
	临猗梨枣 Linyilizao	1 273.08±39.04 e	584.05±28.98 c	927.91±61.17 a	2 167.74±67.35 b		
	七月鲜 Qiyuexian	1 554.44±63.69 b	303.31±28.42 g	533.54±20.36 b	902.89±10.11 f		
	伏脆蜜 Fucuimi	869.35±8.15 f	483.88±4.21 f	407.43±11.87 d	2 073.99±10.43 a		
	早脆王 Zaocuiwang	800.82±26.85 f	693.15±12.15 c	242.42±3.48 g	1 017.88±37.75 e		
	蜂蜜罐 Fengmiguan	1 280.98±16.78 d	924.04±36.25 a	370.64±6.86 e	820.15±28.61 g		
	柰柰枣 Gagazao	540.31±46.01 g	650.44±3.99 cd	332.16±9.44 f	1 454.26±12.17 b		
	襄汾圆枣 Xiangfenyuanzao	479.54±18.82 g	564.55±36.58 e	136.18±19.29 h	675.77±45.47 h		
	阎良脆枣 Yanliangcuizao	1 422.56±83.32 c	673.09±32.88 d	409.97±13.69 d	944.80±16.98 f		
	蛤蟆枣 Hamazao	1 761.59±59.25 a	642.72±21.57 d	437.91±11.41 c	1 229.80±46.44 c		
	灵武长枣 Lingwuchangzao	1 246.97±74.67 d	811.08±57.54 b	59.26±6.45 j	668.39±33.53 h		
	京 60 Jing 60	833.81±29.35 f	516.20±1.30 ef	248.25±2.32 g	2 014.84±5.37 a		

表 7(续) Contiuned table 7

成熟时期 Fruit ripening	品种 Cultivar	奎宁酸 Quinic acid	苹果酸 Malic acid	柠檬酸 Citric acid	琥珀酸 Succinic acid
半红期 HRP	大白铃 Dabailing	1 251.90±75.18 d	551.06±21.36 e	105.25±3.73 i	1 124.27±36.59 d
	冷白玉 Lengbaiyu	863.08±30.91 f	72.40±7.82 h	784.15±35.73 a	839.61±68.79 g
	临猗梨枣 Linyilizao	1 081.07±40.49 e	547.23±29.72 e	76.99±1.84 j	1 251.91±56.13 c
全红期 FRP	七月鲜 Qiyuexian	1 508.66±22.82 b	665.42±13.84 g	93.30±9.35 h	636.89±15.11 f
	伏脆蜜 Fucuimi	956.36±1.29 e	821.40±5.94 e	422.90±20.11 c	1 169.27±6.56 b
	早脆王 Zaocuiwang	573.26±5.09 f	1 026.55±19.61 c	185.15±4.34 f	521.33±6.32 hi
	蜂蜜罐 Fengmiguan	1 340.98±57.36 c	1 322.03±18.82 b	216.16±5.81 e	392.75±11.40 k
	柰柰枣 Gagazao	438.88±37.66 g	522.29±28.03 h	211.21±34.42 ef	811.27±58.09 d
	襄汾圆枣 Xiangfenyuanzao	537.96±34.86 f	675.46±8.94 g	779.72±4.11 a	564.75±62.25 gh
	阎良脆枣 Yanliangcuizao	1 870.71±70.19 a	914.85±52.91 d	498.90±14.79 b	470.35±52.96 ij
	蛤蟆枣 Hamazao	1 367.84±46.85 c	1 706.93±31.33 a	35.30±2.55 i	600.38±32.62 fg
	灵武长枣 Lingwuchangzao	1 018.58±50.26 de	773.35±15.18 ef	134.06±2.26 g	451.88±14.13 j
	京 60 Jing 60	1 005.57±58.09 e	987.40±18.61 c	223.11±14.18 de	1 547.28±49.49 a
	大白铃 Dabailing	1 005.91±57.82 e	738.52±47.15 f	111.52±3.37 gh	588.71±18.63 fg
	冷白玉 Lengbaiyu	1 000.64±7.48 e	1 007.85±24.90 c	138.55±3.66 g	699.06±24.48 e
	临猗梨枣 Linyilizao	1 090.37±34.38 d	579.47±88.33 h	249.37±35.84 d	986.75±25.97 c

