

“赤霞珠”葡萄转色后不同成熟度指标的变化

刘旭^{1,2}, 陈敏¹, 武轩¹, 金小朵¹, 张振文^{1,2,*}

(1.西北农林科技大学葡萄酒学院, 陕西 杨凌 712100; 2.陕西省葡萄与葡萄酒工程中心, 陕西 杨凌 712100)

摘要: 研究酿酒葡萄转色后不同成熟度指标的动态变化规律。以“赤霞珠”葡萄为试材, 分别测定了技术成熟度和总酚成熟度指标, 并进行了浆果感官评价。结果表明: 转色后果实物理性状参数和糖含量迅速增加, 转色后第4周达到最大值, 成熟后期略有下降。果实中总花色苷含量逐渐增加, 在转色后第6周达到最高, 随后有所降低。浆果中可提取花色苷含量持续增加。细胞成熟指数、种子成熟指数和总酚指数总体上逐渐降低。果皮单宁含量变化较小, 种子单宁含量在成熟前期显著降低 ($P<0.05$), 后期变化较小。不同分子大小聚合色素的含量逐渐增加, 转色后第6周时达到最大值。浆果感官评价中各种成熟度的得分逐渐增加, 果肉香气成熟度和果皮成熟度得分均在转色后第7周时最高, 成熟后期变化较小。

关键词: 酿酒葡萄; 赤霞珠; 成熟度; 评价指标

Changes in Different Maturity Indices of Cabernet Sauvignon (*Vitis vinifera* L.) Grape after Veraison

LIU Xu^{1,2}, CHEN Min¹, WU Xuan¹, JIN Xiaoduo¹, ZHANG Zhenwen^{1,2,*}

(1. College of Enology, Northwest A&F University, Yangling 712100, China;

2. Shaanxi Engineering Research Center for Viti-Viniculture, Yangling 712100, China)

Abstract: In the present study, the dynamic evolutions of different maturity indices of wine grape were determined after veraison. The technological and phenolic maturity of Cabernet Sauvignon (*Vitis vinifera* L.) grapes were determined. Berry sensory assessment (BSA) was also carried out to evaluate the grape maturity. The results showed that the physical properties and sugar content of grape berries increased sharply after veraison, reaching the maximum value at 4 weeks after veraison (WAV). Thereafter, these indices decreased slightly during the late ripening stages. Total anthocyanin content increased gradually after veraison, reaching the highest level at 6 WAV, and then decreased slowly. However, extractable anthocyanin content rose continuously during ripening. Cellular maturity index, seed maturity index, and total phenol index decreased steadily during maturation, respectively. The tannin content in skin varied slightly during ripening. The content of seed-derived tannin decreased significantly during the early ripening stages; thereafter, it varied slightly during the late ripening stages. The content of polymeric pigments with different molecular weights increased gradually after veraison, reaching the maximum value at 6 WAV. As for BSA, the scores of grape berries of different maturities increased during ripening, reaching the highest level at 7 WAV for aromatic maturity of pulp and skin, respectively. Only minor changes in berry sensory quality were determined during the late maturation stages.

Key words: wine grape; Cabernet Sauvignon; maturity; evaluation index

DOI:10.7506/spkx1002-6630-201622035

中图分类号: S663.1

文献标志码: A

文章编号: 1002-6630 (2016) 22-0230-07

引文格式:

刘旭, 陈敏, 武轩, 等. “赤霞珠”葡萄转色后不同成熟度指标的变化[J]. 食品科学, 2016, 37(22): 230-236. DOI:10.7506/spkx1002-6630-201622035. <http://www.spkx.net.cn>

LIU Xu, CHEN Min, WU Xuan, et al. Changes in different maturity indices of Cabernet Sauvignon (*Vitis vinifera* L.) grape after veraison[J]. Food Science, 2016, 37(22): 230-236. (in Chinese with English abstract) DOI:10.7506/spkx1002-6630-201622035. <http://www.spkx.net.cn>

收稿日期: 2016-03-16

基金项目: 国家自然科学基金青年科学基金项目 (31401819); 陕西省农业攻关项目 (2014K01-08-01);

国家现代农业 (葡萄) 产业技术体系建设专项 (CARS-30-02A)

