

不同棚膜颜色对赤霞珠葡萄果实氨基酸含量的影响

陈华伟¹, 乐小凤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技术研究中心, 陕西 杨凌 712100)

摘要: 葡萄中的氨基酸含量是影响葡萄和葡萄酒香气品质的重要因素。试验以陕西泾阳的赤霞珠葡萄为试材, 研究了不同颜色的避雨棚膜(白色、蓝色和紫色)对葡萄成熟时氨基酸含量的影响。结果表明, 连续两年, 蓝色和白色棚膜显著提高了葡萄中的谷氨酸、丝氨酸和天冬氨酸含量($P<0.05$); 蓝色棚膜显著提高了葡萄中精氨酸、甘氨酸和丙氨酸等大部分氨基酸的含量($P<0.05$)。综合考虑, 蓝色棚膜是提升赤霞珠葡萄氨基酸含量的最佳棚膜。

关键词: 赤霞珠; 氨基酸含量; 避雨栽培; 棚膜颜色

中图分类号: S663.1

文章编号: 0254-5071(2021)03-0143-06

doi:10.11882/j.issn.0254-5071.2021.03.027

引文格式: 陈华伟, 乐小凤, 张振文. 不同棚膜颜色对赤霞珠葡萄果实氨基酸含量的影响[J]. 中国酿造, 2021, 40(3): 143-148.

Effects of different colors of rain-shelter plastic films on the amino acid content of Cabernet Sauvignon grape fruit

CHEN Huawei¹, YUE Xiaofeng¹, 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: Amino acid content of grapes is an important factor affecting the aroma quality of grapes and wines. Using Cabernet Sauvignon (*Vitis vinifera*) in Jingyang, Shaanxi Province as the test material, the effect of different colors of rain-shelter plastic films (white, blue and purple) on the amino acid content of grapes during ripening was studied. The results showed that for two consecutive years, the blue and white rain-shelter plastic films significantly increased the content of glutamic acid, serine and aspartic acid in the grape ($P<0.05$), the blue rain-shelter plastic films significantly increased the contents of most amino acids such as arginine, glycine and alanine in the grape ($P<0.05$). In comprehensive consideration, the blue rain-shelter plastic film was the optimal to increase the amino acid content of Cabernet Sauvignon grapes.

Key words: Cabernet Sauvignon; amino acid contents; rain-shelter cultivation; rain-shelter plastic films color

氨基酸是葡萄中重要的含氮化合物, 主要分布在果皮和果肉中, 在酿酒过程中为酿酒酵母提供动力, 也是葡萄中某些香气的前体物质^[1]。氨基酸对葡萄酒风味的影响主要集中在它们的次级产物支链和芳香族氨基酸的代谢上, 如高级醇及其相关的酯、氧化酯等^[2]。研究证明挥发性酚类、醚类和酯类物质是由色氨酸、酪氨酸和苯丙氨酸作为前体物质通过莽草酸途径合成。亮氨酸、异亮氨酸和缬氨酸可能是甲氧基吡嗪的合成底物, 在葡萄果实中是青椒味香气特征的重要化合物, 对葡萄酒的风味具有一定影响^[3]。氨基酸浓度和组成会受葡萄品种、成熟度、砧木和气候等条件影响^[4-5]。ITAY M等^[6]研究发现, 通过添加外源亮氨酸和苯丙氨酸可以促进玫瑰香葡萄中醛类和醇类的合成。颜孙安等^[7]的研究表明, 精氨酸、谷氨酸和天冬氨酸等风味氨基酸, 随采摘期延长呈现先升后降的变化趋势。

陕西泾阳属大陆性季风气候, 降水主要集中在葡萄生

长和成熟时期, 易导致葡萄果实发生病害和品质降低^[8]。避雨栽培在树冠顶部设置薄膜等设施, 不用裙边, 保持四周通风, 以达到避免雨水侵袭葡萄果实的目的。研究表明, 避雨栽培可降低空气湿度、有效减轻葡萄病害和农药残留、提高果实品质、扩大栽培范围, 提高生产效益^[9-10], 但是避雨栽培条件下光照减弱^[11], 给果树生长和品质带来不利。刘玉兰等^[12]研究表明, 弱光条件下, 使用彩色薄膜可以通过调节光质进而促进葡萄的光合作用。不同颜色薄膜有不同的热量和辐射特性, 紫色棚膜能促进葡萄果实还原糖、单宁和总花色苷的积累, 蓝色棚膜则有利于类黄酮类物质的积累^[13]。HEO J等^[14]研究表明, 混合光可通过提高净光合速率进而促进植株生长。KURILCIK A等^[15]研究证实, 蓝光有利于光合色素的形成。粉红色荧光薄膜可以改变设施内的光质, 从而改善阳光玫瑰葡萄的品质^[16]。但不同颜色棚膜对酿酒葡萄成熟时氨基酸含量的影响研究较少。