2.3 13 个鲜食枣品种总酚、总黄酮和原花青素含量的比较

由表 8 可知,在果实成熟过程中,13 个鲜食枣果实的总酚含量为 1.72~7.16 mg/g,总酚含量最高的是处在白熟期的蛤蟆枣,最低的是全红期的阎

良脆枣。从变化趋势来看,冷白玉的总酚含量从白熟期到半红期显著下降,半红期到全红期总酚含量变化不显著;其余 12 个品种在枣果成熟过程中总酚含量均不断下降,且除伏脆蜜、蜂蜜罐和临猗梨枣外,其他品种在不同成熟期均呈显著下降趋势。

表 8 陕北 13 个鲜食枣品种果实 在 3 个果实成熟阶段的总酚和总黄酮含量的比较

品种 Cultivar	总酚 Total phenols			总黄酮 Total flavonoids		
	白熟期 WMP	半红期 HRP	全红期 FRP	白熟期 WMP	半红期 HRP	全红期 FRP
七月鲜 Qiyuexian	5.25±0.10 a	4.46±0.11 b	2.11±0.04 c	1.01±0.03 c	1.56±0.02 b	2.26±0.04 a
伏脆蜜 Fucuimi	3.59±0.14 a	3.46±0.13 a	2.38±0.06 b	4.26±0.12 a	2.57±0.03 b	0.53±0.01 c
早脆王 Zaocuiwang	4.83±0.13 a	2.37±0.10 b	1.95±0.10 c	0.48±0.01 b	1.76±0.03 a	0.40±0.02 c
蜂蜜罐 Fengmiguan	5.72±0.13 a	5.62±0.20 a	2.95±0.08 b	2.66±0.01 a	1.97±0.06 b	1.08±0.02 c
柰柰枣 Gagazao	5.69±0.12 a	5.44±0.10 b	3.23±0.05 c	5.24±0.13 a	0.61±0.02 c	1.17±0.01 b
襄汾圆枣 Xiangfenyuanzao	5.01±0.14 a	4.63±0.18 b	2.82±0.07 c	4.78±0.15 a	3.90±0.05 b	1.08±0.02 c
阎良脆枣 Yanliangcuizao	4.97±0.13 a	3.21±0.02 b	1.72±0.12 c	5.32±0.22 a	1.51±0.03 b	1.46±0.01 b
蛤蟆枣 Hamazao	7.16±0.09 a	4.75±0.20 b	3.92±0.02 c	1.21±0.01 c	2.09±0.02 a	1.74±0.01 b
灵武长枣 Lingwuchangzao	5.55±0.26 a	4.19±0.03 b	2.92±0.13 c	8.32±0.11 a	3.40±0.05 b	0.73±0.04 c
京 60 Jing 60	5.87±0.08 a	3.08±0.06 b	2.41±0.12 c	5.29±0.05 a	1.28±0.01 b	0.60±0.03 c
大白铃 Dabailing	4.34±0.09 a	4.14±0.11 b	2.81±0.02 c	2.72±0.01 b	4.83±0.07 a	2.14±0.07 c
冷白玉 Lengbaiyu	6.08±0.10 a	3.72±0.12 b	3.74±0.08 b	4.27±0.06 a	0.83±0.03 c	1.62±0.03 b
临猗梨枣 Linyilizao	3.86±0.17 a	2.97±0.16 b	2.67±0.07 b	4.27±0.06 a	3.19±0.09 b	0.91±0.03 c

