文章编号:1000-7601(2023)03-0080-08 **doi**:10.7606/j.issn.1000-7601.2023.03.12

‘赤霞珠’葡萄在河西走廊产区不同产地的品质分析

马宗桓,李玉梅,李彦彪,李文芳,陈佰鸿,毛　娟

(甘肃农业大学园艺学院,甘肃 兰州 730070)

摘　要:为明确‘赤霞珠’葡萄在河西走廊不同地区的品质差异,连续 3 a 在武威、张掖和嘉峪关果园采集成熟期葡萄果实进行品质测定和分析。结果表明:不同产地果实中可溶性固形物、还原糖及有机酸含量存在显著差异。张掖地区果实可溶性固形物含量最高(24.81%),武威地区果实可滴定酸含量和葡萄果实总酚含量最高(分别为 1.34%和 24.06 mg·g^{-1}),张掖地区单宁含量最低(5.57 mg·g^{-1})。张掖地区果实中葡萄糖、果糖、蔗糖的总含量分别达到 71.99、70.51、5.61 mg·g^{-1},显著高于嘉峪关和武威地区;武威地区葡萄果实酒石酸和草酸的含量较高,分别为 8.66 mg·g^{-1}和 0.32 mg·g^{-1},显著高于嘉峪关和张掖。‘赤霞珠’葡萄共检测出 36 种香气物质,其中包括 9 种醛、9 种醇、4 种酯、3 种酮、2 种酚和 9 种其他类化合物,各地区香气物质的类型及总量均表现为嘉峪关>张掖>武威。整体而言,张掖地区‘赤霞珠’果实品质较好,而嘉峪关地区‘赤霞珠’芳香物质积累较多。

关键词:葡萄;品质;香气物质;河西走廊

中图分类号:S663.1　　**文献标志码**:A

Quality analysis of Cabernet Sauvignon grapes from different producing areas in Hexi Corridor

MA Zonghuan, LI Yumei, LI Yanbiao, LI Wenfang, CHEN Baihong, MAO Juan

(*College of Horticulture*, *Gansu Agricultural University*, *Lanzhou*, *Gansu* 730070, *China*)

Abstract: To examine the quality differences of Cabernet Sauvignon grapes in different areas of Hexi Corridor, the mature grape fruits were collected in Wuwei, Zhangye and Jiayuguan orchards during three consecutive years for quality determination and analysis. The results showed that there were significant differences in the contents of soluble solids, reducing sugar and organic acids in fruits from different producing areas. The soluble solid content of berries in Zhangye area was the highest (24.81%). The titratable acid content of berries and the total phenol content of grape in Wuwei area was the highest (1.34% and 24.06 mg·g^{-1}, respectively). The tannin content in Zhangye area was the lowest (5.57 mg·g^{-1}). The total contents of glucose, fructose and sucrose in fruits in Zhangye area reached 71.99, 70.51 mg·g^{-1} and 5.61 mg·g^{-1}, respectively, which were significantly higher than those in Jiayuguan and Wuwei. The contents of tartaric acid and oxalic acid in grape in Wuwei area were higher, which were 8.66 mg·g^{-1} and 0.32 mg·g^{-1}, respectively, which were significantly higher than those in Jiayuguan and Zhangye. A total of 36 aroma substances were detected in Cabernet Sauvignon grapes, including 9 aldehydes, 9 alcohols, 4 esters, 3 ketones, 2 phenols and 9 other compounds. The types and total amount of aroma substances in each region were Jiayuguan > Zhangye > Wuwei. In general, the fruit quality of Cabernet Sauvignon in Zhangye area was better, while the aroma substances of Cabernet Sauvignon in Jiayuguan area accumulated more.

Keywords: grapes; quality; aromatic substances; Hexi Corridor

---

收稿日期:2021-12-20　　**修回日期**:2022-01-12

基金项目:甘肃农业大学青年研究生指导教师扶持基金项目(GAU-QDFC-2022-15);国家自然科学基金项目(32160685);甘肃省青年科技基金计划项目(21JR7RA838);甘肃农业大学伏羲青年英才项目(GAUfx-04Y05)

作者简介:马宗桓(1988-),男,甘肃会宁人,副教授,主要从事果树逆境生理与生长调控研究。E-mail:mazh@gsau.edu.cn

通信作者:毛娟(1981-),女,甘肃临洮人,教授,主要从事果树生物技术研究。E-mail:maojuan@gsau.edu.cn

‘赤霞珠’原产于法国波尔多,是世界范围栽培最为广泛的葡萄品种,我国栽培面积也较大,在我国酿酒葡萄品种构成中具有不可替代的位置。研究表明,葡萄果实品质形成与产地密切相关,在品种、树龄、栽培管理方式基本一致的条件下,酿酒葡萄产区的气候、地形、土壤等风土条件影响着果实营养、口感以及风味品质[1-2]。杨洋等[2]对新疆、宁夏和山东 3 个产区的‘赤霞珠’葡萄风味物质差异性进行了研究,发现 3 个产地果实中共检出挥发物质 119 种,其中共有成分仅 11 种,并且认为对应产地的风土条件和地域性是导致差异性的主要原因。赵悦等[3]对云南迪庆德钦、河北怀来沙城和山东烟台莱山三地的成熟期酿酒葡萄‘赤霞珠’果实中 6 种主要有机酸含量进行差异性分析,发现果肉中有机酸含量以云南迪庆德钦最高,河北怀来沙城葡萄果肉中 L-苹果酸和乳酸含量显著高于山东烟台莱山,表明产地对果实品质影响显著。

甘肃是我国葡萄栽培最早的地区之一。随着世界红葡萄酒热和我国国民保健意识的增强,葡萄酒的消费量逐渐增加,引发甘肃葡萄酒原料基地快速发展。河西走廊位于祁连山与合黎山、龙首山等山脉之间,属温带大陆性气候,土地资源丰富、干旱少雨、光照充足、昼夜温差大,具有发展酿酒葡萄的优势条件。特别是广大沿沙漠地区位于世界葡萄酒原料的最佳产区(36°~40°N),具有适合多品种栽培的生态气候条件[4-6]。尽管总体条件适于酿酒葡萄产业发展,但不同地区气候及土壤条件差异仍然较大,对葡萄品质形成必然造成一定差异。本研究拟对该产区不同地区‘赤霞珠’葡萄品质进行比较分析,尤其对不同产区生态条件下果实芳香物质含量进行分析,进一步为酿酒葡萄发展中品种布局提供一定的参考。