收稿日期: 2020-10-02

修回日期: 2020-01-25

基金项目: 国家现代农业产业技术体系建设专项(CARS-29-ZP-06)

作者简介: 陈华伟(1995-), 男, 硕士研究生, 研究方向为食品工程。

*通讯作者: 张振文(1960-), 男, 教授, 硕士, 研究方向为葡萄与葡萄酒。

主成分分析 (principal components analysis, PCA) 是将原始变量重新组成新的互相无关的几个综合变量,进而代替原始变量的统计方法^[7]。由于果实中氨基酸与葡萄酒香气的密切关系,本试验通过选用不同颜色薄膜改变光质,研究薄膜颜色对赤霞珠 (Cabernet Sauvignon) 氨基酸含量的影响,采用主成分分析和相关分析对氨基酸成分进行差异性分析,以期了解这些氨基酸组分的变化规律,旨在筛选最佳棚膜颜色,为提升中国夏季多雨地区酿酒葡萄原料的品质提供理论参考。本试验通过选用不同颜色薄膜改变光质,主要研究薄膜颜色对赤霞珠氨基酸含量的影响,旨在筛选最佳棚膜颜色,为提升中国夏季多雨地区酿酒葡萄原料的品质提供理论参考。

1 材料与方法

1.1 材料与试剂

1.1.1 原料

赤霞珠葡萄:陕西泾阳日新农业葡萄生产基地,定植于2009年,行距为0.8 m×2.5 m,进行常规田间栽培管理。

1.1.2 化学试剂

盐酸、甲酸、碳酸钠、甲基纤维素、硫酸铵、十二水合磷酸氢二钠、甲醇和乙腈(均为分析纯):美国Sigma-Aldrich公司;氨基酸标准品(天冬氨酸(Asp)、谷氨酸(Glu)、丝氨酸(Ser)、组氨酸(His)、甘氨酸(Gly)、苏氨酸(The)、精氨酸(Arg)、丙氨酸(Ala)、酪氨酸(Tyr)、半胱氨酸(Cys)、缬氨酸(Val)、蛋氨酸(Met)、异亮氨酸(Ile)、赖氨酸(Lys)、脯氨酸(Pro))(纯度>99%)、磷酸盐缓冲液、邻苯二甲醛(phthalic dicarboxaldehyde, OPA)、9- 芴甲基氯甲酸酯(9-fluorene methyl chloroformate, FMOC):日本Shimadzu公司。

1.2 仪器与设备

LC-2030型岛津高效液相色谱 (high performance liquid chromatography, HPLC) 仪(配二极管阵列(photo-diode array, PDA) 检测器)、AJS-02色谱柱(4.6 mm×150 mm, 3 μm):日本岛津公司;GL-20G-H 型高速冷冻离心机:上海安亭科学仪器厂。

1.3 方法

1.3.1 试验设计

在陕西省泾阳县日新农业葡萄生产基地进行相关实验。2016年和2017年在赤霞珠葡萄转色前一周搭建白色、蓝色和紫色的无滴聚乙烯膜(厚度为0.06 mm,棚宽1.7 m,高2.2 m),不处理的葡萄为对照。每个处理90棵葡萄树,重复3次。采样时兼顾阴面和阳面,从每穗葡萄肩、中、顶部采取长势一致的葡萄果实。各重复随机选取30株,每株随机选取1穗,每穗采5粒,编号记录,于-40 ℃贮藏待用。

1.3.2 果实氨基酸含量的测定

氨基酸含量的测定主要参考YUE X F等^[8]的方法,每个处理随机取100粒果实,在液氮环境下去籽后磨粉,将

粉末收集于50 mL离心管中,4 ℃条件下浸渍4 h后在4 ℃、10 000 r/min条件下离心10 min,用0.45 μm的尼龙膜过滤葡萄汁,取100 μL过滤后的葡萄汁与50 μL内标和400 μL 0.1 mol/L HCl混合,分离柱为AJS-02色谱柱(4.6 mm×150 mm, 3 μm),柱温:45 ℃。洗脱液A:2 000 mL盐酸缓冲液(pH 8.2),9.0 g磷酸氢二钠十二水合物和9.5 g四硼酸钠十水合物;洗脱液B:水:乙腈:甲醇(10:45:45, V/V)。氨基酸的定性和定量参照刘沛通等^[9]方法,每样品重复测定3次,取平均值(n=3)。