由表 8 还可知,13 个鲜食枣果实的总黄酮含量为 0.40~8.32 mg/g,含量最高的是白熟期的灵武长枣,最低的是全红期的早脆王。不同成熟期相比,七月鲜的总黄酮含量在成熟过程中均表现出显著增加趋势;早脆王、蛤蟆枣和大白铃的总黄酮含量从白熟期到半红期显著增加,到全红期又显著下降;而柰柰枣和冷白玉的总黄酮含量从白熟期到半红期显著下降,再到全红期显著增加;其余 7 个品种的总黄酮

含量均不断下降。

由表 9 可知,供试 13 个鲜食枣果实的原花青素含量为 0.53~3.56 mg/g,其中含量最高的是白熟期的蛤蟆枣,最低的是全红期的早脆王。从变化趋势来看,与白熟期相比,全红期 13 个品种的原花青素含量均显著下降,除七月鲜和柰柰枣外,其余 11 个品种的原花青素含量在不同成熟期均有显著差异。

表 9 陕北 13 个鲜食枣品种果实 3 个果实成熟阶段原花青素含量的比较

Table 9 Comparison of proanthocyanidins in three ripening stages of 13 fresh jujube fruit cultivars in Northern Shaanxi mg/g

品种 Cultivar	原花青素 Proanthocyanidins			品种 Cultivar	原花青素 Proanthocyanidins		
	白熟期 WMP	半红期 HRP	全红期 FRP		白熟期 WMP	半红期 HRP	全红期 FRP
七月鲜 Qiyuexian	2.76±0.11 a	2.58±0.21 a	1.04±0.20 b	蛤蟆枣 Hamazao	3.56±0.19 a	1.97±0.16 b	1.07±0.05 c
伏脆蜜 Fucuimi	1.87±0.05 a	1.43±0.06 b	0.65±0.06 c	灵武长枣 Lingwuchangzao	2.73±0.09 a	1.70±0.09 b	1.16±0.02 c
早脆王 Zaocuiwang	2.28±0.04 a	1.07±0.01 b	0.53±0.01 c	京 60 Jing 60	2.67±0.06 a	1.51±0.03 b	0.78±0.01 c
蜂蜜罐 Fengmiguan	2.61±0.06 a	1.76±0.07 b	0.89±0.03 c	大白铃 Dabailing	2.69±0.04 a	2.23±0.13 b	1.45±0.07 c
杂杂枣 Gagazao	2.65±0.09 a	2.56±0.04 a	1.47±0.05 b	冷白玉 Lengbaiyu	3.02±0.06 a	2.01±0.02 b	1.12±0.02 c
襄汾圆枣 Xiangfenyuanzao	2.20±0.06 a	1.83±0.04 b	0.92±0.06 c	临猗梨枣 Linyilizao	2.19±0.07 a	1.52±0.04 b	1.25±0.05 c
阎良脆枣 Yanliangcuizao	2.19±0.02 a	1.27±0.01 b	0.53±0.03 c				

