

全球气候变暖对葡萄和葡萄酒品质的影响

刘 敏¹, 闵 卓¹, 鞠延仑¹, 赵现方¹, 房玉林^{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:全球气候变暖对葡萄采收期和果实组分有显著影响, 从而影响葡萄酒酿造工艺、酿酒微生物、葡萄酒化学和葡萄酒的感官品质。温度升高会使葡萄采收期提前, 果实含糖量、钾离子浓度、pH 增加, 酸度和花色苷总量降低, 香气成分发生改变。高温促进果表微生物的繁殖, 会导致酒精发酵减缓或中止。由高温带来的氧化速度加快, 使葡萄酒颜色发生褐变, 并具有氧化味。含糖量过高会对酵母产生渗透胁迫, 促进乙酸、甘油等发酵副产物的合成。导致酒精发酵中止的另一原因是钾离子浓度高, 同时还会降低酒石酸钾的溶解度。高 pH 会降低葡萄酒中微生物稳定性, 增加腐败的风险, 而高酒精度会抑制苹果酸-乳酸发酵, 影响葡萄酒的香气和口感。

关键词:气候变暖; 采收期; 含糖量; 花色苷; 香气

中图分类号:S 663.1 **文献标识码:**A **文章编号:**1001-0009(2017)04-0177-06

根据 IPCC 第 4 次评估报告, 在过去的 100 年全球平均气温上升了 0.74 °C^[1], 中国的平均气温上升了 0.79 °C, 略高于全球平均增温幅度^[2]。气候变暖对于世界各葡萄酒产区具有不同的影响, 一方面使凉爽产区的葡萄酒酸度降低, 产品更受消费者青睐; 另一方面使炎热产区的葡萄和葡萄酒品质有所下降。WHITE 等^[3]根据温度数据模型预测, 在 21 世纪末美国适合种植酿酒葡萄的区域将减少 81%。HALL 等^[4]预测截至 2070 年, 澳大利亚将有 1/3 的葡萄酒产区的生长期温度不再适合优质葡萄酒的生产。我国西北地区地域辽阔, 光照充足, 昼夜温差大, 夏季干燥少雨, 是我国优质酿酒葡萄的重要产区。1987—2003 年西北地区的年平均气温比 1961—1986 年平均升高 0.7 °C, 气温升高最明显地区是北

疆西北部、准噶尔盆地、吐鲁番盆地、柴达木盆地东部, 年平均气温升高了 1.0~1.3 °C; 其次是西北地区东部和青海高原, 升高 0.6~1.0 °C; 塔里木盆地和天山西段气温升高幅度最小, 升高 0.2~0.6 °C^[5]。不可否认的是不断上升的温度已经给世界葡萄和葡萄酒产业带来了巨大挑战。该研究总结并分析了全球气候变暖对葡萄采收期、果实各组分含量、酿造工艺和葡萄酒品质的影响, 并对随之而来的葡萄品种重新选择、病虫害增加、成本上升、健康问题和消费行为等方面提出了展望。

1 气候变暖对葡萄采收期和果实品质的影响

1.1 对葡萄采收期的影响

葡萄采收期主要是由其成熟度决定的。一般通过监测果实的糖度、酸度、糖酸比、酚类物质、香气成分等重要指标来确定最佳采收期, 这对于获得优质的葡萄原料意义重大。葡萄采收期与当年气候条件密切相关, 有资料显示 500 年来葡萄的采收期可作为气候研究的重要指标之一^[6]。

近年来研究发现, 在世界各葡萄产区葡萄物候期有所变化, 发芽、开花和果实成熟的日期都有提前的趋势。一些传统葡萄酒产区近百年来的记录显示, 葡萄采收期明显提前, 尤其是近 10~30 年该趋势更明显。在法国阿尔萨斯, 1972—2002 年的年平均温度上升了 1.8 °C, 葡萄成熟期温度上升尤其明

第一作者简介:刘敏(1983-), 女, 博士研究生, 研究方向为葡萄栽培生理与生态学。E-mail:liumin272@163.com.