1.3.3 数据分析

试验数据采用SPSS19.0软件进行统计分析,使用Duncan's差异显著性分析,显著水平 $P<0.05$ 。用Origin 2018软件制作图表。

2 结果与分析

2.1 不同棚膜颜色对果实氨基酸含量的影响

2016年和2017年不同棚膜避雨栽培模式下的氨基酸含量分别见表1和表2。

表1 2016年棚膜颜色对葡萄氨基酸含量的影响
Table 1 Effect of color of rain-shelter plastic film on amino acids contents of grape in 2016

氨基酸	2016年			
	对照(无棚膜)	紫色棚膜	蓝色棚膜	白色棚膜
天冬氨酸(Asp)	11.24±0.69c	10.64±0.92c	24.19±0.56a	16.12±1.11b
谷氨酸(Glu)	63.87±1.34c	58.17±2.29d	93.47±2.99a	71.21±1.72b
丝氨酸(Ser)	44.67±1.11b	41.05±3.08b	51.22±5.05a	45.25±2.06b
组氨酸(His)	63.09±1.51b	66.34±0.81a	63.13±0.22b	66.59±0.61a
甘氨酸(Gly)	26.81±0.65c	27.04±0.07c	32.49±0.34a	28.48±0.48b
苏氨酸(Thr)	61.25±1.03c	63.48±1.28b	74.39±0.94a	64.32±0.64b
精氨酸(Arg)	268.31±8.95b	173.31±12.76d	333.37±15.18a	237.78±7.07c
丙氨酸(Ala)	73.72±0.53b	71.25±2.71b	92.61±2.16a	72.54±1.34b
酪氨酸(Tyr)	185.26±0.11a	185.23±0.15a	185.29±0.12a	185.32±0.09a
胱氨酸(Cys)	118.28±4.72a	119.71±6.82a	117.68±7.84a	118.58±7.04a
缬氨酸(Val)	59.33±0.81c	98.63±3.08a	94.51±3.64a	82.42±2.73b
甲硫氨酸(Met)	25.46±0.34a	25.15±0.05a	24.75±0.71a	25.03±0.18a
异亮氨酸(Ile)	25.97±0.55b	28.66±0.36a	28.66±0.34a	26.54±0.85b
赖氨酸(Lys)	151.64±0.43a	151.36±0.42a	150.97±0.45a	152.11±0.41a
脯氨酸(Pro)	172.91±1.46b	165.17±1.42c	193.61±4.13a	167.04±3.04c
总量	1 351.82±5.35b	1 285.16±4.08c	1 560.33±15.65a	1 359.28±4.83b

注:不同小写字母表示差异显著($P<0.05$)。

从表1和表2可看出,4种栽培模式下均检测到15种氨基酸组分,精氨酸含量(173.31~457.19 mg/L)均是最高的,其次是酪氨酸(180.63~185.32 mg/L)、脯氨酸(162.57~195.08 mg/L)、赖氨酸(145.48~152.11 mg/L)和胱氨酸(117.68~125.43 mg/L),天冬氨酸(10.64~42.06 mg/L)、甲硫氨酸(24.75~25.46 mg/L)、甘氨酸(26.61~32.49 mg/L)和异亮氨酸(21.99~28.66 mg/L)含量均较少。

表2 2017年棚膜颜色对葡萄氨基酸含量的影响
Table 2 Effect of color of rain-shelter plastic film on amino acids contents of grape in 2017

氨基酸	2017年			
	对照(无棚膜)	紫色棚膜	蓝色棚膜	白色棚膜
天冬氨酸(Asp)	25.12±0.62d	39.24±0.14b	38.23±0.51c	42.06±0.61a
谷氨酸(Glu)	34.15±0.71c	54.31±1.09b	58.01±1.57a	57.97±1.53a
丝氨酸(Ser)	39.72±2.64b	44.57±1.91a	46.89±0.46a	47.63±1.08a
组氨酸(His)	59.46±0.73a	55.19±1.88b	58.89±1.58a	57.45±2.16a
甘氨酸(Gly)	27.49±0.29b	26.61±0.36c	29.64±0.34a	27.11±0.14bc
苏氨酸(Thr)	62.32±0.66b	63.26±1.66b	66.43±1.98a	64.33±0.65ab
精氨酸(Arg)	283.32±9.86d	362.56±12.12c	457.19±21.68a	421.78±16.36b
丙氨酸(Ala)	84.54±1.21b	86.41±0.78b	96.82±4.64a	96.62±4.07a
酪氨酸(Tyr)	180.63±0.29a	180.79±0.11a	180.82±0.15a	180.68±0.16a
胱氨酸(Cys)	121.01±5.39a	124.12±6.46a	125.43±7.08a	122.79±6.56a
缬氨酸(Val)	99.13±3.42a	98.43±4.01a	95.78±2.55a	96.31±2.31a
甲硫氨酸(Met)	24.86±0.28a	25.52±0.81a	24.84±0.19a	25.33±0.18a
异亮氨酸(Ile)	21.99±0.51b	24.91±0.51a	26.37±0.75a	25.61±1.19a
赖氨酸(Lys)	145.48±0.39a	145.91±0.36a	145.68±0.49a	145.89±0.38a
脯氨酸(Pro)	162.57±2.12d	184.23±2.15c	189.73±2.91b	195.08±1.64a
总量	1 371.76±4.33d	1 527.01±7.06c	1 640.76±20.12a	1 615.62±11.95b