作者简介: 刘旭 (1980—), 男, 副教授, 博士, 研究方向为酿酒葡萄品质调控。E-mail: liuxu@nwsuaf.edu.cn

*通信作者: 张振文 (1960—), 男, 教授, 硕士, 研究方向为葡萄与葡萄酒。E-mail: zhangzhw60@nwsuaf.edu.cn

葡萄酒是以葡萄浆果为原料酿造获得的,其质量主要取决于原料的质量。葡萄果实采收时浆果的成熟状况决定了葡萄的质量,并与后期选择的酿造工艺密切相关。因此,果实转色后检测葡萄成熟度对于获得优质的原料,安排葡萄园采收和指导酒厂生产具有重要意义。酿酒葡萄果实成熟度的判断方法有多种,目前国内外还未统一标准。红色酿酒葡萄果实主要有3种类型的成熟度:技术成熟度^[1]、酚成熟度^[2]和香气成熟度^[3]。生产上主要利用技术成熟度即果汁中糖、酸的含量及其比值等来判断葡萄的成熟度,从而决定采收期^[4-5]。一般认为要获得优质的葡萄酒,果实中糖酸比即成熟系数(M值)需要等于或大于20^[6]。但是技术成熟度仅考虑了果肉中糖和酸的含量,忽略了果皮和种子的成熟程度,而果皮和种子是花色苷、单宁等与葡萄酒感官特征密切相关的酚类物质合成的主要部位^[7-9]。由于葡萄浆果中酚类物质种类较多,研究人员只能选取能够反映酿酒葡萄果实酚成熟情况的关键性指标。Rolle等^[10]利用不同pH值的溶剂从Nebbiolo葡萄果实中提取酚类物质,测定果实成熟期间花色苷、类黄酮和总酚等含量,从而判断酚成熟度。Rodríguez-Pulidoa等^[11]采用计算机视觉技术检测了Graciano葡萄种子的成熟情况,发现种子颜色与酚类物质的含量呈线性关系,多重回归分析模型能有效预测种子的酚成熟度($R^2=0.97$)。Chen Shanshan等^[12]建立了利用高光谱成像技术结合支持向量模型预测“赤霞珠”葡萄果皮中花色苷含量的方法,预测相关系数和均方根误差分别为0.941 4和0.004 6,能够实现快速检测酿酒葡萄果皮中花色苷含量。

葡萄果实中香气物质种类繁多,不同品种果实中各种来源的香气物质含量与当地气候^[13]、栽培措施^[14]和成熟度^[15]等密切相关。香气物质的定量检测一般需要较为复杂的前处理和检测设备。葡萄浆果感官评价通过视觉、触觉、味觉对果实颜色、硬度、糖、酸、单宁、香气等进行综合评价,能较为全面地评估果粒、果皮、果肉和种子的成熟情况^[16]。le Moigne等^[17]采用BSA法监测了“品丽珠”葡萄成熟期间浆果感官质量的变化,并发现果实感官特征与质地特性和近红外光谱特性密切相关。Rousseau等^[18]在葡萄成熟期间通过对果肉、果皮、种子以及整粒浆果进行感官评价,综合评估了果实酚类物质、香气、糖度、酸度和风味等感官特征,从而确定适宜的采收期。目前国内外普遍采用技术成熟度判断酿酒葡萄的成熟情况,针对酿酒葡萄成熟期间果实技术成熟度、酚类物质成熟度和浆果感官质量研究的报道较少。本实验以红色酿酒葡萄“赤霞珠”为材料,研究了成熟期间成熟系数、酚成熟度相关指标、浆果感官质量特征等的动态变化规律及其差异,以期制订合理的采收计划和酿造工艺提供一定的参考。

1 材料与方法

1.1 材料与试剂

“赤霞珠”葡萄采自陕西省泾阳县酿酒葡萄园,2014年随机选择葡萄园中间4行长势基本一致的植株,果实转色期进行第1次采样,之后按照一定的间隔时间连续采集样品,直至浆果充分成熟。具体采样时间以转色后周数(weeks after veraison, WAV)计,分别为0、2、4、6、7 WAV和8 WAV。采用“Z”字形方法采样,每次采样时每株随机采集1穗果,兼顾东西面果穗。每个重复采集10穗果,3次重复。样品采集好后放入冷藏箱中迅速运回实验室,用小剪刀剪下所有果粒,剔除病虫害果后混匀,随机分装,−20℃贮藏待用。

三氯化铁、硫代硫酸钠、牛血清蛋白、偏亚硫酸钾、偏重亚硫酸钠 国药集团化学试剂有限公司;儿茶素、二甲花翠素-3-O-葡萄糖苷 美国Sigma-Aldrich公司。

1.2 仪器与设备

UV-2450紫外分光光度计 日本岛津公司;5417R冷冻离心机 德国艾本德公司;pHS-3B型精密pH计 上海梅颖浦仪器仪表公司。

1.3 方法

1.3.1 果实基本理化指标测定

每个重复随机选取20粒浆果测定粒质量、纵径、横径,并计算浆果的表面积和体积^[19]。另随机选取100粒浆果测定果实糖和酸含量以及pH值等^[20],并计算成熟系数(糖/酸比值)。其中可滴定酸含量以酒石酸计。

1.3.2 酚成熟度相关指标测定

每个重复随机选取200粒浆果,匀浆,采用SO₂脱色法测定总花色苷和可提取花色苷含量、总酚指数(total phenols index, TPI),TPI以提取液在280 nm波长处的吸光度 $A_{280\text{ nm}} \times 100$ 表示。按式(1)、(2)计算细胞成熟指数(cellular maturity index, CMI)和种子成熟指数(seed maturity index, SMI)^[21]。

$$\text{CMI}/\% = \frac{A_{1.0} - A_{3.2}}{A_{1.0}} \times 100 \quad (1)$$

$$\text{SMI}/\% = \frac{A_{280\text{ nm}} \times 100 - \frac{A_{3.2}}{1\,000} \times 40}{A_{280\text{ nm}} \times 100} \times 100 \quad (2)$$