3 讨论与结论

3.1 鲜食枣果实成熟过程中外观与品质的变化

本研究中,就外观性状来看,早脆王、七月鲜、蛤蟆枣、京 60 和大白铃的果实大、外形好,蜂蜜罐和襄汾圆枣的果实较小。在枣果实成熟过程中,可溶性固形物含量均显著增加;可溶性糖含量除襄汾圆枣、蛤蟆枣和阎良脆枣外,其余 10 个品种也不断增加;七月鲜、伏脆蜜、杂杂枣和阎良脆枣 4 个品种的可滴定酸含量变化均是先升高再降低,而临猗梨枣的可滴定酸含量变化为先降低后升高,其他 8 个品种的可滴定酸含量在成熟过程中均持续增加。由此可见,枣果实成熟过程中的营养成分含量大部分都呈上升趋势。研究发现,苹果、梨和草莓的糖积累类型主要为果糖积累型^[22-24],而桃、柑橘和龙眼为蔗糖积累型^[25-27]。赵爱玲等^[6]对山西 20 个枣品种测定发现,90%的品种属于蔗糖积累型,其余的品种为果糖积累型。本研究的 13 个鲜食枣品种中,9 个品种属于蔗糖积累型,4 个为单糖(果糖或葡萄糖)积累型,说明糖积累类型在不同果实和不同品种间存在差异,这主要与果实糖代谢有关^[28]。研究发现,苹果和桃中主要有有机酸为苹果酸^[22,25],而柑橘中的有机酸主要是柠檬酸^[29];枣果中的有机酸属苹果酸优势型,但也存在琥珀酸含量很高的品种^[6]。Gao 等^[30]对榆林 10 个枣品种有机酸测定发现,不同品种间存在差异。本研究发现,除伏脆蜜、杂杂枣和京 60 琥珀酸含量较高外,其余品种在成熟后期奎宁酸和苹果酸含量占比较高,与赵爱玲等^[6]和 Gao 等^[30]的结论不完全一致,其原因可能是测定样品时的提取方法不同,也可能是品种和栽培区域存在差异所致。

糖酸比是决定果实风味的主要指标,可将不同时期的糖酸比作为参考来评价果实风味。本研究

中,如七月鲜糖酸比在全红期较白熟期和半红期糖酸比大,而伏脆蜜糖酸比在白熟期较另两个时期大,襄汾圆枣则在半红期糖酸比最大,因此可以根据每个品种不同时期的糖酸比大小来为生产上成熟采收期提供参考,为消费者的选择提供依据。

3.2 鲜食枣果实成熟过程中功能成分的变化

前人对金丝小枣发育过程中酚类物质的研究发现,果皮和果肉的总酚和总黄酮含量在绿熟期最高,随着果实成熟不断下降,而果皮中的含量始终高于果肉^[31]。前人对冬枣果皮酚类的研究发现,青绿枣皮总酚含量最高,青红果皮原花青素含量最高,黄白阶段总黄酮含量最高^[32]。本研究发现,随着果实的成熟,除冷白玉外,其余 12 个品种的总酚含量不断下降,而 13 个品种的原花青素含量均不断下降,总黄酮含量的变化无明显规律,说明不同品种酚类物质的含量变化不同,除个别品种,总酚和原花青素含量的变化趋势基本一致。

综上所述,鲜食枣外观性状和内在品质是其品质的重要评价指标,外观性状包括单果质量、果形指数和硬度,内在品质包括可溶性固形物、可溶性糖、可滴定酸和 V_C 等。综合果实品质、风味和丰产性,蛤蟆枣、京 60、七月鲜、伏脆蜜、蜂蜜罐和襄汾圆枣适宜在陕北栽培,适宜全红期采收的品种有蛤蟆枣和灵武长枣,其余品种适宜半红期采收。

[参考文献]

[1] 曲泽洲,王永惠. 中国果树志·枣卷 [M]. 北京:中国林业出版社,1993.
Qu Z Z, Wang Y H. Chinese fruit tree record: Chinese jujube [M]. Beijing: China Forestry Publishing House, 1993.

[2] 李新岗,王长柱. 中国枣产业 [M]. 北京:中国林业出版社, 2015:17-19.
Li X G, Wang C Z. Chinese jujube industry [M]. Beijing: China

Forestry Publishing House,2015:17-19.

[3] 张艳红. 红枣中营养成分测定及质量评价 [D]. 乌鲁木齐:新疆大学,2007.

Zhang Y H. Determination and quality assessment of nutrients in *Zizyphus jujuba date* [D]. Urumchi: Xinjiang University, 2007.

[4] Liu D, Ye X, Jiang Y. Chinese dates; a traditional functional food [M]. Boca Raton: CRC, Taylor & Francis Group, 2016: 13-20.

[5] 姚改芳, 张绍铃, 吴俊, 等. 10 个不同系统梨品种的可溶性糖与有机酸组分含量分析 [J]. 南京农业大学学报, 2011, 34(5): 25-31.