两年间赤霞珠葡萄果实的酪氨酸、胱氨酸、甲硫氨酸和赖氨酸含量相对稳定,且不同处理间无显著差异($P>0.05$)。天冬氨酸和谷氨酸在发酵时可优先被酿酒酵母所利用,从表1可看出,蓝色和白色棚膜可以显著提高赤霞珠葡萄中的天冬氨酸谷氨酸含量($P<0.05$),紫色棚膜栽培模式和露天栽培模式下天冬氨酸含量差异不显著($P>0.05$),谷氨酸含量略低。从表2可看出,天冬氨酸、谷氨酸和丝氨酸含量均为露天栽培模式下最低,搭建白色、蓝色和紫色棚膜均显著提高了这三种氨基酸的含量($P<0.05$)。

缬氨酸和异亮氨酸在葡萄酒酿造过程中可相应地转化为异丁醇、丙醇、异戊醇和活性戊醇,这些高级醇也可进一步形成高级醇酯,这些酯类和醇类物质是酒中主要的发酵香成分。由表1可知,缬氨酸含量在露天栽培模式下最低,紫色、蓝色和白色棚膜模式下其含量分别提高了66.24%、59.29%和38.92%;异亮氨酸也表现为露天栽培模式下含量较低。氨基酸浓度影响葡萄酒的香气品质,苏氨酸含量越高,酒中苯乙醇和异戊醇含量较高^[20]。由表1看出,蓝色棚膜显著提高了苏氨酸含量($P<0.05$),相比于露天栽培下的葡萄,其含量提高了21.45%。结合表2可看出,不同颜色棚膜对苏氨酸和异亮氨酸的影响受年份变化较小,缬氨酸则年份差异较大,2017年表现出不同处理间含量差异不显著($P>0.05$)。

精氨酸是葡萄中氮的主要储存形式,前人研究表明,精氨酸在赤霞珠葡萄果实转色期时大量积累,在成熟前有小幅度的降低^[21]。由表1和表2可知,精氨酸含量两年差异较大,2016年含量变化范围为173.31~333.37 mg/L,2017年则

为283.32~457.19 mg/L。2016年,相比于露天栽培模式,蓝色棚膜显著提高了葡萄中精氨酸的含量,紫色和白色棚膜则使精氨酸含量显著降低($P<0.05$);2017年,三种颜色棚膜均显著提高了葡萄中氨基酸含量,蓝色、白色和紫色棚膜分别显著提高了61.36%、48.87%和27.97%($P<0.05$)。不同栽培模式下,组氨酸含量差异不大。就甘氨酸和丙氨酸含量来看,2016年蓝色棚膜相比于露天栽培模式下分别提高了21.19%和25.62%;2017年蓝色和白色棚膜均显著提高了丙氨酸的含量($P<0.05$)。脯氨酸是一种植物相容渗透剂,有利于抵御渗透胁迫^[22-24]。2016年,蓝色棚膜显著提高了葡萄中脯氨酸含量($P<0.05$),紫色和白色棚膜栽培模式下葡萄的脯氨酸含量则略有降低;2017年,三种颜色棚膜均使其含量增加,白色棚膜显著提升了18.15%。就氨基酸总量来看,2016年,相比于露天栽培模式下的葡萄(1 351.82 mg/L),蓝色棚膜(1 560.33 mg/L)显著提高了葡萄中氨基酸的总量($P<0.05$),白色棚膜(1 359.28 mg/L)下的葡萄氨基酸总量差异不显著,紫色棚膜则使其含量略有降低;2017年,三种颜色棚膜均显著提高了葡萄中的氨基酸总量($P<0.05$),露天栽培模式下氨基酸总量为1 371.76 mg/L,紫色、蓝色和白色棚膜栽培模式下葡萄的氨基酸总量分别是1 527.01 mg/L、1 640.76 mg/L和1 615.62 mg/L,连续两年蓝色棚膜均可显著提高葡萄的氨基酸总量($P<0.05$)。