1　材料与方法

1.1　试验区园地选择与气象资料

选取河西走廊产区代表性的企业生产基地作为研究对象,包括嘉峪关紫轩葡萄酒庄园、张掖祁连葡萄庄园和武威莫高葡萄种植园区。

嘉峪关、张掖和武威 2018—2020 年的气象数据如表 1 所示,嘉峪关 4—9 月平均气温最高(20.37℃),张掖次之(19.16℃),武威最低(18.48℃),且嘉峪关和张掖 2018 年 4—9 月的平均气温均高于 2019 年和 2020 年。张掖有效积温最高(3 625.63℃)、武威次之(3 361.67℃)、嘉峪关最小(3 338.33℃);2018 年不同产地 4—9 月的有效积温均高于 2019 年和 2020 年,其中 2018 年张掖 4—9 月有效积温最高(3 724.88℃)。4—9 月昼夜温差不同产地各不相同,从 2018 年至 2020 年平均值来看,张掖昼夜温差最高(14.26℃),嘉峪关次之(12.20℃),武威最小(12.12℃)。各地 7—9 月降雨量 2018 年最多,其次为 2020 年,2019 年降雨最少,武威降雨量较多,7—9 月降雨量普遍大于 410 mm,张掖次之,7—9 月降雨量普遍大于 270 mm,嘉峪关 7—9 月降雨量最少,3 a 降雨量均小于 270 mm。

1.2　品种及管理情况

以‘赤霞珠’为试验材料,砧木均为‘5BB’,树龄在 10~12 a 之间,整形方式为多主蔓扇形,篱架栽培,株行距为 0.8 m×3.0 m。果园均采用水肥一体化灌溉和施肥,冬季埋土防寒,产量约 12 000 kg·hm^{-2},果园管理水平基本一致。

1.3　果实取样

果实样品采集均在果实成熟期(表 2),取样时在果园不同位置随机摘取完整果穗 45 个,每 15 个果穗作为 1 个重复。采样完成后装入冰盒带回实验室测定各项指标。

1.4　试验方法

1.4.1　基本品质测定　果实榨汁后采用手持测糖仪测定果汁中可溶性固形物含量,用酸度计测 pH 值;用 NaOH 滴定法测定可滴定酸含量[7];用蒽酮试剂法测可溶性糖含量[8];用 Folin 酚法测定总酚含

表 1　嘉峪关、张掖和武威 2018—2020 年 4—9 月气象数据

Table 1　Meteorological data of Jiayuguan, Zhangye and Wuwei for 2018-2020

产地 Area	年份 Years	平均温度 MT/℃	有效积温 ATT/℃	昼夜温差 MDT/℃	降雨量 Rainfall /mm
嘉峪关 Jiayuguan	2018	20.09	3384.00	12.78	267.30
	2019	20.08	3380.00	11.71	131.30
	2020	19.42	3251.00	12.10	182.36
	平均值 AVG	20.37	3338.33	12.20	193.65
张掖 Zhangye	2018	19.47	3724.88	14.34	387.10
	2019	19.29	3694.00	14.07	270.80
	2020	18.71	3458.00	14.36	314.28
	平均值 AVG	19.16	3625.63	14.26	324.06
武威 Wuwei	2018	18.76	3536.00	12.27	631.10
	2019	18.80	3310.00	11.62	415.40
	2020	17.87	3239.00	12.46	450.60
	平均值 AVG	18.48	3361.67	12.12	499.07

表 2　各年份不同地区果实采收时期(m-d)

Table 2　Fruit harvest time in different regions of each year

年份 Year	嘉峪关 Jiayuguan	张掖 Zhangye	武威 Wuwei
2018	09-22	09-24	09-25
2019	09-20	09-22	09-25
2020	09-24	09-27	09-26

量[9];用福林丹尼斯法测定单宁含量[10]。

1.4.2 糖酸组分含量测定 果实糖组分与含量的测定:使用美国 Waters Acquity Arc 高效液相色谱仪进行糖类组分及含量的测定,参照刘玉莲[11]的方法略做修改。

样品的提取:葡萄果肉加液氮研磨后准确称取 0.5 g,移至 10 mL 离心管中,加入 5 mL 80%乙醇,35℃下超声提取 20 min,12 000 r·min^{-1}下离心 15 min,取上清液。重复提取 2 次,每次加 80% 乙醇 2 mL,合并上清液,定容至 10 mL,于真空离心浓缩仪旋转蒸发(60℃)至全干,用 1 mL 超纯水+1 mL 乙腈混合液复溶,过 0.22 μm 有机相微孔滤膜过滤,将滤液加入样品瓶中待测。

色谱条件:色谱柱为 4.6 mm×150 mm×2.5 μm;流动相为 75%乙腈+0.2%三乙胺+24.8%超纯水;流速为 0.8 mL·min^{-1};进样量 0 μL;检测波长 254 nm;柱温 40℃,使用前用 0.22 μm 有机滤膜过滤,超声脱气。

果实有机酸组分与含量的测定:使用美国 Waters Acquity Arc 高效液相色谱仪进行有机酸组分及含量的测定,参照刘晓静等[12]的方法并稍加修改。

样品的提取:葡萄果肉加液氮研磨后准确称取 1.5 g,移至 10 mL 离心管中,加入 7.5 mL 超纯水,在 4℃、10 000 r·min^{-1}下离心 10 min,将上清液转移至新离心管中过 0.45 μm 水相滤膜过滤,将滤液加入样品瓶中待测。

色谱条件:色谱柱为 4.6 mm×150 mm×3 μm;流动相为 20 mmol·L^{-1} NaH_2PO_4溶液(用 H_3PO_4将 pH 调至 2.7);流速 0.5 mL·min^{-1},进样量 20 μL,检测波长 210 nm,柱温 30℃,使用前用 0.45 μm 水相滤膜过滤,超声脱气。