式中: $A_{1.0}$ 和 $A_{3.2}$ 分别为浆果中总花色苷和可提取花色苷含量/(mg/L)。

1.3.3 单宁和聚合色素含量测定

每个重复随机选取20粒浆果,分别收集其果皮和种子。采用蛋白质沉淀法测定果皮和种子中单宁含量以及果皮中不同分子大小聚合色素的含量,均以吸光度表示^[22]。

1.3.4 浆果感官评价

评价小组成员均来自葡萄酒品尝小组,共10人,男女生各5人。正式实验前对小组成员进行3~5次的浆果感官评价培训。采用Institut Coopératif du Vin方法分别评价浆果的技术成熟度、果肉香气成熟度、果皮成熟度和种子成熟度^[23]。具体方法为:每人从每个重复中随机选取3粒浆果,先进行外观分析,再将果肉、果皮和种子分开品尝,咀嚼次数为10~15次,然后根据该方法的标准对不同的成熟度指标赋分,从而计算出每个成熟度的得分。

1.4 数据统计与分析

采用SPSS (19.0) 软件进行方差分析、多重比较 (Tukey post-hoc test法, $P<0.05$) 和主成分分析 (principal component analysis, PCA)。图表采用SPSS 19.0和Origin 7.5软件绘制。

2 结果与分析

2.1 “赤霞珠”葡萄果实基本理化指标的变化

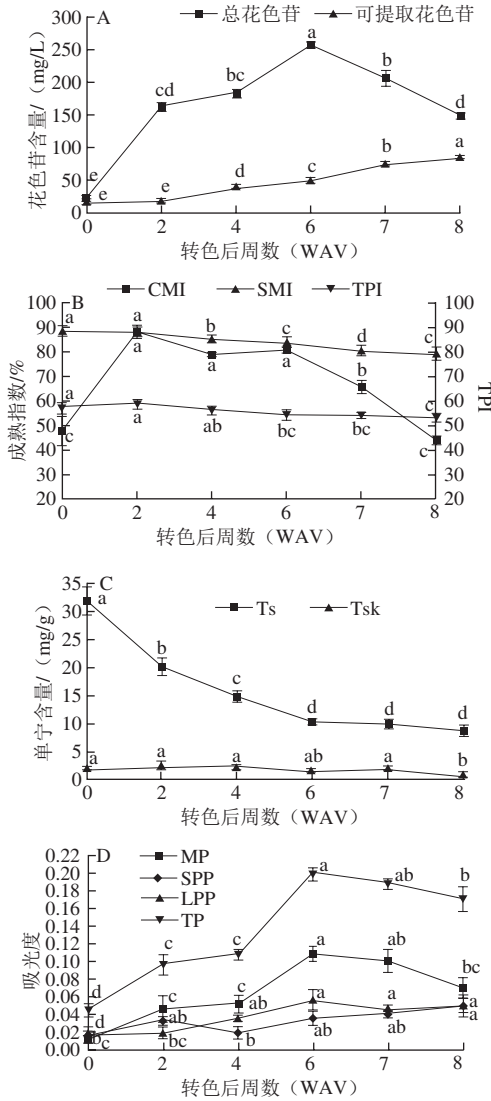
表1 “赤霞珠”葡萄转色后果实基本理化指标变化
Table 1 Changes in basic physicochemical parameters of Cabernet Sauvignon grapes after veraison

时期 (WAV)	表面积/cm ²	体积/cm ³	粒质量/g	还原糖 含量/(g/L)	可溶性固形物 含量/%Brix	可滴定酸 含量/(g/L)	pH	成熟系数
0	2.94±0.55 ^a	0.48±0.13 ^a	0.58±0.16 ^a	41.7±4.0 ^a	6.56±0.59 ^a	21.20±0.06 ^a	2.82±0.04 ^a	2.0±0.2 ^a
2	3.81±0.70 ^b	0.71±0.19 ^b	0.90±0.23 ^b	143.0±4.6 ^b	15.27±0.32 ^b	6.03±0.11 ^b	3.47±0.03 ^b	23.7±0.9 ^b
4	4.79±0.85 ^c	0.99±0.25 ^c	1.28±0.27 ^c	179.2±1.4 ^c	19.37±0.32 ^c	5.27±0.06 ^c	3.70±0.03 ^c	41.8±1.2 ^c
6	3.87±0.65 ^b	0.72±0.18 ^b	1.10±0.20 ^b	175.0±0.5 ^c	19.03±0.06 ^c	4.30±0.20 ^c	3.96±0.04 ^d	53.1±2.8 ^d
7	4.00±0.96 ^c	0.77±0.28 ^b	1.04±0.35 ^b	171.7±2.9 ^c	18.33±0.15 ^c	4.17±0.06 ^c	3.97±0.12 ^d	53.8±1.0 ^d
8	3.71±0.41 ^b	0.67±0.11 ^b	1.07±0.24 ^b	176.7±2.9 ^c	18.96±0.61 ^c	4.10±0.05 ^c	4.01±0.07 ^d	57.0±0.5 ^c