2.2 不同棚膜颜色下果实精氨酸和脯氨酸含量比值分析及氨基酸含量相关性分析

棚膜颜色对精氨酸与脯氨酸含量比值的影响情况见图1。

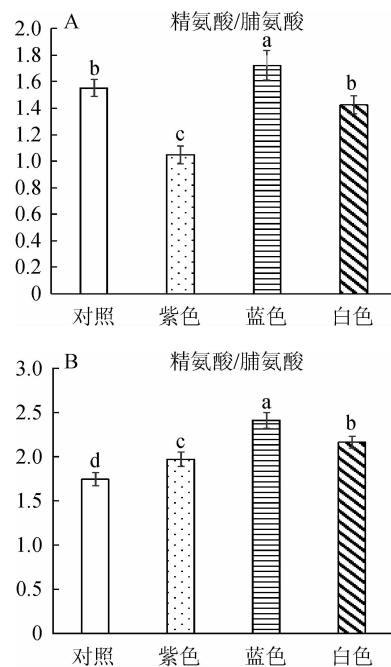


图1 2016年(A)和2017年(B)棚膜颜色对精氨酸与脯氨酸比值的影响
Fig. 1 Effect of color of rain-shelter plastic film on the ratio of arginine to proline in 2016 (A) and 2017 (B)

精氨酸通常是葡萄果实中含量最高的氨基酸,脯氨酸含量也比较高但不能被酿酒酵母同化吸收,所以精氨酸与脯氨酸含量的比例通常用来衡量葡萄的可同化氮状况,比值越高则酵母可利用氮源比例越高^[25]。由图1可知,2016年,蓝色棚膜显著提高了精氨酸与脯氨酸的比值($P<0.05$),紫色棚膜则显著降低了其比值($P<0.05$);2017年,三种颜色的棚膜均显著提高了精氨酸与脯氨酸的比值($P<0.05$),可看出该比值受棚膜颜色影响与氨基酸总量一致。

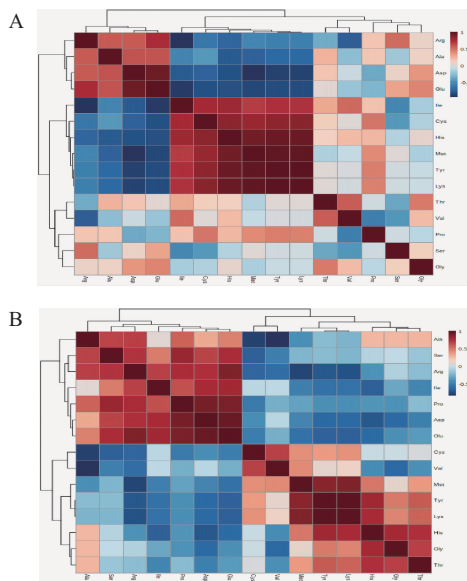


图2 2016年(A)和2017年(B)不同处理的赤霞珠葡萄氨基酸含量的相关性分析

Fig. 2 Correlation analysis of the contents of amino acids in Cabernet Sauvignon with different treatments in 2016 (A) and 2017 (B)

由图2可知,2016年时,天冬氨酸与谷氨酸呈显著正相关,组氨酸与甲硫氨酸、酪氨酸、赖氨酸呈显著正相关($P<0.05$),甲硫氨酸与酪氨酸、赖氨酸呈显著正相关($P<0.05$),酪氨酸与赖氨酸呈显著正相关($P<0.05$),精氨酸与异亮氨酸呈显著负相关($P<0.05$),天冬氨酸与甲硫氨酸呈显著负相关($P<0.05$);2017年,精氨酸与谷氨酸呈显著正相关($P<0.05$),脯氨酸与天冬氨酸、谷氨酸呈显著正相关($P<0.05$),甲硫氨酸与苏氨酸、赖氨酸呈显著正相关($P<0.05$),苏氨酸与赖氨酸呈显著正相关($P<0.05$),丙氨酸与谷氨酸、缬氨酸呈显著负相关($P<0.05$),精氨酸与甲硫氨酸呈显著负相关($P<0.05$)。

2.3 不同棚膜颜色下果实氨基酸含量主成分分析

用SPSS 19.0对赤霞珠的15种氨基酸及其总量进行主成分分析,结果分别见图3和图4。

由图3可知,2016年,累计方差贡献率为97.1%,第1主成分(principal component, PC)方差贡献率为84.1%,第2主成分方差贡献率为13%。不同处理的分布比较分散,紫色

棚膜处理下的葡萄在第一主成分的正方向,受缬氨酸含量影响较大;蓝色棚膜处理下的葡萄在第一主成分的负方向,主要受葡萄中精氨酸、谷氨酸和天冬氨酸含量的影响;白色棚膜处理下的葡萄在第二主成分的正方向,脯氨酸、组氨酸和甘氨酸含量的影响力较高;露天栽培模式下的葡萄主要分布在第二主成分的正方向。