1.4.3 挥发物质的提取及测定 参照 Wang 等[13]的方法(加以改进)进行测定。取洗净晾干的葡萄果实 50 g,去除果梗和葡萄籽,用小型榨汁机打碎。加入 PVPP 1 g 和 D-葡萄糖内酯 0.5 g,于 4℃下超声提取 30 min,然后以 8 000 r·min^{-1}的转速离心 10 min,取上层葡萄汁以备用。将 10 mL 的葡萄汁加入 20 mL 的进样小瓶中,然后依次加入氯化钠 2.4 g、磁力搅拌转子和 50 μL 的内标物 2-辛醇(88.2 mg·L^{-1}),用硅胶隔垫盖紧,将 DVB/CAR/PDMS 纤维萃取头置于 40℃下萃取 30 min,结束后进行 GC-MS 进样分析,每个样品设 3 个平行试验。

色谱柱为 OV-1701(60 mm×0.25 mm×0.5 μm)型,进样口温度 250℃,每次进样量 1.0 μL,载气为氦气,流速 0.8 mL·min^{-1}。程序升温如下:初始温度为 40℃,在此条件下保持 5 min,然后以 10℃·min^{-1}升温至 60℃,相同条件保持 5 min,接着以 4℃·min^{-1}升至 140℃,继续保持 10 min,最后以 15℃·min^{-1}升至 220℃,保持 10 min。电子能量 70 eV,离子源温度为 230℃,扫描范围 35~350 m·z^{-1}。

香气各组分的含量(μg·g^{-1})=[各组分的峰面积/内标的峰面积×内标物浓度(mg·L^{-1})×50 μL]/样品量(g)。

1.5 数据分析

试验数据使用 Excel 2019 软件进行统计分析,用 SPSS 22.0 进行差异显著性分析,所有指标均重复测定 3 次,结果以 3 次测定的平均值表示。

2 结果与分析

2.1 不同产地酿酒葡萄可溶性固形物含量分析

由表 3 可见,3 个地区‘赤霞珠’可溶性固形物含量在 20.56%~26.77%之间,存在显著差异,其中张掖‘赤霞珠’2018—2020 年平均可溶性固形物最高(24.81%),显著高于武威(23.90%)和嘉峪关(23.23%);可溶性糖的含量在 14.28%~24.09%之间,张掖‘赤霞珠’可溶性糖含量最高,显著高于嘉峪关和武威;武威‘赤霞珠’2018—2020 年平均可滴定酸含量为 1.30%,显著高于嘉峪关和张掖;3 个地区‘赤霞珠’总酚和单宁含量均存在显著差异,武威总酚含量最高,显著高于嘉峪关和张掖,武威地区单宁含量显著高于嘉峪关和张掖地区,张掖和嘉峪关地区单宁含量差异不显著。

2.2 不同产地酿酒葡萄糖酸含量分析

由表 4 可知,不同地区‘赤霞珠’葡萄果实中葡萄糖的含量在 37.37~85.37 mg·g^{-1}之间,果糖含量在 36.51~79.08 mg·g^{-1}之间,蔗糖含量在 1.38~7.97 mg·g^{-1}之间。其中张掖‘赤霞珠’果实中葡萄糖、果糖和蔗糖的总含量最高,显著高于嘉峪关和武威;酿酒葡萄果实中,酒石酸和苹果酸的含量较多,草酸、柠檬酸和抗坏血酸的含量相对较少,在 2018—2020 年中,嘉峪关、张掖和武威‘赤霞珠’葡萄中酒石酸含量在 2.54~11.77 mg·g^{-1}之间,苹果酸含量在 1.23~4.07 mg·g^{-1}之间,草酸含量在 0.05~0.52 mg·g^{-1}之间,柠檬酸含量在 0.32~1.25 mg·g^{-1}之间,抗坏血酸含量在 0.13~3.23 mg·g^{-1}之间;嘉峪关‘赤霞珠’中苹果酸和柠檬酸的含量显著高于张掖和武威,而抗坏血酸的含量显著低于张掖和武威;武威‘赤霞珠’葡萄酒石酸和草酸的含量较高,显著高于嘉峪关和张掖。

2.3　不同产地酿酒葡萄香气物质分析

‘赤霞珠’葡萄共检测出 36 种香气物质(表 5),其中包括 9 种醛类化合物、9 种醇类化合物、4 种酯类化合物、3 种酮类化合物、2 种酚类化合物、9 种其他化合物。醛类化合物中,正己醛和 2-己烯醛的含量较多;醇类化合物中,正己醇、乙醇和苯乙醇的含量较多。不同地区香气物质的总含量为 2 595.79~4 938.11 μg·kg^{-1},其中各地区香气物质的成分及总含量均为嘉峪关>张掖>武威。

从芳香物质成分来看,武威‘赤霞珠’葡萄果实中未检测到苯甲醛和棕榈酸,张掖未检测出对甲基苯甲醛。张掖地区果实中 2-己烯醛含量最多,嘉峪关正己醛含量显著高于张掖和武威。

3　讨论与结论

环境条件对酿酒葡萄的生长和发育有重要的影响,光、热、水、温度及土壤条件等不仅影响葡萄根系对养分的吸收,还影响果实中糖酸和酚类等化合物的合成,进而影响葡萄酒的质量[14]。有研究表明,气象条件与酿酒葡萄糖分积累之间存在显著相关性[15]。张磊等[16]在对气象条件与糖分积累之间的关系研究中发现,从葡萄开始着色到成熟期间,对其糖分积累有较大影响的气象因子有日平均气温、日照时数、最高气温和温湿比等,其中昼夜温差和日照时数是影响葡萄糖分的主要气象因子[17]。王秀芹等[18]研究发现,夏季炎热、有效积温高能有

表 3　不同产地‘赤霞珠’葡萄主要品质指标及含量

Table 3　Main quality indexes and content of ‘Cabernet Sauvignon’ grapes in different areas