Yao G F, Zhang S L, Wu J, et al. Analysis of components and contents of soluble sugars and organic acids in ten cultivars of pear by high performance liquid chromatography [J]. Journal of Nanjing Agricultural University, 2011, 34(5): 25-31.

[6] 赵爱玲, 薛晓芳, 王永康, 等. 枣果实糖酸组分特点及不同发育阶段含量的变化 [J]. 园艺学报, 2016, 43(6): 1175-1185.

Zhao A L, Xue X F, Wang Y K, et al. The sugars and organic acids composition in fruits of different Chinese jujube cultivars of different development stages [J]. Acta Horticulturae Sinica, 2016, 43(6): 1175-1185.

[7] 彭艳芳, 刘孟军, 赵仁邦, 等. 枣果实发育过程中游离单糖含量动态研究 [J]. 河北农业大学学报, 2008(2): 48-51.

Peng Y F, Liu M J, Zhao R B, et al. Variations of the contents of dissoluble monosaccharides during fruit development of *Zizyphus jujuba* Mill [J]. Journal of Hebei Agricultural University, 2008(2): 48-51.

[8] 孙延芳, 梁宗锁, 杨开宝, 等. 高效液相色谱法分析酸枣中的有机酸和维生素 C [J]. 黑龙江农业科学, 2011(8): 80-82.

Sun Y F, Liang Z S, Yang K B, et al. Analysis of organic acids and V_C in sour jujube by high performance liquid chromatography [J]. Heilongjiang Agricultural Sciences, 2011(8): 80-82.

[9] 樊保国. 枣果的功能因子与保健食品的研究进展 [J]. 食品科学, 2005(9): 569-573.

Fan B G. Research status of function factors and health food of *Zizyphus jujuba* [J]. Food Science, 2005(9): 569-573.

[10] 鲁周民, 刘坤, 闫忠心, 等. 枣果实营养成分及保健作用研究进展 [J]. 园艺学报, 2010, 37(12): 2017-2024.

Lu Z M, Liu K, Yan Z X, et al. Research status of nutrient component and health functions of *Zizyphus jujuba* Mill [J]. Acta Horticulturae Sinica, 2010, 37(12): 2017-2024.

[11] 张上隆, 陈昆松. 果实品质形成与调控的分子生物学 [M]. 北京: 中国农业出版社, 2007: 67-99.

Zhang S L, Chen K S. Molecular physiology of fruit quality development and regulation [M]. Beijing: China Agriculture Press, 2007: 67-99.

[12] 王春生, 李建华, 王永勤, 等. 鲜枣采后生理及贮藏研究进展 [J]. 果树学报, 1999, 16(3): 75-79.

Wang C S, Li J H, Wang Y Q, et al. Advance of study on post-harvest physiology and storage of fresh jujube [J]. Journal of Fruit Science, 1999, 16(3): 75-79.

[13] 彭艳芳. 枣果营养成分分析与冬枣货架期保鲜研究 [D]. 河北保定: 河北农业大学, 2003: 7-10.

Peng Y F. Study on fruit nutrition and shelf life of Chinese jujube (*Zizyphus jujuba* Mill.) [D]. Baoding, Hebei: Hebei Agricultural University, 2003: 7-10.

[14] Zhang Z, Huang J, Li X. Transcript analyses of ethylene pathway genes during ripening of Chinese jujube fruit [J]. Journal of Plant Physiology, 2018, 224/225: 1-10.

[15] 高俊凤. 植物生理学实验指导 [M]. 北京: 高等教育出版社, 2006: 144-147.

Gao J F. Experimental guidance for plant physiology [M]. Beijing: Higher Education Press, 2006: 144-147.

[16] 曹建康, 姜微波. 果蔬采后生理生化实验指导 [M]. 北京: 中国轻工业出版社, 2007: 28-30.