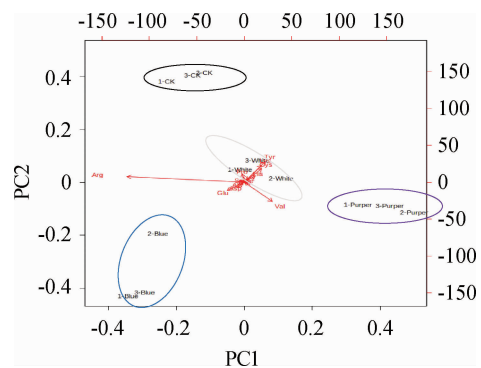
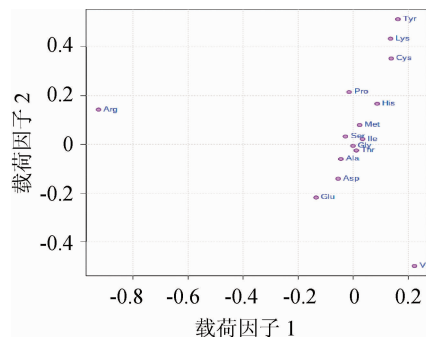
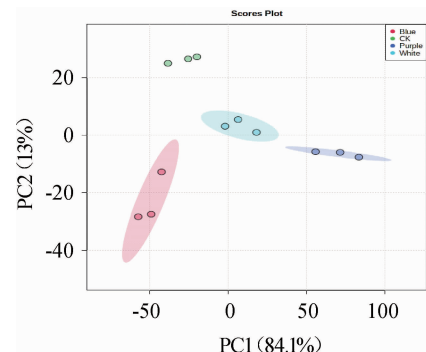


图3 2016年不同处理的赤霞珠葡萄氨基酸含量的主成分分析
Fig. 3 Principal component analysis of the contents of amino acids in Cabernet Sauvignon with different treatments in 2016

由图4可知,2017年,累计方差贡献率为97.6%,第1主成分方差贡献率为94.6%,第2主成分方差贡献率为3%。不同处理的分布与2016年差异较大,露天栽培模式下的葡萄主要分布在第一主成分的正方向;蓝色和白色棚膜处理下的葡萄在第一主成分的负方向,受精氨酸含量影响较大;紫色棚膜处理下的葡萄主要受缬氨酸和谷氨酸等的影响。

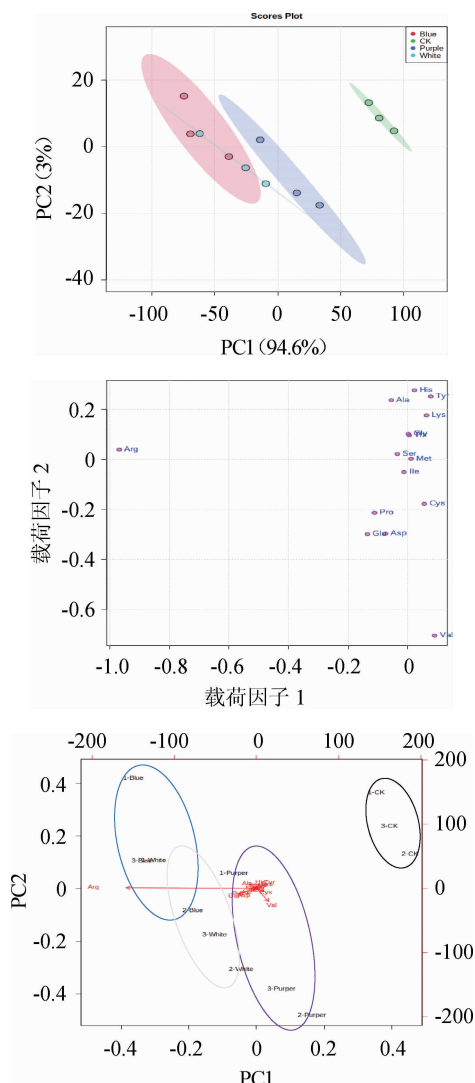


图4 2017年不同处理的赤霞珠葡萄氨基酸含量的主成分分析
Fig. 4 Principal component analysis of the contents of amino acids in Cabernet Sauvignon with different treatments in 2017

3 讨论

游离氨基酸是果实中的重要营养物质和相关风味物质的合成前体,在香蕉^[27]、草莓^[28]、苹果^[29]、番茄^[30]和甜瓜^[31]等果实上均表明相关氨基酸作为重要前体参与了支链酯类的合成。一些氨基酸先通过转氨作用形成支链酮酸,然后经脱氢或脱羧形成酰基辅酶A和支链醇,再经过醇脱氢酶和醇酰基转移酶的催化进而形成支链酯类物质^[30]。氨基酸浓度和组成受到气候等条件影响。本实验室前期试验结果表明,相比于露天栽培,避雨栽培能够降低60%左右的风速,不同颜色棚膜的避雨栽培均能降低葡萄果穗水平的空气温度,同时升高其湿度,造成温湿度差异的主要原因可能是不同颜色棚膜透过的光强、光质不同^[31-33]。刘玉兰等^[12]研究结果表明彩色薄膜对葡萄光合作用有促进作用,红光和蓝光处理可以改善‘巨峰’葡萄果实品质^[34]。本试验通过研究不同颜色棚膜对赤霞珠葡萄氨基酸含量的分析