年份 Year	产地 Areas	可溶性糖/% Soluble sugar	可滴定酸/% Titratable acid	总酚/(mg·g^{-1}) Total phenols	单宁/(mg·g^{-1}) Tannin	可溶性固形物/% Soluble solid
2018	嘉峪关 Jiayuguan	14.56±0.30b	1.47±0.03a	17.50±0.39b	7.77±0.04a	20.78±0.27b
	张掖 Zhangye	19.03±0.63a	1.02±0.02b	19.00±0.26b	7.24±0.11a	22.53±0.62a
	武威 Wuwei	14.28±0.24b	1.49±0.01a	19.50±0.09a	7.70±0.11a	20.56±0.43b
2019	嘉峪关 Jiayuguan	24.09±0.36a	0.97±0.01c	29.56±2.08a	4.35±0.02c	26.77±0.42a
	张掖 Zhangye	22.88±0.76a	1.52±0.01b	18.6±1.38b	5.87±0.22b	25.87±0.4ab
	武威 Wuwei	22.31±0.65a	1.81±0.01a	29.71±0.75a	7.72±0.41a	24.80±0.15b
2020	嘉峪关 Jiayuguan	18.84±0.09c	0.63±0.05b	16.14±1.57b	5.86±0.51a	22.13±0.37b
	张掖 Zhangye	23.39±0.09a	0.72±0.02a	15.28±0.74b	3.60±0.15b	26.03±0.41a
	武威 Wuwei	22.58±0.32b	0.60±0.07b	22.98±0.87a	2.58±0.47b	26.33±0.18a
平均值 EVG	嘉峪关 Jiayuguan	19.16±0.03b	1.02±0.03b	21.07±0.12b	5.99±0.04b	23.23±0.12c
	张掖 Zhangye	21.78±0.06a	1.08±0.03b	17.63±0.16c	5.57+0.06b	24.81±0.10a
	武威 Wuwei	19.72±0.12b	1.30±0.04a	24.06±0.11a	6.00±0.02a	23.90±0.08b

注:数值为均值±标准差。不同小写字母表示相同年份内不同地点间差异显著($P<0.05$)。下同。

Note: The data are represented by mean ± standard deviation. Different lowercase letters means dates of different regions in the same year were significantly different ($P<0.05$). The same below.

表 4　不同地区‘赤霞珠’糖酸含量/(mg·g^{-1})

Table 4　Content of ‘Cabernet Sauvignon’ sugar and acid in different areas

年 Year	产地 Areas	葡萄糖 Glucose	果糖 Fructose	蔗糖 Sucrose	酒石酸 Tartaric acid	苹果酸 Malic acid	草酸 Oxalic acid	柠檬酸 Citric acid	抗坏血酸 Ascorbate acid
2018	嘉峪关 Jiayuguan	45.82±3.11b	57.01±3.11b	1.38±0.69b	9.28±0.06b	4.07±0.40a	0.36±0.01a	0.66±0.10a	0.14±0.01c
	张掖 Zhangye	65.13±1.09a	70.03±4.01a	7.97±1.07a	7.03±0.13c	2.28±0.02b	0.11±0.03b	0.34±0.02b	0.20±0.00b
	武威 Wuwei	49.01±3.18b	60.67±2.94b	5.84±3.22ab	11.77±1.01a	2.14±0.12b	0.38±0.01a	0.32±0.02b	0.23±0.03a
2019	嘉峪关 Jiayuguan	58.90±0.44b	66.50±2.15a	3.51±0.17b	2.54±0.22c	4.06±0.34a	0.26±0.01b	0.68±0.11a	1.81±0.13b
	张掖 Zhangye	65.46±2.51a	62.43±3.27a	5.58±0.24a	8.55±0.19b	2.28±0.08b	0.21±0.05c	0.44±0.00b	3.23±0.22a
	武威 Wuwei	45.37±1.77c	55.29±1.99b	1.57±0.11c	11.20±0.33a	2.12±0.11b	0.52±0.04a	0.39±0.02b	3.17±0.10a
2020	嘉峪关 Jiayuguan	37.37±2.84b	36.51±1.86b	2.58±0.55a	3.25±0.17a	1.23±0.20a	0.16±0.01a	1.25±0.11a	0.16±0.02b
	张掖 Zhangye	85.37±5.22a	79.08±9.33a	3.28±0.32a	3.92±0.44a	1.62±0.33a	0.05±0.00b	0.72±0.04b	0.13±0.01b
	武威 Wuwei	52.43±4.04b	60.83±10.02a	3.74±0.51a	3.00±0.22a	1.46±0.21a	0.06±0.01b	0.69±0.02b	0.23±0.00a
平均值 EVG	嘉峪关 Jiayuguan	47.36±1.77b	53.34±4.21b	2.49±0.09c	5.02±0.13c	3.12±0.12a	0.26±0.00b	0.86±0.08a	0.70±0.10b
	张掖 Zhangye	71.99±3.63a	70.51±3.29a	5.61±0.10a	6.5±0.20b	2.06±0.04b	0.12±0.01c	0.50±0.01b	1.17±0.06a
	武威 Wuwei	48.94±2.88b	58.93±3.11b	3.72±0.17b	8.66±0.13a	1.91±0.10b	0.32±0.02a	0.47±0.06b	1.21±0.16a

表5 不同产地‘赤霞珠’葡萄香气物质种类及含量/(μg·kg^{-1})

Table 5 Types and contents of aroma substances in ‘Cabernet Sauvignon’ grapes in different areas