注: 同列肩标不同小写字母表示不同时期间差异显著 ($P<0.05$)。下同。

由表1可见,果实转色后其物理性状参数的变化在成熟前期 (0~4 WAV) 和成熟后期 (6~8 WAV) 不同。浆果表面积、体积和粒质量在果实转色后均迅速增加,于4 WAV达到最大值。在成熟后期略有下降,且不同时期间差异不显著 ($P<0.05$)。果实还原糖含量和可溶性固形物含量的变化与物理性状参数相似,转色期糖含量较低,随着果实的成熟而迅速增加,并于4 WAV达到最大值,果实成熟后期略有下降。果实可滴定酸含量在转色期显著高于其他各个时期 ($P<0.05$),但随后迅速下降,果实发育后期可滴定酸含量较为稳定,变化较小。成熟系数即糖酸比在果实成熟期间不断上升,尤其在果实成熟前期显著增加 ($P<0.05$),后期变化不明显。综合来看,果实主要理化指标在4 WAV达到最大值,随后略有下降。

2.2 “赤霞珠”葡萄果实酚成熟度指标的变化



同一条折线中不同小写字母表示差异显著 ($P<0.05$)。
A. 花色苷含量; B. 成熟指数; C. 单宁含量; D. 色素含量。

图1 “赤霞珠”葡萄果实转色后酚成熟度指标的变化

Fig. 1 Changes in phenolic maturity indices of Cabernet Sauvignon grapes after veraison

图1A显示,果实转色期浆果中总花色苷含量较低,但在转色后2周 (2 WAV) 总花色苷含量显著增加 ($P<0.05$),并于6 WAV达到最大值 (257.21 mg/L),随后逐渐降低。浆果中可提取花色苷含量在果实成熟期间不断增加,8 WAV含量最高 (84.13 mg/L)。CMI是浆果中难提取部分花色苷与总花色苷含量的比值,用来表示葡萄浆果中花色苷的可提取能力。图1B显示,果实转色时CMI较低,然后显著增加 ($P<0.05$),2 WAV后总体上呈逐渐下降的趋势,果实采收时降至最低,为43.6%。尤其是在果实成熟后期 (6~8 WAV) 浆果中难提取部分花色苷的比例显著降低 ($P<0.05$)。SMI表

示种子中单宁占整个葡萄浆果可提取酚类物质含量的比例。由图1B可见, SMI在转色期最高, 随着果实成熟逐渐下降, 但变化幅度较小。在8 WAV时降至最低, 为79.0%。浆果TPI表示葡萄果实中所有酚类物质的含量水平, 由图1B可见, TPI的变化与SMI相似, 总体上随着果实成熟逐渐降低, 果实采收时降至最低, 为53.3%。上述3个指标主要用来反映酿酒葡萄转色后果实中花色苷、单宁和总酚含量的变化情况, 可以看出“赤霞珠”葡萄成熟期间种子单宁(tannins in seed, Ts)和总酚含量略有下降, 而果皮中可提取的花色苷含量在果实成熟后期逐渐增加。

由图1C可见, Ts含量在转色期最高, 为32.23 mg/g。果实成熟前期显著下降 ($P<0.05$), 6 WAV后变幅较小, 且不同时期Ts含量差异不显著 ($P<0.05$)。在8 WAV降到最低, 为8.60 mg/g种子。果实成熟期间各个时期果皮中单宁含量较种子低, 且整个成熟期间变化较小。果实采收时含量最低, 为0.52 mg/g。图1D显示, 果实转色后果皮中总色素(total pigments at pH 4.9, TP)含量显著增加, 在6 WAV达到最大值, 为0.199 1。果实成熟后期略有降低。果皮中单聚体色素(monomeric pigments, MP)含量和TP变化相似, 6 WAV时达到最高, 为0.107 1。果皮中小分子聚合色素(small polymeric pigments, SPP)含量在果实成熟期间总体上呈上升趋势, 果实采收时达到最大值, 为0.050 2。果皮中大分子聚合色素(large polymeric pigments, LPP)含量在果实转色期较低, 随着果实成熟不断增加, 在6 WAV达到最高, 为0.055 4。随后略有下降, 但不同时期无显著性差异 ($P<0.05$)。总体而言, “赤霞珠”葡萄果实成熟期间各个时期MP含量高于SPP和LPP, 果实成熟前期SPP含量高于LPP, 而果实成熟后期LPP含量略高于SPP, 采收时两者含量接近。

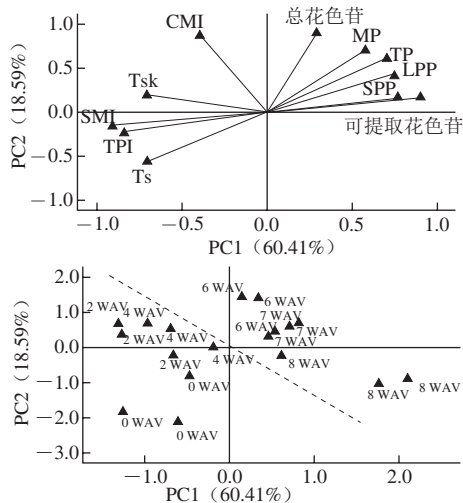


图2 “赤霞珠”葡萄果实转色后酚成熟指标的PCA

Fig. 2 Principal component analysis of phenolic maturity indices of Cabernet Sauvignon grapes after veraison