发现,连续两年,蓝色棚膜可以显著提升葡萄中氨基酸含量。本课题组实验监控发现,2017年生长季的降雨量要比2016年大,三种颜色棚膜均使氨基酸含量提升,其中蓝色棚膜栽培模式下,赤霞珠葡萄的氨基酸含量最高,紫色棚膜受年份影响在两年表现不一致,这可能与不同颜色棚膜在不同年份下果穗光照、温度条件不同有关,但两年同时提高了异亮氨酸的含量。张克坤等^[35]研究结果表明,蓝光可以促进果实成熟和改善果实品质,其推测可能是由于蓝光条件下果实内糖代谢底物充足。

4 结论

本试验以赤霞珠葡萄为试材,研究不同颜色避雨棚膜对氨基酸含量的影响,研究结果表明,连续两年,蓝色和白色棚膜显著提高了葡萄中的谷氨酸、丝氨酸和天冬氨酸含量,紫色棚膜受年份影响在两年表现不一致,但两年同时提高了异亮氨酸的含量;蓝色棚膜显著提高了葡萄中精氨酸、甘氨酸和丙氨酸等大部分氨基酸的含量。综合考虑,蓝色棚膜是提升赤霞珠葡萄氨基酸含量的最佳棚膜。

参考文献:

- [1] BELL S J, HENSCHKE P A. Implications of nitrogen nutrition for grapes, fermentation and wine[J]. *Aust J Grape Wine R*, 2010, 11(3): 242-295.
- [2] YUE X F, JU Y L, TANG Z Z, et al. Effect of severity and timing of basal leaf removal on the amino acids profiles of sauvignon blanc grapes and wines [J]. *J I Agric*, 2019, 18(9): 2052-2062.
- [3] ZHANG X K, LAN Y B, ZHU B Q, et al. Changes in monosaccharides, organic acids and amino acids during Cabernet Sauvignon wine ageing based on a simultaneous analysis using gas chromatography-mass spectrometry[J]. *J Sci Food Agr*, 2018, 98(1): 104-112.
- [4] 王亚钦. 果穗曝光对酿酒葡萄氨基酸积累及葡萄酒发酵香气合成的影响[D]. 北京: 中国农业大学, 2015.
- [5] SCHWAB W, DAVIDOVICH-RIKANATI R, LEWINSOHN E. Biosynthesis of plant-derived flavor compounds[J]. *Plant J*, 2008, 54(4): 712-732.
- [6] ITAY M, DAVIDOVICH R R, DANIEL S, et al. Concealed ester formation and amino acid metabolism to volatile compounds in table grape (*Vitis vinifera* L.) berries[J]. *Plant Sci*, 2018, 274: 223-230.
- [7] 颜孙安, 姚清华, 林香信, 等. 成熟度对红地球葡萄品质的影响[J]. *食品安全质量检测学报*, 2020 (14): 4581-4588.
- [8] 左丽丽, 刘美迎, 惠竹梅, 等. 棚膜颜色对避雨栽培酿酒葡萄果实品质的影响[J]. *西北农业学报*, 2015, 24(8): 116-122.
- [9] CONCEICAO M A F, MARIN F R. Microclimate conditions inside an irrigated vineyard covered with a plastic screen[J]. *Rev Bras Fruticultura*, 2009, 31(2): 423-431.
- [10] 王学娟, 徐冬雪, 王秀芹, 等. 避雨栽培对‘赤霞珠’葡萄果实品质影响的对比研究[J]. *中国农学通报*, 2011, 27(29): 114-118.
- [11] 刘林, 许雪峰, 王忆, 等. 不同反光膜对设施葡萄果实糖分代谢与品质的影响[J]. *果树学报*, 2008, 25(2): 178-181.
- [12] 刘玉兰, 郑有飞, 张晓煜, 等. 光质和光强对酿酒葡萄光合速率及糖分积累的影响[J]. *中国农业气象*, 2006, 27(4): 286-288.
- [13] SHI P, ZUO L, LIU M, et al. Berry anthocyanin content of Cabernet Sauvi-