化合物 Compound	2018			2019			2020		
	嘉峪关 Jiayuguan	张掖 Zhangye	武威 Wuwei	嘉峪关 Jiayuguan	张掖 Zhangye	武威 Wuwei	嘉峪关 Jiayuguan	张掖 Zhangye	武威 Wuwei
正己醛 Hexanal	1231.5±16.33a	263.1±8.59b	212.45±11.41c	1082.61±31.74a	358.16±22.36c	523.41±18.11b	1059.3±51.10a	512.39±20.02b	145.52±6.84c
2-己烯醛 2-has olefine aldehyde	549.71±9.13c	1438.21±17.66a	697.16±15.06b	785.3±2.55c	1738.71±46.10a	1032.11±28.33b	745.23±11.80b	1025.23±30.82a	1027.1±16.99a
壬醛 Nonanal	2.93±0.33c	42.60±1.85b	62.71±8.14a	4.52±1.01b	3.52±0.25b	79.61±4.83a	3.75±0.99b	14.25±0.28a	4.26±0.31b
3-己烯醛 3-has olefine aldehyde	2.94±0.55a	4.52±0.84a	3.62±0.77a	24.33±2.04a	10.98±1.87b	2.41±0.11c	34.30±0.79a	5.24±0.66b	7.26±1.04b
苯甲醛 Benzaldehyde	8.17±0.22a	-	-	4.46±0.83b	72.21±4.62a	-	8.16±1.02b	35.42±1.96a	-
2-甲基苯甲醛 2-methylbenzaldehyde	80.62±5.77a	26.23±3.20c	40.41±4.09b	43.29±1.88b	57.14±2.30a	31.58±3.55c	102.36±7.14a	42.54±2.58b	37.52±2.90b
2,4-二甲基苯甲醛 2,4-dimethylbenzaldehyde	93.64±4.21b	335.71±11.99a	25.26±3.04c	52.67±2.59a	52.73±2.66a	3.28±0.27b	77.44±3.75b	263.1±13.08a	90.75±9.10b
视黄醛 Retinene	-	4.62±0.64b	7.21±1.04a	11.26±0.09a	-	-	4.56±0.20a	3.31±1.03a	2.84±0.94a
对甲基苯甲醛 p-Tolualdehyde	-	-	126.58±10.28a	112.25±9.76a	-	-	74.53±2.91b	-	223.78±11.03a
醛类总含量 Total aldehyde content	1969.51	2114.99	1175.4	2120.69	2293.45	1672.4	2109.63	1901.48	1539.03
正己醇 Hexyl alcohol	76.21±3.88b	45.87±2.27c	136.78±11.07a	106.31±3.99b	126.3±8.42a	114.52±5.73a	136.4±7.38a	73.25±2.90b	63.91±6.36b
己醇 Hexanol	7.91±1.05c	24.26±2.72a	15.23±1.60b	11.12±1.33b	25.61±2.28a	27.64±0.94a	13.52±1.11c	26.15±0.80a	20.31±2.02b
E-2-己烯-1-醇 E-2-hexene-1-ol	59.12±4.11b	35.87±2.97c	71.26±1.70a	32.14±2.37b	23.25±1.09c	123.52±4.80a	21.32±2.29b	44.35±3.88a	53.12±3.20a
芳樟醇 Linalool	14.47±1.41a	5.24±0.64b	11.26±1.38a	8.88±0.96b	7.26±0.73b	32.34±1.83a	10.42±1.05b	4.15±0.09c	26.23±2.14a
异戊醇 Isoamylol	4.43±1.22c	26.47±2.13b	42.51±5.30a	2.31±0.69c	24.16±2.30a	16.24±0.98b	17.23±1.55a	6.24±1.01b	7.56±0.60b
苯乙醇 Phenethyl alcohol	107.12±6.66a	-	11.68±1.10b	112.6±7.94a	-	-	26.15±2.88a	14.28±0.07b	16.98±0.58b
乙醇 Ethyl alcohol	102.63±11.25a	63.24±9.77b	44.63±3.84c	62.18±2.90b	57.17±7.33c	71.52±2.94a	100.73±13.07a	43.25±4.22c	57.64±3.95b
5-茚醇 5-indene alcohol	8.24±0.88b	6.24±1.02b	16.57±0.18a	3.14±0.04b	3.05±0.02b	7.42±0.00a	-	4.23±0.25a	-
1-戊烯-3-醇 1-pentene-3-ol	11.54±1.10a	1.58±0.33b	-	-	2.59±0.22a	1.30±0.10b	-	14.26±0.39a	-
醇类总含量 Total alcohol content	391.67	208.77	349.92	338.68	269.39	394.5	325.77	230.16	245.75
乙酸乙酯 Ethyl acetate	4.12±1.15b	16.38±0.37a	15.60±1.77a	8.24±1.66a	4.71±0.10b	-	5.41±0.01b	25.3±4.22a	1.87±0.30c
十八酸苯甲酯 Benzyl octadecanoate	2.23±1.33b	5.72±0.09a	4.81±1.27ab	-	26.30±3.08a	-	6.35±1.02b	12.90±2.44a	3.52±1.01c