为更好地了解“赤霞珠”葡萄果实转色后浆果酚成熟度指标在不同成熟阶段间的差异, 对上述11个表征果实酚类物质成熟情况的指标进行了PCA。由图2A可见, PC1主要综合了SMI、TPI、可提取花色苷、SPP、LPP、TP、Ts和果皮单宁(tannins in skin, Tsk)等指标信息, 包含了原有信息量的60.41%。其中可提取花色苷、SPP、LPP和TP在PC1上呈正向分布, 其余指标呈负向分布, 即在PC1正坐标方向值越大, 上述4个指标含量越高, 而SMI、TPI、Ts和Tsk值越小。综合来看, PC1可以命名为单宁品质因子。PC2主要综合了总花色苷、CMI和MP等指标信息, 包含了原有信息量的18.59%。上述3个指标在PC2上呈正向分布, 即在PC2正坐标方向值越大, 总花色苷、CMI和MP值越大。综合来看, PC2可以命名为花色苷品质因子。

图2B表示了“赤霞珠”葡萄转色后不同时期果实酚成熟情况与PC1和PC2的关系。果实成熟前期的各个时期(包括0、2、4 WAV)集中于PC1的负坐标方向, 果实成熟后期的各个时期(包括6、7、8 WAV)集中于PC1的正坐标向。可见果实成熟前期单宁含量较高, 果实成熟后期与单宁品质相关的指标含量有所降低。从PC2即花色苷品质因子来看, 转色期(0 WAV)和采收期(8 WAV)都分布在PC2的负坐标方向, 2个时期浆果花色苷含量较低。

PC1和PC2分别从不同方面反映了不同时期“赤霞珠”葡萄果实的酚成熟情况, 虽然2个主成分综合原信息的能力比较强, 但是单独使用某一个主成分仍然难以对不同成熟期“赤霞珠”葡萄果实的酚成熟度做出评价。综合2个主成分建立主成分方程, 求出各主成分的得分并计算综合得分(表2、3)。综合得分大于0, 说明与“赤霞珠”葡萄酚成熟度相关的整体品质在平均水平之上, 反之在平均水平之下。

表2 主因子方差分析
Table 2 Variance analysis of principal components

主成分	初始特征值		
	特征值	方差贡献率/%	累积贡献率/%
1	6.645	60.41	60.41
2	2.045	18.59	79.00

表3 不同成熟期“赤霞珠”葡萄果实酚成熟度的综合评价
Table 3 Comprehensive level of phenolic maturity of Cabernet Sauvignon grapes with different ripening dates

时期(WAV)	PC1		PC2		综合	
	得分	排名	得分	排名	得分	排名
0	-156.576	6	9.700	6	-117.447	6
2	-124.135	5	189.402	4	-50.351	5
4	-88.159	4	206.735	3	-18.762	4
6	-50.654	3	279.660	1	27.078	1
7	-34.543	2	225.115	2	26.562	2
8	-29.246	1	156.726	5	14.519	3

2.3 “赤霞珠”葡萄浆果感官特性的变化

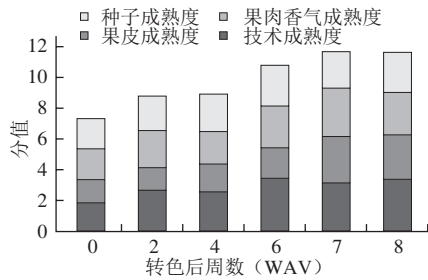


图3 “赤霞珠”葡萄转色后浆果感官评价得分

Fig. 3 Scores of berry sensory assessment of Cabernet Sauvignon grapes after veraison

由图3可见，果实转色后浆果感官评价中的4种成熟度得分逐渐增加，但在果实成熟后期变化较小。技术成熟度和种子成熟度得分均在6 WAV达到最大值，分别为3.43、2.63分。果肉香气成熟度和果皮成熟度得分在7 WAV最高，分别为3.00、3.12分。果实成熟期间所有成熟度得分都没有达到第4级即得分为4.10~4.90。另外，转色后各个成熟时期种子成熟度得分均较低（小于3.00分），说明果实采收前种子的成熟度都较差。综合来看（表4），“赤霞珠”葡萄果实在7 WAV具有较好的技术成熟度、果肉香气成熟度和果皮成熟度。

表4 “赤霞珠”葡萄浆果感官分析结果
Table 4 Interpretation scale of berry sensory assessment

类别	成熟水平			
	1	2	3	4
技术成熟度	×	□■	△▲○	
果肉香气成熟度	×	□■	△○	▲
果皮成熟度		×	□■△○	▲
种子成熟度	×	□■△▲○		

注：×、□、■、△、▲、○分别表示采样时期为0、2、4、6、7、8 WAV。

3 讨论与结论

红葡萄酒消费者越来越喜欢具有较深的红色、柔和的单宁和一定果香的产品，这就要求葡萄果实在采收时已经充分成熟。从和葡萄酒质量的关系来看，果实含糖量和葡萄酒的关系最为密切，因此往往首先作为葡萄的成熟指标^[24]。果实转色后可溶性固形物含量的变化和糖含量逻辑斯蒂增长曲线也常用于酿酒葡萄成熟度判断和采收期预测^[4]。另外，为了保证葡萄酒的结构平衡，浆果中的酸含量需要控制在一定范围内，适宜的糖酸比是酿造优质葡萄酒的重要基础。因此，糖酸比即成熟系数常作为酿酒葡萄成熟度的指标。郑瑜琬等^[25]发现干热地区“霞多丽”葡萄成熟期间成熟系数为23.0~44.2，且葡萄酒中各种酚类物质含量和抗氧化活性与果实中可溶性固形物含量呈显著正相关。牛立新等^[26]研究认为我国中部