- gnon (*Vitis vinifera* L.) cultivated under rain-shelter systems with different coloured plastic films[J]. **J Hort Sci Biot**, 2017, 93(1): 8-18.
- [14] HEO J, SHIN K, KIM S. Light quality affects *in vitro* growth of grape 'Teleki 5BB'[J]. **J Plant Biol**, 2006, 49(4): 276-280.
- [15] KURILCIK A, MIKLUSYTE-CANOVA R, ZILINSKAITE S. *In vitro* cultivation of grape culture under solid- state lighting [J]. **So Dininkysteir Darzininkyste**, 2007, 26(3): 235-245.
- [16] 刘帅, 袁登荣, 王志润, 等. 选择性光技术对‘阳光玫瑰’葡萄光合特性和果实品质的影响[J]. 果树学报, 2016, 33 (2): 187-195.
- [17] 林蝉蝉, 何舟阳, 单文龙, 等. 基于主成分与聚类分析综合评价杨凌地区红色鲜食葡萄果实品质[J]. 果树学报, 2020, 37 (4): 74-86.
- [18] YUE X, MA X, TANG Y, et al. Effect of cluster zone leaf removal on monoterpene profiles of Sauvignon Blanc grapes and wines[J]. **Food Res Int**, 2020, 131:109028.
- [19] 刘沛通, 王亚钦, 燕国梁. 复合添加支链氨基酸对“赤霞珠”干红葡萄酒挥发性物质的影响[J]. 中国食品学报, 2018, 18 (2): 174-182.
- [20] GUTIÉRREZ A, CHIVA R. Arginine addition in the stationary phase influences the fermentation rate and synthesis of aroma compounds in a synthetic must fermented by three commercial wine strains[J]. **Food Sci Tech**, 2015, 60(2): 1009-1016.
- [21] HERNÁNDEZ-ORTE, PURIFICACIÓN, CACHO J F, et al. Relationship between varietal amino acid profile of grapes and wine aromatic composition. experiments with model solutions and chemometric study[J]. **J Agr Food Chem**, 2002, 50(10): 2891-2899.
- [22] OLIVA J, GARDE-CERDÁN T, MARTÍNEZ-GIL A M, et al. Fungicide effects on ammonium and amino acids of Monastrell grapes[J]. **Food Chem**, 2011, 129(4): 1676-1680.
- [23] 刘蕊, 田园, 问亚琴, 等. 避雨栽培对酿酒葡萄果实氨基酸含量的影响[J]. 中外葡萄与葡萄酒, 2012 (4): 15-19.
- [24] 许详明, 叶和春, 李国凤. 脯氨酸代谢与植物抗渗透胁迫的研究进展[J]. 植物学通报, 2000, 17 (6): 536-542.
- [25] ASENSIO M L, VALDÉS E, CABELLO F. Characterisation of some Spanish white grapevine cultivars by morphology and amino acid analysis[J]. **Sci Horti-Amsterdam**, 2002, 93(3-4): 289-299.
- [26] PÉREZ A G, RAQYEL O, LUACES P, et al. Biosynthesis of strawberry aroma compounds through amino acid metabolism[J]. **J Agr Food Chem**, 2002, 50(14): 4037-4042.
- [27] 刘林, 张江周, 王斌, 等. 香蕉果指喷施叶面肥对其外观品质和产量的影响[J]. 南方农业学报, 2017, 48 (12): 2204-2209.
- [28] LV J, PANG Q, CHEN X, et al. Transcriptome analysis of strawberry fruit in response to exogenous arginine[J]. **Planta**, 2020, 252(5): 82.
- [29] 乜春兰, 孙建军, 邸葆. 苹果果实香气产生过程中氨基酸和脂肪酸含量及一些相关酶活性的变化[J]. 植物生理与分子生物学报, 2005, 31 (6): 663-667.
- [30] 王欢欢, 马越, 白冰, 等. 番茄果实呈香组分及其代谢途径研究进展[J]. 中国瓜菜, 2018, 31 (12): 1-4.
- [31] 王宝驹, 齐红岩, 刘圆, 等. 薄皮甜瓜果实不同部位中的挥发性酯类物质与氨基酸的关系[J]. 植物生理学报, 2008, 44 (2): 215-220.
- [32] 乜兰春, 孙建设, 黄瑞虹. 果实香气形成及其影响因素[J]. 植物学通报, 2004, 21 (5): 631-637.
- [33] 栗进朝, 段罗顺, 张晓申. 避雨对葡萄病害和光照强度的影响[J]. 果树学报, 2009, 26 (6): 847-850.
- [34] 赵文东, 郭修武, 王欣欣, 等. 光质对延迟栽培巨峰葡萄果实品质的影响[J]. 中国果树, 2011 (1): 20-22.
- [35] 张克坤, 刘凤之, 王孝娣, 等. 不同光质补光对促早栽培‘瑞都香玉’葡萄果实品质的影响[J]. 应用生态学报, 2017, 28 (1): 115-126.