续表 5：

化合物 Compound	2018			2019			2020		
	嘉峪关 Jiayuguan	张掖 Zhangye	武威 Wuwei	嘉峪关 Jiayuguan	张掖 Zhangye	武威 Wuwei	嘉峪关 Jiayuguan	张掖 Zhangye	武威 Wuwei
乙酸异戊酯 Isoamyl acetate	6.34±0.03b	16.41±0.80a	–	4.21±1.20c	21.54±2.46a	17.11±0.55b	5.34±0.11a	–	6.39±1.04a
亚油酸乙酯 Ethyl linoleate	–	4.21±0.63a	–	35.60±0.78a	3.22±0.33b	36.20±2.12a	7.26±1.37a	–	–
酯类总含量 Total ester content	12.69	42.72	20.41	48.05	55.77	53.31	24.36	38.2	11.78
仲辛酮 2-octyl ketone	12.6±1.22a	11.54±1.04a	15.29±2.07a	35.45±1.07a	2.21±1.00b	–	–	44.21±1.32a	–
β-紫罗酮 β-violone	12.1±0.22a	7.24±1.00b	16.23±3.42a	22.61±3.15a	14.40±2.08b	9.84±0.20c	4.70±0.05c	16.31±1.04b	19.64±1.00a
十二烷酮 Dodecanone	26.5±3.05a	3.62±1.22b	–	6.30±1.14a	3.52±0.33b	2.91±1.01b	9.30±0.03a	4.78±1.48b	11.65±2.22a
酮类总含量 Total ketone content	51.2	22.4	31.52	64.36	20.13	12.75	14	65.3	31.29
2,4-二叔丁基酚 2, 4-ditert-butyl phenol	291.586±8.67a	113.6±1.59c	142.15±10.02b	271.40±22.30a	234.10±8.61b	51.50±7.55c	182.60±9.80b	324.51±14.27a	67.71±2.66c
2,6-二叔丁基~4~甲基苯酚 2, 6-ditert~butyl -4-methyl phenol	289.59±21.04a	253.54±13.51a	125.87±8.22b	302.50±11.27a	188.20±13.55b	184.08±4.99b	239.26±2.94a	157.64±8.77c	202.70±2.79b
酚类总含量 Total phenolic content	581.1722	367.14	268.02	573.9	422.3	235.58	421.86	482.15	270.41
正戊烷 n-pentane	171.2±10.22b	265.72±7.48a	120.50±11.44c	345.28±10.08a	254.78±19.22b	161.32±9.44c	226.35±11.09a	226.33±1031a	185.24±9.44b
苯乙烯 Styrene	2.71±0.88c	106.25±3.77a	28.20±2.66b	32.41±2.55b	116.35±4.66a	11.26±1.02c	736.10±23.20a	74.21±2.98b	4.82±1.75c
正十七烷 n-heptadecane	13.09±3.66c	187.41±12.34a	32.68±3.20b	16.72±1.79c	45.83±5.22b	103.59±9.11a	85.41±3.79a	12.51±0.17c	60.63±5.66b
正二十一烷 n-octadecane	4.26±0.10c	365.28±20.07a	63.24±1.11b	23.62±2.07b	145.28±13.42a	156.75±6.08a	114.25±1.84a	26.54±0.66b	–
甲基庚烷 Methylheptane	651.94±20.07a	157.40±10.93b	175.68±12.71b	582.64±22.31a	334.71±13.99b	208.26±12.71c	308.20±12.99b	348.24±11.23a	14.21±0.48c
二十八烷 Octacosane	11.87±2.11c	125.7±11.02a	25.34±2.00b	26.35±3.10b	156.23±8.58a	168.32±2.64a	35.84±0.62b	53.24±8.92a	–
辛烷 Octane	235.28±11.77a	158.72±6.25b	258.36±12.02a	415.28±14.75a	331.26±13.25b	312.54±11.47b	226.34±11.50c	547.26±17.41a	278.26±9.33b
棕榈酸 Palmitic acid	473.21±14.55a	54.26±3.14b	–	22.36±1.99b	75.66±4.66a	–	182.40±7.33b	214.32±6.39a	–
乙酸 Acetic acid	48.32±2.73b	77.63±4.01a	46.52±1.51b	33.26±2.82b	86.27±4.05a	26.35±1.20c	127.60±10.01a	63.25±3.00b	–
其他类总含量 Total content of other categories	1611.88	1498.37	750.52	1497.92	1546.37	1148.39	2042.49	1565.9	543.16
芳香物质总含量 Total content of aroma	4618.12	4254.39	2595.79	4643.60	4607.41	3516.93	4938.11	4283.19	2641.42

注：‘–’表示未检测出该物质。　Note：‘–’ means the substance was not detected.

效促进酿酒葡萄糖分的积累。本试验中,张掖‘赤霞珠’可溶性糖含量均高于嘉峪关和武威,这可能与张掖较高的有效积温和较大的昼夜温差有关。高温和光照有利于酸度降解[19],光照增加则有利于果实酸度降低[20],在葡萄的生长季节若气候干燥,则葡萄果实中糖含量较多,若气候湿润、降雨较多,则葡萄果实中糖含量较少。酿酒葡萄原料中的有机酸对葡萄酒口感等品质方面也起着至关重要的作用,其中葡萄果实中的酒石酸最为明显,它决定了葡萄酒的酸度值,从而影响着葡萄酒中微生物等一些其他物质的相对稳定性,并且还影响葡萄酒颜色的深浅和贮藏时间的长短。在葡萄果实成熟过程中,酒石酸的含量会因为天气干旱有所减少,而因为阴雨天气而明显增多[21]。武威‘赤霞珠’的酒石酸含量均高于嘉峪关和张掖,这与李彦彪等[24]的研究结果一致,主要可能与武威 7—9 月降雨量较大有关。同时葡萄成熟期降雨量对酿酒葡萄的酸含量也有一定影响,成熟期降雨量越多,葡萄的酸含量越高。本试验中,武威地区的‘赤霞珠’可滴定酸含量最高,这可能与武威 4—9 月较低的平均温度和 7—9 月较高的降雨量有关。

有研究表明,成熟期前一个月进行避雨栽培可以增加葡萄果实总酚和单宁的含量,有助于葡萄果实香气物质的合成[22]。温度对酚类化合物的合成具有重要作用,研究表明葡萄中酚类化合物的含量与成熟期较高的温度成负相关、与较低的昼夜温差成正相关[23]。本试验中武威酿酒葡萄中总酚和单宁含量较高,这可能是武威地区昼夜温差较高所致。

香气物质是影响酿酒葡萄品质的重要指标,它是一种小分子挥发性化合物,主要是一些酶在果实发育后期将果实中蛋白质和碳水化合物等分解后得到[24],不同品种不同产地的酿酒葡萄香气物质种类和含量有很大差异[25],不同种植区的相同葡萄品种香气物质种类和含量也有较大差异,同一种植区种植的相同酿酒葡萄在不同年份由于温度、光照和降雨量不同也会导致香气物质的种类和含量产生差异[26]。本试验中检测到 36 种香气物质,其中醛类和醇类化合物的含量较多,不同产地及不同年份间香气物质的种类和含量存在差异,这与李彦彪等[27]的研究结果类似。马艳儿等[28]研究发现,在葡萄成熟期过多的降水会导致葡萄果实中风味物质含量降低,进而降低葡萄品质。本试验中,武威 7—9 月的平均降雨量较多,是嘉峪关降雨量的 2~3 倍,可能是导致武威‘赤霞珠’果实芳香物质总量显著低于嘉峪关的主要原因之一。嘉峪关地区‘赤霞珠’葡萄正己醛含量最高,张掖地区则其 2-己烯醛含量最高,这与新疆地区‘赤霞珠’葡萄有较大的差异[29],可见地区生态因素对芳香物质影响较大。透水性良好的砂质土壤有利于葡萄香气物质的积累,成熟期降雨量越少,葡萄香气物质含量越多,冷凉的气温有利于葡萄果实香气物质的积累,但温度太低则不利于葡萄挥发性香气化合物的产生,且随着树龄的增加,葡萄果实中香气物质的含量也随之增加[30]。相比于 2018 年和 2019 年,2020 年 3 个地区香气物质的总量普遍较低,这可能与 2020 年 4—9 月较低的温度以及有效积温有关。不同产地果实中可溶性固形物、还原糖、有机酸含量和芳香物质存在显著差异。张掖‘赤霞珠’果实可溶性固形物、葡萄糖、果糖和蔗糖的含量均显著高于嘉峪关和武威,武威‘赤霞珠’果实酒石酸和草酸的含量显著高于嘉峪关和张掖。‘赤霞珠’葡萄共检测出 36 种香气物质,其中包括 9 种醛、9 种醇、4 种酯、3 种酮、2 种酚和 9 种其他类化合物,各地区香气物质的类型及总量均表现为嘉峪关>张掖>武威。总体来看,3 个地区‘赤霞珠’在目前的采收期采收较为合理,张掖‘赤霞珠’果实糖含量积累显著,芳香物质总量较少,可能与当地果实采收期过早有关,为了保证果实在采收期香气物质充分积累,可通过延迟采收期实现芳香物质含量的增加。