Cao J K, Jiang W B. Experiment guidance of postharvest physiology and biochemistry of fruits and vegetables [M]. Beijing: China Light Industry Press, 2007: 28-30.

[17] Huang M, Xu Q, Deng X X. L-ascorbic acid metabolism during fruit development in an ascorbate-rich fruit crop chestnut rose (*Rosa roxburghii* Tratt.) [J]. Journal of Plant Physiology, 2014, 171(14): 1205.

[18] Singleton V L, Rossi J A. Colorimetry of total phenolics with phosphomolybdic-phosphotungstic acid reagents [J]. American Journal of Enology and Viticulture, 1965, 16(3): 144-158.

[19] Jia Z, Tang M, Wu J. The determination of flavonoid contents in mulberry and their scavenging effects on superoxide radicals [J]. Food Chemistry, 1999, 64(4): 555-559.

[20] 赵平, 宋学娟. 葡萄籽原花青素含量测定 [J]. 煤炭与化工, 2007, 30(1): 46-48.

Zhao P, Song X J. Measure of grape seed procyanidins using acidified vanillin [J]. Coal and Chemical Industry, 2007, 30(1): 46-48.

[21] 郑丽静, 聂继云, 闫震. 糖酸组分及其对水果风味的影响研究进展 [J]. 果树学报, 2015, 32(2): 304-312.

Zheng L J, Nie J Y, Yan Z. Advances in research on sugars, organic acids and their effects on taste of fruits [J]. Journal of Fruit Science, 2015, 32(2): 304-312.

[22] Krasnova I, Seglina D, Kviesis J, et al. Polyphenolic, vitamin C and sugar profile of apple cultivars grown in Latvia [J]. Acta Horticulturae, 2012, 981: 613-618.

[23] 姚改芳, 张绍铃, 曹玉芬, 等. 不同栽培种梨果实中可溶性糖组分及含量特征 [J]. 中国农业科学, 2010, 43(20): 4229-4237.

Yao G F, Zhang S L, Cao Y F, et al. Characteristics of components and contents of soluble sugars in pear fruits from different species [J]. Scientia Agricultura Sinica, 2010, 43(20): 4229-4237.

[24] Akhatou I, Fernandez R Á. Influence of cultivar and culture system on nutritional and organoleptic quality of strawberry [J]. J Sci Food Agric, 2014, 94(5): 866-875.

sion confers intensive dwarfing in the M26 rootstock of apple by directly inhibiting brassinosteroid synthetase *MdDWF4* expression [J]. *New Phytologist*,2018,217(3):1086-1098.

[20] 张谷雄,胡国谦,王 宁,等. 柑桔矮生和矮化效应预选指标的研究 [J]. *南京农业大学学报*,1987,10(3):37-42.

Zhang G X,Hu G Q,Wang N,et al. Studies on the indices of dwarfing effect in citrus rootstock [J]. *Journal of Nanjing Agricultural University*,1987,10(3):37-42.

[21] 董翠翠. 三种柑橘砧木及其嫁接苗矮化性状相关参数研究 [D]. 重庆:西南大学,2017.

Dong C C. Study on related parameters of dwarfing traits of three kinds of citrus rootstocks and their grafted seedlings [D]. *Chongqing:Southwest University*,2017.

[22] 张玉兰,杨焕之. 枝叶解剖构造、过氧化物酶活性与山楂属种、株型生长势关系 [J]. *内蒙古农牧学院学报*,1999,20(1):46-51.

Zhang Y L,Yang H Z. Relations on and anatomic structure of shoot and leaf and peroxidase activity to growth potential of *Crataegus* species and growth-type [J]. *Journal of Inner Mongolia Institute of Agriculture & Animal Husbandry*,1999,20(1):46-51.

[23] 王宏伟. 甜樱桃矮化砧木矮化机理解剖学研究 [J]. *山东农业大学学报(自然科学版)*,2004,35(2):298-300.