责任作者:房玉林(1973-), 男, 博士, 教授, 博士生导师, 现主要从事葡萄栽培生理与生态学等研究工作。E-mail:fangyulin@nwsuaf.edu.cn.

基金项目:国家“十二五”科技支撑计划资助项目(2014BAD14B006); 农业部 948 资助项目(2014-Z20); 国家现代农业(葡萄)产业技术体系建设专项资助项目(nycytx-30-2p-04); 陕西省重大农技推广服务试点(葡萄产业)资助项目; 杨凌示范区农业科技示范推广基地资助项目。

收稿日期:2016-10-08

显;2002年,日均温大于10℃的天数比1972年多33 d,葡萄采收期提前了2周^[7]。在新世界国家也观察到葡萄采收期提前的现象,如美国加州沿海地区,1951—1997年葡萄采收期提前了18~24 d^[8];南非约翰内斯堡,2005年葡萄采收日期比18—20世纪早期提前了2~3周^[9]。在我国,李华等^[10]对近40年504个气象站点气象资料进行分析,结果表明1984—2003年增温趋势明显,适宜酿酒葡萄栽培的面积不断向北扩大,葡萄生长期延长,可以推测葡萄采收期也会受到温度升高的影响。

气候变暖引起葡萄采收期提前,提醒葡萄园管理者不能按照经验制定葡萄采收计划,要时刻关注成熟期的温度变化和葡萄成熟度指标,适时采收,以获得优质葡萄原料。另外,高温可能会使多个葡萄品种的成熟期间隔更短,葡萄集中成熟会给葡萄园用工造成紧张,而且对葡萄酒厂的生产力提出考验。

1.2 对果实品质的影响

适宜的温度对于生产优质的酿酒葡萄至关重要,高温会导致葡萄果实中各组分含量的变化,如糖、酸、花色苷、香气物质等,从而影响葡萄和葡萄酒的感官品质。

1.2.1 含糖量 葡萄浆果中的糖分不仅决定着果实的甜度与风味,而且是果实其它重要品质成分和风味物质如维生素、芳香物质和色素等合成的基础原料。温度升高可以加速葡萄成熟,促进糖分的积累,但当温度超过一定值后,会给果实发育和糖代谢带来负面影响。近年来,我国多地发生了35~40℃的长时间高温天气,有些地区甚至发生了40℃以上的短时间极端高温天气^[11];美国、澳大利亚等国的一些葡萄产区40℃以上的高温天气也频频发生^[12-13]。极端高温会对葡萄造成高温胁迫,抑制糖代谢过程中各种酶的活性,降低光合作用。孙永江等^[14]探讨温度与光照交叉处理对“赤霞珠”葡萄叶片光系统功能的伤害机制,结果显示,无论光强大小,随着处理温度升高,叶片净光合速率(Pn)、气孔导度(Gs)、PSII的实际光化学效率(ΦPSII)、电子传递速率(ETR)、光合性能指数(PIABS)等均呈下降趋势,温度达到或超过37℃时,PSII受到伤害,发生较严重的光抑制。当温度大于30℃时,葡萄果实的可溶性固形物含量可以高达24°~25°Brix,这并不是因为光合作用和糖转运增强了,而是由高温蒸发的浓缩作用所致^[15]。