参 考 文 献:

[1] 徐淑伟, 刘树庆, 杨志新, 等. 葡萄品质的评价及其与土壤质地的关系研究[J]. 土壤, 2009, 41(5): 790-795.
XU S W, LIU S Q, YANG Z X, et al. Evaluation of grape quality and relationship between grape quality and soil texture[J]. Soils, 2009, 41(5): 790-795.

[2] 杨洋, 张亚红, 李鹏, 等. 三个产地“赤霞珠”葡萄果实风味物质差异性研究[J]. 中外葡萄与葡萄酒, 2020,(5): 6-11.
YANG Y, ZHANG Y H, LI P, et al. Difference offlavor compounds in berries of ‘*Cabernet Sauvignon*’ among production regions[J]. Sino-Overseas Grapevine & Wine, 2020,(5): 6-11.

[3] 赵悦, 韩宁, 孙玉霞, 等. 不同产地酿酒葡萄“赤霞珠”果实中有几酸差异性研究[J]. 食品工业科技, 2016, 37(1): 297-301.
ZHAO Y, HAN N, SUN Y X, et al. Difference of organic acids in ripen berry of wine grape (*Cabernet Sauvignon*) among production regions[J]. Science and Technology of Food Industry, 2016, 37(1): 297-301.

[4] 郝燕, 朱燕芳, 王元元, 等. 抹芽和花前摘心对河西走廊酿酒葡萄果实品质、产量及枝条的影响[J]. 经济林研究, 2021, 39(1): 176-183.
HAO Y, ZHU Y F, WANG Y Y, et al. Effects of bud removing and pinching before blooming on fruit quality, yield and branches of wine grape in Hexi Corridor[J].Non-Wood Forest Research, 2021, 39(1): 176-183.

[5] 马宗桓, 毛娟, 魏居灿, 等. 施氮时期对葡萄叶片光合生理及内源激素水平的影响[J]. 干旱地区农业研究, 2020, 38(5): 86-93.
MA Z H, MAO J, WEI J C, et al. Effects of nitrogen application timing on photosynthetic physiology and endogenous hormones in grape leaves[J]. Agricultural Research in the Arid Areas, 2020, 38(5): 86-93.

[6] 郝燕, 张坤, 何英霞, 等. 不同树形对贵人香葡萄生长和果实品质的

影响[J]. 干旱地区农业研究, 2018, 36(5): 76-81.
HAO Y, ZHANG K, HE Y X, et al. Effects of trainning systems on growth and fruit quality of Italian Riesling grape [J]. Agricultural Research in the Arid Areas, 2018, 36(5): 76-81.

[7] 张瑜, 王鹏飞, 穆霄鹏, 等. 喷施不同叶面肥对“农大 4 号”欧李果实糖酸含量的影响[J]. 山东农业科学, 2019, 51(3): 77-80, 91.
ZHANG Y, WANG P F, MU X P, et al. Effects of spraying different foliar fertilizers on sugar and acid contents of Nongda 4 *Cerasus humilis* fruit[J]. Shandong Agricultural Sciences, 2019, 51(3): 77-80, 91.

[8] 张自强, 王森, 胡琼, 等. 南方鲜食枣正常果与裂果不同时期内含物含量的比较[J]. 中南林业科技大学学报, 2018, 38(1): 37-42.
ZHANG Z Q, WANG S, HU Q, et al. Cracked jujube and normal internal substance content comparative study in different periods of southern fresh-eat jujube[J]. Journal of Central South University of Forestry & Technology, 2018, 38(1): 37-42.

[9] LIANG Z C, CHENG L L, ZHONG G Y, et al. Antioxidant and antiproliferative activities of twenty-four *Vitis vinifera* grapes[J]. PLoS One, 2014, 9(8): e105146.

[10] 叶杰, 倪莉. Folin-ciocalteu 法测定黄酒中总多酚含量[J]. 福建轻纺, 2006,(11): 66-69.
YE J, NI L. Determination of total polyphenols in rice wine by Folin cicalcateu method[J]. The Light & Textile Industries of Fujian, 2006, (11): 66-69.

[11] 刘玉莲. 不同色泽类型苹果着色期糖酸变化及花青苷合成特性研究[D]. 杨凌: 西北农林科技大学, 2013.
LIU Y L. Study on the changes of sugars, acids and anthocyanin biosynthes is in the different apples during coloration [D]. Yangling: Northwest A&F University, 2013.

[12] 李晓静, 李腾, 李永库, 等. 高效液相色谱法测定蓝莓果汁中 11 种有机酸含量[J]. 河南工业大学学报(自然科学版), 2018, 39(1): 83-86.
LI X J, LI T, LI Y K, et al. Simultaneous determination of eleven organic acids in blueberry juice by HPLC-DAD[J]. Journal of Henan University of Technology (Natural Science Edition), 2018, 39(1): 83-86.