Wang H W. Anatomic study on dwarf mechanism of sweet cherry dwarf rootstocks [J]. *Journal of Shandong Agricultural University(Natural Science)*,2004,35(2):298-300.

[24] 陈 静. 苹果树枝条解剖结构与生长势的关系 [J]. *中国农学通报*,1998,14(4):47.

Chen J. Correlation on anatomy structure of apple branch and vigor [J]. *Chinese Agricultural Science Bulletin*,1998,14(4):47.

[25] 王成霞,李培环,王永章,等. 桃树枝条的解剖结构与树体矮化的相关性研究 [J]. *莱阳农学院学报(自然科学版)*,2006,23(3):185-188.

Wang C X,Li P H,Wang Y Z,et al. Studies on the correlation of anatomical structure and dwarf of peach branches [J]. *Journal of Laiyang Agricultural College((Natural Science)*,2006,23(3):185-188.

[26] Lockard R Q,Schneider G W. Stock and scion growth relationships and the dwarfing mechanism in apple [J]. *Horticultural Reviews*,1981,3:315-354.

[27] 贾敬贤,陈长兰. 梨中间砧 PDR54 的矮化效应及其矮化机制的探讨 [J]. *中国果树*,1991(1):25-28.

Jia J X,Chen C L. Study on dwarf effect of pear interstock PDR54 and dwarfing mechanism [J]. *Chinese Fruit*,1991(1):25-28.

(上接第 138 页)

[25] 牛 景,赵剑波,吴本宏,等. 不同来源桃种质果实糖酸组分含量特点的研究 [J]. *园艺学报*,2006,33(1):6-11.

Niu J,Zhao J B,Wu B H,et al. Sugar and acid contents in peach and nectarine derived from different countries and species [J]. *Acta Horticulturae Sinica*,2006,33(1):6-11.

[26] Bermejo A,Cano A. Analysis of nutritional constituents in twenty citrus cultivars from the Mediterranean Area at different stages of ripening [J]. *Food & Nutrition Sciences*,2012,3(5):639-650.

[27] 胡志群,李建光,王惠聪. 不同龙眼品种果实品质和糖酸组分分析 [J]. *果树学报*,2006(4):568-571.

Hu Z Q,Li J G,Wang H C. Analysis of fruit sugar and acid compositions in the aril of different longan cultivars [J]. *Journal of Fruit Science*,2006(4):568-571.

[28] Zhang C M,Bian Y,Hou S,et al. Sugar transport played a more important role than sugar biosynthesis in fruit sugar accumulation during Chinese jujube domestication [J]. *Planta*,2018(248):1187-1199.

[29] 曾祥国. 不同种类和产区柑橘糖酸含量及组成研究 [D]. 武汉:华中农业大学,2005:21-24.

Zeng X G. Studies on contents and composition of sugar and acid in citrus from different species and production areas [D]. *Wuhan:Huazhong Agricultural University*,2005:21-24.

[30] Gao Q H,Wu C S,Yu J G,et al. Textural characteristic,antioxidant activity,sugar,organic acid,and phenolic profiles of 10 promising jujube (*Ziziphus jujuba* Mill.) selections [J]. *Journal of Food Science*,2012,77(11):C1218-C1225.

[31] Wang C,Cheng D,Cao J,et al. Antioxidant capacity and chemical constituents of Chinese jujube (*Ziziphus jujuba* Mill.) at different ripening stages [J]. *Food Science & Biotechnology*,2013,22(3):639-644.

[32] 游 凤,黄立新,张彩虹,等. 冬枣各成熟阶段果皮酚类含量变化及其对 DPPH 自由基清除能力的影响 [J]. *食品科学*,2013,34(19):62-66.

You F,Huang L X,Zhang C H,et al. DPPH radical scavenging activity of Chinese winter jujube peel as affected by variation of phenolic content during maturation [J]. *Food Science*,2013,34(19):62-66.