1.2.2 总酸含量 葡萄果实中有机酸含量主要受温度影响。酒石酸含量相对稳定,苹果酸含量依赖于成熟度和温度,温度越高苹果酸含量越低。徐德

源等^[16]研究新疆葡萄果实中糖酸含量与气象条件的关系,证明含酸量随温度的升高、积温的增加而降低,变化规律为积温每增加100℃,含酸量减少0.03%~0.08%;平均气温每升高1℃,含酸量减少0.04%~0.08%。BARNUUD等^[17]研究澳大利亚西部各葡萄酒产区的气候对葡萄品质的影响,发现炎热地区的果实总酸含量显著低于冷凉地区。SWEETMAN等^[18]进行大田和温室试验,在不同时期对葡萄植株进行升温处理,发现在转色前升温可促进苹果酸积累,在成熟期升温会促进苹果酸降解;温差是影响苹果酸降解的重要因素,温差越大,苹果酸含量越低。

1.2.3 钾离子浓度 葡萄属喜钾果树,钾离子不仅能促进葡萄体内碳水化合物的合成、运输和转化,还可提高植株抵抗低温、高温、干旱和病虫害的能力^[19]。葡萄果实中钾离子浓度在生育期内呈持续下降趋势,尤其从果实膨大期至成熟期下降幅度较大^[20]。BOULTON^[21]指出钾离子通过与质子交换进入果实细胞,从而影响果实pH。在葡萄的营养器官和生殖器官中,钾离子交换的载体是位于细胞膜上的K⁺/H⁺ ATP酶。研究表明,高温会导致葡萄果实中钾离子浓度上升^[22]。

1.2.4 pH 高温会使葡萄果实pH上升,一方面是由于总酸含量降低,另一方面是由于钾离子浓度增加,氢离子浓度降低所致。在炎热地区,葡萄果实pH可以达到4以上,而随着气候变暖,在传统的冷凉地区果实pH不断升高,也可以达到4。课题组连续3年(2013—2015)对新疆和硕地区的葡萄成熟度进行监测,“赤霞珠”成熟期在9月下旬,只有2013年采收时果实pH大于4,可能与当年成熟期温度较高有关,可以采取提前采收的方式防止pH过高。

1.2.5 花色苷含量 花色苷是葡萄与葡萄酒中一类重要的酚类化合物,对其色泽、风味、口感和营养价值等有重要影响。温度在花色苷生物合成过程中起着重要作用,一般认为,低温会促进花色苷的积累,而高温会抑制花色苷的合成^[23]。除了花色苷绝对含量,花色苷的组成也受温度的影响,在炎热的季节二甲基花翠素、甲基花翠素含量会增加^[24]。但是,TARARA等^[25]发现高温会降低果实中花翠素、甲基花翠素、甲基花青素的含量,而对二甲基花翠素含量没有影响。二者的差异可能是由于试验所用的葡萄品种不同,对温度的响应结果不一致。BARNUUD等^[17]根据全球气候模型预测,气候变暖会降低葡萄果实中花色苷含量,影响程度会由于地区(澳大

利亚)和品种不同而有所差异。与1990年相比,在澳大利亚北部产区,截至2030年和2070年葡萄果实中花色苷含量预计分别降低3%~12%和9%~33%;而在南部产区,花色苷含量预计降低2%~18%。截至2070年,“西拉”和“赤霞珠”果实中花色苷含量都会降低,但前者降低幅度要小一些。SHINOMIYA等^[26]研究不同温度(24、27、30℃)对葡萄果实中花色苷含量的影响,发现在低温(24℃)处理下,果实中花色苷含量最高,而且在转色期花色苷合成相关基因VIMYBA2和UFGT的表达量最高;当温度大于27℃时,花色苷合成基因的表达会受到抑制。需要注意温度与光照对花色苷的合成都有影响,且二者的影响相互重叠,不能明确分开。比如葡萄栽培管理中常用的摘叶处理,可增加葡萄果穗的曝光度,提高果表温度^[27]。

1.2.6 香气物质 香气物质是决定葡萄与葡萄酒品质的重要因素,冷凉地区葡萄的香气发育更好^[7]。高温会影响葡萄果实中各香气物质的组成和含量,改变葡萄和葡萄酒的香气品质。MARAIS等^[28]研究显示,高温会促进1,1,6-三甲基-1,2-二氢萘(TDN)的合成,使“雷司令”具有煤油味。甲氧基吡嗪(MPs)是一类具有生青味的含氮化合物,凉爽的种植条件有利于该物质合成^[29],而高温或强光会降低MPs含量^[27]。