[13] WANG X J, TAO Y S, WU Y, et al. Aroma compounds and characteristics of noble-rot wines of Chardonnay grapes artificially botrytized in the vineyard[J]. Food Chemistry, 2017, 226: 41-50.

[14] 潘照, 周文化, 肖玥惠子. 基于主成分分析的不同种鲜食葡萄品质评价[J]. 食品与机械, 2018, 34(9): 139-146.
PAN Z, ZHOU W H, XIAO Y H Z. Quality evaluation of different table grape based on principal component analysis[J]. Food & Machinery, 2018, 34(9): 139-146.

[15] 宋宝军, 金仕富. 不同气候条件对山葡萄浆果糖度的影响[J]. 特产研究, 2001, 23(2): 26-28.
SONG B J, JIN S F. Effect of different climatic conditions on sugar content of grape berry[J]. Special Wild Economic Animal and Plant Research, 2001, 23(2): 26-28.

[16] 张磊, 张晓煜, 马国飞, 等. 气象条件与酿酒葡萄糖分积累的关系[J]. 气象科技, 2008, 36(3): 323-326.
ZHANG L, ZHANG X Y, MA G F, et al. Relationship between weather factors and sugar accumulation of wine grapes [J]. Meteorological Science and Technology, 2008, 36(3): 323-326.

[17] 李记明, 李华. 酿酒葡萄糖、酸含量的变化及影响因素[J]. 落叶果树, 1992,(3): 24-26.
LI J M, LI H. Changes and influencing factors of glucose and acid content in liquor making[J]. Deciduous Fruits, 1992,(3): 24-26.

[18] 王秀芹, 陈小波, 战吉成, 等. 生态因素对酿酒葡萄和葡萄酒品质的影响[J]. 食品科学, 2006, 27(12): 791-797.
WANG X Q, CHEN X B, ZHAN J C, et al. Effects of ecological factors on quality of winegrape and wine[J]. Food Science, 2006, 27(12): 791-797.

[19] 翟衡, 杜金华, 管雪强, 等. 酿酒葡萄栽培及加工技术[M]. 北京: 中国农业出版社, 2001: 103-106.
ZHAI H, DU J H, GUAN X Q, et al. Cultivation and processing technology of wine grape[M]. Beijing: China Agriculture Press, 2001: 103-106.

[20] 王秀芹, 战吉成, 黄卫东. 植物对弱光逆境的响应[C]//中国园艺学会第五届青年学术讨论会论文集, 广州: 中国园艺学会, 2002: 851-857.
WANG X Q, ZHAN J C, HUANG W D. Response of plants to low light stress[C]//Proceedings of the 5th Youth Symposium of the Chinese Horticultural Society, Guangzhou: Chinese Society for Horticultural Science, 2002: 851-857

[21] 张军, 高年发, 杨华. 葡萄生长成熟过程中有机酸变化的研究[J]. 酿酒, 2004, 31(5): 69-71.
ZHANG J, GAO N F, YANG H. Study on the organic acids during the grapes growing[J]. Liquor Making, 2004, 31(5): 69-71.

[22] 迟明, 刘美迎, 宁鹏飞, 等. 避雨栽培对酿酒葡萄果实品质和香气物质的影响[J]. 食品科学, 2016, 37(7): 27-32.
CHI M, LIU M Y, NING P F, et al. Effect of rain-shelter cultivation on fruit quality and aroma components in wine grape (*Vitis vinifera* L.)[J]. Food Science, 2016, 37(7): 27-32.

[23] TONIETTO J, CARBONNEAU A. Thermal conditions during the grape ripening period in viticultura Vitivinicole [Z]. Avignon, Tome I - Zonage Vitivinicole. Avignon: OIV, 2002: 277-289.

[24] 李彦彪, 马维峰, 贾进, 等. 河西走廊不同产地“赤霞珠”酿酒葡萄果实品质评价[J]. 西北植物学报, 2021, 41(5): 817-827.
LI Y B, MA W F, JIA J, et al. Evaluation on fruit quality of *Cabernet Sauvignon* wine grapes from different producing areas in Hexi Corridor [J]. Acta Botanica Boreali-Occidentalia Sinica, 2021, 41(5): 817-827.

[25] FENOLL J, MANSO A, HELLÍN P, et al. Changes in the aromatic composition of the *Vitis vinifera* grape Muscat Hamburg during ripening [J]. Food Chemistry, 2009, 114(2): 420-428.

[26] SCHWAB W, WÜST M. Understanding the constitutive and induced biosynthesis of mono- and sesquiterpenes in grapes (*Vitis vinifera*): a key to unlocking the biochemical secrets of unique grape aroma profiles[J]. Journal of Agricultural and Food Chemistry, 2015, 63 (49): 10591-10603.

[27] 李彦彪, 张菲菲, 马维峰, 等. 河西走廊张掖产区酿酒葡萄果实品质评价与香气特征分析[J]. 经济林研究, 2020, 38(2): 169-176.
LI Y B, ZHANG F F, MA W F, et al. Quality evaluation and aroma characteristics analysis of wine grape fruits in Zhangye area of Hexi Corridor[J].Non-Wood Forest Research, 2020, 38(2): 169-176.

[28] 马艳儿, 杨丽, 何玉云, 等. 降水对葡萄多酚类物质的影响[J]. 江苏农业科学, 2016, 44(5): 221-224.
MA Y E, YANG L, HE Y Y, et al. Effect of rainfall on polyphenol compouds of winegrape[J]. Jiangsu Agricultural Sciences, 2016, 44 (5): 221-224.

[29] 郑立阳. 新疆不同小产区酿酒葡萄品质特性的研究[D]. 杨凌: 西北农林科技大学, 2015.
ZHENG L Y. Research on the quality of the wine grape in subregions of Xinjiang[D]. Yangling: Northwest A&F University, 2015.

[30] 温可睿, 黄敬寒, 潘秋红, 等. 葡萄香气物质及其影响因素的研究进展[J]. 果树学报, 2012, 29(3): 454-460.
WEN K R, HUANG J H, PAN Q H, et al. Research progress of aromatic compounds and influencing factors in grapes[J]. Journal of Fruit Science, 2012, 29(3): 454-460.