或气候类似产区采用葡萄果实含糖量跃变期结束时间的相对指标作为采收期更加客观合理，并能有效减少降雨对葡萄质量的危害。也有研究采用果实糖含量结合成熟系数共同评价酿酒葡萄果实的成熟度，并以此确定该产区的适宜采收期^[24,27-28]。本研究中结合成熟系数和果实中还原糖含量的变化来看，“赤霞珠”葡萄在转色后第4周（4 WAV）已经达到技术成熟度。我国渭北旱塬地区属于大陆性季风气候，葡萄成熟期间降雨较多，果实糖含量相对较低，且容易发生果实病害。尤其是2014年“赤霞珠”葡萄成熟后期降雨密集，导致果实糖含量在转色后第4周达到高峰后有所降低。葡萄转色后的天气特别是降雨情况是我国雨热同季气候条件下大部分酿酒葡萄产区成熟度监测和确定采收期时需要考虑的重要因素之一。

葡萄与葡萄酒中的酚类物质结构复杂，种类较多，其中花色苷和单宁直接影响葡萄酒的颜色、收敛性和风味等。目前酿酒葡萄酚成熟度的测定主要采用基于酚类物质提取率的CMI和SMI即Glories指数的方法^[29]。一般认为葡萄成熟期间当CMI和SMI均降至30%左右时浆果具有较好的酚成熟度^[30]。但各个产区测得值往往高于该值^[10,21]。本研究中“赤霞珠”葡萄CMI和SMI总体上随着果实成熟逐渐降低，但两个指数值仍然较高。这与产区气候、土壤条件、品种特性等有关。葡萄果实中花色苷主要位于浆果表皮下3~4层细胞的液泡里，因此花色苷的提取效率与果皮显微结构密切相关。试验葡萄园地处我国渭北旱塬，葡萄成熟期间热量和水分充足，果皮较厚，花色苷提取较难，CMI值较高。如果葡萄采收时CMI和SMI较高，一般在发酵初期采用较低的浸渍温度，并避免过长的浸渍以提高所酿酒中花色苷的含量，同时减少来自于种子的单宁含量。本研究中“赤霞珠”葡萄成熟期间浆果中总花色苷和可提取花色苷含量的变化规律与前人研究基本一致，但是其含量值相对较低。这可能与采用的分析方法和2014年的气候有关。目前CMI和SMI主要采用SO₂脱色法进行测定，所测得的花色苷含量一般较pH示差法和高效液相色谱法的值低^[31]。另外，花色苷是花色素和糖相结合的一种糖苷化合物。本实验中葡萄成熟后期较多的降雨导致果实糖含量下降，浆果受光量降低，花色素合成受阻，因此花色苷含量有所下降。

单宁是影响葡萄酒收敛性、颜色稳定性等的重要因素。葡萄转色后种子中单宁含量逐渐降低，这可能与种子中单宁的氧化并逐渐形成种衣有关，果皮中单宁含量则在转色后略有下降或者基本保持稳定^[32]。这与本研究的结果一致。聚合色素是单聚体花色苷和单宁或黄烷-3-醇类物质如儿茶素、表儿茶素等聚合形成，能促进葡萄酒颜色的稳定。本研究中聚合色素的变化规律也与果实中总花色苷含量的变化基本一致，不同分子大小的聚合色素在果实转色后逐渐增加，转色后第6周达到最大

值,整个成熟期间主要以MP为主,这与Harbertson等^[22]的研究结果一致。

目前酿酒葡萄酚成熟度的测定往往需要复杂的前处理和昂贵的仪器设备,检测时间较长、成本较高,难以实现果实转色后快速、连续和大样本量的监测。因此,更多的研究集中于酚成熟度的快速检测方法上。研究发现,葡萄成熟期间果皮和种子中酚类物质含量及其可提取率与其质地特性^[19,33-34]、光谱吸收特性^[12]等具有相关性,并采用计算机视觉技术结合逐步回归模型建立了种子酚成熟度的预测方法^[11]。这些方法具有操作简单、快速等特点,为实现酿酒葡萄酚成熟度的连续、快速监控提供了一定的参考,但仍需要深入研究其内在联系和建立可靠的数学模型。