2 气候变暖对酿造工艺和葡萄酒品质的影响

温度在葡萄酒发酵、陈酿、转运或储存过程中扮演重要角色。高温会加速葡萄汁或葡萄酒的氧化、增加微生物污染的风险、引起发酵中止等现象。如何应对日益升高的温度,在酿造工艺上作出调整,成为酿酒师和葡萄酒专家亟需解决的问题。

2.1 促进土著微生物的繁殖和加速氧化

葡萄果实在采收和发酵前处理时,可能受到果实表面土著微生物的影响而发生变质,温度升高会促进微生物的繁殖。不仅如此,由高温导致的果实pH上升,会降低对微生物的抑制作用。土著微生物大量繁殖会导致许多不利结果:发酵产生的二氧化碳使葡萄汁浑浊,影响发酵前澄清过程;与酿酒酵母(*Saccharomyces cerevisiae*)产生营养竞争,使酒精发酵减缓或中止^[30]。虽然可以通过添加营养素来解决营养竞争的问题,但是乙酸等代谢物的产生会影响葡萄酒的感官品质,并抑制酵母活力和发酵效率^[31]。土著微生物发酵还会产生乙醛、丙酮酸等物质^[32],它

们可与SO₂结合,使其失去防腐作用。一些真菌甚至会产生毒素,从而引发健康问题。真菌毒素是某些真菌的次级代谢产物,是一类致癌物质^[33]。从法律规定来看,葡萄酒真菌毒素污染似乎并没有引起人们的足够重视。但是,在炎热葡萄酒产区这种现象是可能发生的,而且随着全球温度升高,影响范围可能会扩大。2001年有专业检测机构对942瓶葡萄酒中赭曲霉毒素(OTA)浓度进行检测,结果显示欧洲南部葡萄酒中OTA浓度显著高于欧洲北部^[34]。

高温还会加快葡萄汁的氧化速度,尤其白色葡萄品种在除梗、破碎、压榨、澄清等过程中非常容易氧化,使颜色发生褐变,并具有氧化味。研究表明,30℃时葡萄汁的耗氧速度比10℃时要快3倍。葡萄汁的氧化主要是由多酚氧化酶引起的,其最适温度一般为30~45℃,30℃时的酶活比12℃时高3倍。因此,迅速降低葡萄汁的温度,可以有效防止氧化,还可以降低SO₂的使用量^[35]。

2.2 果实含糖量高的影响

果实含糖量过高会导致微生物生长停滞或细胞溶解,从而使酒精发酵中止,在炎热年份发生几率较大,给葡萄酒工业带来巨大困扰^[36]。高浓度糖分会对酿酒酵母产生渗透胁迫,不同菌株对于高渗透压的承受能力是不同的。波特酒或冰酒就是利用可以适应高糖环境的酿酒酵母发酵而成的,冰酒发酵前葡萄汁含糖量可达32°~40°Brix^[37]。研究表明,高糖胁迫会增加乙酸、甘油等副产物的含量^[38],主要是由糖酵解和磷酸戊糖途径中的相关基因上调所致^[39]。

2.3 果实钾离子浓度高的影响

钾离子浓度高是导致发酵终止的直接因素,pH和K⁺/H⁺比值较高时更容易发生^[40]。只通过加酸来降低pH,而没有同时除钾的话,发酵很可能中止。钾离子浓度增加,还会降低酒石酸钾的溶解度,需要采取相应稳定措施来防止酒石沉淀。

2.4 果实pH高的影响

低pH是微生物稳定的基础,随着气温升高,葡萄果实pH增大会增加酿酒过程中微生物污染的风险。在发酵前期风险较大,因为发酵一段时间后高浓度酒精会抑制有害微生物的繁殖。若已发酵完成的葡萄酒pH较高,那么对葡萄酒储存会提出更高要求,尤其是为了避免酒精度过高,酒中有残糖的时候,微生物污染的可能性更大。在厌氧储存条件下,醋酸菌的生长得到抑制,而乳酸菌或腐败酵母不断繁殖,产生生物胺和挥发性酚类物质,影响葡萄酒的感官品质。

SO₂ 是葡萄酒酿造过程中常用的添加剂,可以起到杀菌、抗氧化的作用。只有游离态的 SO₂ 具有活性,而游离态 SO₂ 中,分子态 SO₂ 活性最强。研究证明,分子态 SO₂ 含量与葡萄汁的 pH 密切相关。当 pH 为 3.8 时,分子态 SO₂ 只占游离 SO₂ 的 1%;当 pH 为 2.8 时,分子态 SO₂ 可占游离 SO₂ 的 10%^[35]。因此,葡萄汁 pH 升高,在游离 SO₂ 浓度一定时,会降低其杀菌和抗氧化能力。此外,发酵基质 pH 高会降低糖苷类香气物质的含量,促进高级醇等发酵副产物的形成,而且 pH 变化还会影响下胶效果。

2.5 葡萄酒酒精度高的影响

气候变暖使葡萄果实含糖量增加,对葡萄酒的直接影响是酒精度上升。葡萄酒酒精度过高会抑制苹果酸-乳酸发酵,影响葡萄酒的口感和香气,还会引发一系列健康问题。

在大多数红葡萄酒和一些白葡萄酒发酵过程中,需要接种乳酸菌进行二次发酵,称为苹果酸-乳酸发酵(MLF,简称苹果发酵)。苹果发酵将二元酸转化为一元酸,使葡萄酒总酸下降,酸涩感减低,同时在发酵过程中产生的双乙酰、乙偶姻等物质,对葡萄酒的风味具有修饰作用,使香气更加复杂浓郁。而葡萄酒酒精度过高会减慢或终止苹果发酵,从而降低酿酒效率,不能发挥苹果发酵改善品质的作用。

酒精含量会影响葡萄酒的口感和香气。将脱醇的白葡萄酒调制成为不同酒精度(8%~14%),有一个明显趋势:随着酒精度增加,酸味会降低^[41]。酒精度增加对葡萄酒香气的影响是复杂的,一方面会降低葡萄酒中高级醇、酯类、单萜烯类、吡嗪类物质的浓度^[42],另一方面,芳樟醇、3-巯基-1-己醇等物质由于更易挥发,感官阈值会降低。

3 展望

全球气候变暖会导致葡萄采收期提前和果实成分变化,并对葡萄采收、运输、破碎、澄清、酒精发酵、苹果发酵、陈酿、储存等葡萄酒生产的各个环节提出考验。除此之外,气候变暖还对葡萄种植、经济成本、健康问题、消费行为等方面的影响,仍需进一步深入研究,并采取相应措施来消除不利影响。

3.1 品种重新选择

气候变暖使一些传统葡萄酒产区不再适合优质葡萄的种植,从业人员不得不重新审视当地的风土特性,选择合适的葡萄品种和砧木。

3.2 病虫害增加

高温会导致各种病虫害的发生频率增加,灰霉

病、黑腐病、叶缘焦枯病的发生与气候变暖有关。

3.3 成本增加

酒精发酵是一个放热过程,外界温度每增加 1℃或糖浓度增加 10 g·L⁻¹,冷却总耗能会增加 5%。随着气候变暖,酒庄冷却能耗会增加;葡萄集中成熟需要更多的冷却设备,使设备投入增加;储酒环境温度升高,使制冷成本增加。另外,在加拿大、美国、新西兰、欧盟国家对 13%~14%葡萄酒制定更高的关税和货物税,从而降低市场竞争力。