葡萄成熟期间浆果中糖、酸、酚类物质和香气物质的种类及比例,以及浆果硬度的变化让葡萄果实表现出不同的感官特性。因此,浆果的感官特性可以反映葡萄的成熟情况^[17]。Meléndez等^[35]研究发现果实技术成熟度和酚成熟度并不能同时达到,果实采收时29个样本中虽然20个样本达到了很高的技术成熟度,但只有16、10、4个样本分别达到了较高的果肉香气成熟度、果皮成熟度和单宁成熟度。本研究中“赤霞珠”葡萄转色后各类成熟度得分逐渐增加,转色后第7周时技术成熟度、果肉香气成熟度和果皮成熟度均较好。但是本实验中基于浆果感官评价的各种成熟度得分相对较低,主要集中于2分和3分,这可能与2014年渭北旱塬的气候条件和葡萄园管理有关。大量的降水和较高的产量导致了成熟期间果实糖度、香气和单宁等物质含量下降,因此综合得分较低。浆果感官评价具有操作简单、不需要仪器设备和化学试剂等优点,但是需要提前培训分析人员,并尽量保持小组成员的固定,以保证结果的可靠性。

本研究采用了3种不同的成熟度评价指标体系,发现酿酒葡萄“赤霞珠”果实转色后不同成熟度类型之间具有一定的差异性和不同步性。但是由于葡萄成熟度受品种遗传特性、产区生态条件和栽培管理措施等影响,以后应加强不同产区、不同品种和不同年份的研究,以进一步构建合理的酿酒葡萄成熟度指标体系及快速检测方法。

参考文献:

- [1] CARBONNEAU A, CHAMPAGNOL F, DELOIRE A, et al. Récolte et qualité du raisin[M]//FLANZY C. Enologie, fondements scientifiques et technologiques. Paris: Technique et Documentation Lavoisier, 1998: 649-670.
- [2] KENNEDY J A, SAUCIER C, GLORIES Y. Grape and wine phenolics: history and perspectives[J]. American Journal of Enology and Viticulture, 2006, 57(3): 239-248.
- [3] SCHNEIDER R, RAZUNGLES A, CHARRIER F, et al. Effet du site, de la maturité et de l'éclaircissement des grappes sur la composition aromatique des baies de *Vitis vinifera* L. cv. Melon B. dans le vignoble du Muscadet[M]. Paris: Bulletin de l'OIV, 2002: 270-282.
- [4] SADRAS V O, PETRIE P R. Predicting the time course of grape ripening[J]. Australian Journal of Grape and Wine Research, 2012, 18(1): 48-56. DOI:10.1111/j.1755-0238.2011.00169.x.
- [5] 张福庆, 李巍, 田卫东, 等. 天津地区赤霞珠和梅鹿特葡萄浆果发育特点和采收期的确定[J]. 农业工程学报, 2003, 20(增刊1): 112-115.
- [6] 李华, 王华, 袁春龙, 等. 葡萄酒工艺学[M]. 北京: 科学出版社, 2007: 43.
- [7] PARPINELLO G P, VERSARI A, CHINNICI F, et al. Relationship among sensory descriptors, consumer preferences and color parameters of Italian Novello red wines[J]. Food Research International, 2009, 42(10): 1389-1395. DOI:10.1016/j.foodres.2009.07.005.
- [8] VIDAL S, FRANCIS L, NOBLE A, et al. Taste and mouth-feel properties of different types of tannin-like polyphenolic compounds and anthocyanins in wine[J]. Analytica Chimica Acta, 2004, 513(1): 57-65. DOI:10.1016/j.aca.2003.10.017.
- [9] ROLLE L, SIRET R, RÍO SEGADE S, et al. Instrumental texture analysis parameters as markers of table-grape and winegrape quality: a review[J]. American Journal of Enology and Viticulture, 2012, 63(1): 11-28. DOI:10.5344/ajev.2011.11059.
- [10] ROLLE L, RÍO SEGADE S, TORCHIO F, et al. Influence of grape density and harvest date on changes in phenolic composition, phenol extractability indices, and instrumental texture properties during ripening[J]. Journal of Agricultural and Food Chemistry, 2011, 59(16): 8796-8805. DOI:10.1021/jf201318x.
- [11] RODRÍGUEZ-PULIDO F J, FERRER-GALLEGO R, GONZÁLEZ-MIRET M L, et al. Preliminary study to determine the phenolic maturity stage of grape seeds by computer vision[J]. Analytica Chimica Acta, 2012, 732(Suppl 1): 78-82. DOI:10.1016/j.aca.2012.01.005.
- [12] CHEN Shanshan, ZHANG Fangfang, NING Jifeng, et al. Predicting the anthocyanin content of wine grapes by NIR hyperspectral imaging[J]. Food Chemistry, 2015, 172(2): 788-793. DOI:10.1016/j.foodchem.2014.09.119.
- [13] 杨晓帆, 高媛, 韩梅梅, 等. 云南高原区酿酒葡萄果实香气物质的积累规律[J]. 中国农业科学, 2014, 47(12): 2405-2416. DOI:10.3864/j.issn.0578-1752.2014.12.013.
- [14] HERNANDEZ-ORTE P, CONCEJERO B, ASTRAIN J, et al. Influence of viticulture practices on grape aroma precursors and their relation with wine aroma[J]. Journal of the Science of Food and Agriculture, 2015, 95(4): 688-701. DOI:10.1002/jsfa.6748.
- [15] FANG Y, QIAN M C. Aroma potential in early- and late-maturity Pinot noir grapes evaluated by aroma extract dilution analysis[J]. Journal of Agricultural and Food Chemistry, 2016, 64(2): 443-450. DOI:10.1021/acs.jafc.5b04774.
- [16] MANTILLA S M O, COLLÍNS C, ILAND P G, et al. Review: berry sensory assessment: concepts and practices for assessing winegrapes' sensory attributes[J]. Australian Journal of Grape and Wine Research, 2012, 18(3): 245-255. DOI:10.1111/j.1755-0238.2012.00203.x.
- [17] le MOIGNE M, MAURY C, BERTRAND D, et al. Sensory and instrumental characterisation of Cabernet Franc grapes according to ripening stages and growing location[J]. Food Quality and Preference, 2008, 19(2): 220-231. DOI:10.1016/j.foodqual.2007.03.004.
- [18] ROUSSEAU J, DELTEIL D. Presentation d'une methode d'analyse sensorielle des baies de raisin. Principe, methode, interpretation[J]. Revue Française d'Oenologie, 2000, 183(3): 10-13.
- [19] RÍO SEGADE S, GIACOSA S, GERBI V, et al. Berry skin thickness as main texture parameter to predict anthocyanin extractability in winegrapes[J]. LWT-Food Science and Technology, 2011, 44(2): 392-398. DOI:10.1016/j.lwt.2010.09.004.

- [20] 王华. 葡萄酒分析检验[M]. 北京: 中国农业出版社, 2011: 57-62.
- [21] CAGNASSO E, TORCHIO F, GERBI V, et al. Evolution of the phenolic content and extractability indices during ripening of Nebbiolo grapes from the piedmont growing areas over six consecutive years[J]. South African Journal of Enology and Viticulture, 2011, 32(2): 229-241.
- [22] HARBERTSON J F, PICCIOTTO E A, ADAMS D O. Measurement of polymeric pigments in grape berry extract and wines using a protein precipitation assay combined with bisulfite bleaching[J]. American Journal of Enology and Viticulture, 2003, 54(4): 301-306.
- [23] WINTER E, WHITING J, ROUEASU J. Winegrape berry sensory assessment in Australia[M]. Adelaide: Winetitles, 2004: 8-32.
- [24] SADRAS V O, COLLINS M, SOAR C J. Modelling variety-dependent dynamics of soluble solids and water in berries of *Vitis vinifera*[J]. Australian Journal of Grape and Wine Research, 2008, 14(3): 250-259. DOI:10.1111/j.1755-0238.2008.00025.x.
- [25] 郑瑜琬, 任章成, 杜展成, 等. 干热地区葡萄成熟度对霞多丽葡萄酒中酚类物质及抗氧化活性的影响[J]. 中国食品学报, 2013, 13(11): 90-96. DOI:10.16429/j.1009-7848.2013.11.019.
- [26] 牛立新, 贺普超. 酿酒葡萄的最佳采收期[J]. 果树科学, 1991, 8(4): 229-232. DOI:10.13925/j.cnki.gsxb.1991.04.008.
- [27] 陈代, 李德美, 战吉成, 等. 温度和日照时间对河北怀来霞多丽葡萄成熟度指标的影响[J]. 中国农业科学, 2011, 44(3): 545-551. DOI:10.3864/j.issn.0578-1752.2011.03.015.
- [28] 宋于洋, 王炳举, 塔依尔. 石河子地区酿酒葡萄成熟度与葡萄酒质量的研究[J]. 西北农业学报, 2006, 15(3): 153-156.
- [29] SAINT-CRIQ N, VIVAS N, GLORIES Y. Maturité phenolique: definition et contrle[J]. Revue Francaise d'Oenologie, 1998, 173(2): 22-25.
- [30] ZAMORA MARÍN F. Elaboración y crianza del vino tinto: aspectos científicos y prácticos[M]. Madrid: Mundi-Prensa, 2003: 23-27.
- [31] 张娟, 王晓宇, 田呈瑞, 等. 基于酚类物质的酿酒红葡萄品种特性分析[J]. 中国农业科学, 2015, 48(7): 1370-1382. DOI:10.3864/j.issn.0578-1752.2015.07.12.
- [32] KENNEDY J A, MATTHEWS M A, WATERHOUSE A L. Changes in grape seed polyphenols during fruit ripening[J]. Phytochemistry, 2000, 55(1): 77-85. DOI:10.1016/S0031-9422(00)00196-5.
- [33] ROLLE L, TORCHIO F, FERRANDINO A, et al. Influence of wine-grape skin hardness on the kinetics of anthocyanin extraction[J]. International Journal of Food Properties, 2012, 15(1/2): 249-261. DOI:10.1080/10942911003778022.
- [34] GARCIA-ESTEVEZ I, ANDRES-GARCIA P, ALCALDE-EON C, et al. Relationship between agronomic parameters, phenolic composition of grape skin, and texture properties of *Vitis vinifera* L. cv. Tempranillo[J]. Journal of Agricultural and Food Chemistry, 2015, 63(35): 7663-7669. DOI:10.1021/acs.jafc.5b00275.
- [35] MELÉNDEZ E, ORTIZ M C, SARABIA L A, et al. Modelling phenolic and technological maturities of grapes by means of the multivariate relation between organoleptic and physicochemical properties[J]. Analytica Chimica Acta, 2013, 761(1): 53-61. DOI:10.1016/j.aca.2012.11.021.