3.4 健康问题

高酒精度会引起肥胖、高血压、高血脂、心脑血管疾病等健康问题。氨基甲酸乙酯是发酵食品中的致癌物,由乙醇和微生物产生的前体物质反应生成,高温和高酒精度有利于反应进行。

3.5 消费行为

在天气热时,冷的含气饮料的消费量会增加。气候变暖对于高酒精度饮料的消费存在的潜在影响,目前尚鲜见相关报道。

参考文献

- [1] IPCC. Climate change 2007: Synthesis report. intergovernmental panel on climate change [M]. Cambridge: Cambridge University Press, 2007.
- [2] 气候变化国家评估报告编写委员会. 气候变化国家评估报告 [M]. 北京: 科学出版社, 2007.
- [3] WHITE M A, DIFFENBAUGH N S, JONES G V, et al. Extreme heat reduces and shifts United States premium wine production in the 21st century[J]. Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America, 2006, 103(30): 11217-11222.
- [4] HALL A, JONES G V. Effect of potential atmospheric warming on temperature-based indices describing Australian winegrape growing conditions[J]. Australian Journal of Grape and Wine Research, 2009, 15(2): 97-119.
- [5] 刘德祥, 董安祥, 邓振镛. 中国西北地区气候变暖对农业的影响[J]. 自然资源学报, 2005, 20(1): 119-125.
- [6] CHUINE I, YIOU P, VIOVY N, et al. Historical phenology: grape ripening as a past climate indicator[J]. Nature, 2004, 432: 289-290.
- [7] DUCH N E, ESCHNEIDER C. Grapevine and climatic changes: A glance at the situation in Alsace[J]. Agronomy for Sustainable Development, 2005, 25(1): 93-99.
- [8] NEMANI R R, WHITE M A, JONES G V, et al. Asymmetric warming over coastal California and its impact on the premium wine industry[J]. Climate Research, 2001, 19(1): 25-34.
- [9] STOCK M, GERSTENGARBE F W, KARTSCHALL T, et al. Reliability of climate change impact assessments for viticulture[J]. Acta Horticulturae, 2005, 689(689): 29-40.
- [10] 李华, 王艳君, 孟军, 等. 气候变化对中国酿酒葡萄气候区划的影响[J]. 园艺学报, 2009, 36(3): 313-320.
- [11] 杨金虎, 江志红, 魏锋, 等. 近 45 a 来中国西北极高端、低温的变化及对区域性增暖的响应[J]. 干旱区地理, 2006, 29(5): 625-631.

- [12] CVAN L, FRIANT P, CHONE X, et al. Influence of climate, soil, and cultivar on terroir[J]. American Journal of Enology and Viticulture, 2004, 55(3): 207-217.
- [13] ZSOFI Z, GAL L, SZILAGYI Z, et al. Use of stomatal conductance and pre-dawn water potential to classify terroir for the grape variety Kékfrankos[J]. Australian Journal of Grape and Wine Research, 2009, 15(15): 36-47.
- [14] 孙永江, 付艳东, 杜远鹏, 等. 不同温度/光照组合对‘赤霞珠’葡萄叶片光系统II功能的影响[J]. 中国农业科学, 2013, 46(6): 1191-1200.
- [15] KELLER M. Managing grapevines to optimise fruit development in a challenging environment: A climate change primer for viticulturists[J]. Australian Journal of Grape and Wine Research, 2010, 16(Supplement s1): 56-69.
- [16] 徐德源, 李星华, 王素娟, 等. 新疆葡萄糖酸含量与气象条件关系的研究[J]. 干旱区资源与环境, 2003, 17(6): 138-143.
- [17] BARNUUD N N, ZERIHUN A, MPELASOKA F, et al. Responses of grape berry anthocyanin and titratable acidity to the projected climate change across the Western Australian wine regions[J]. International Journal of Biometeorology, 2014, 58(6): 1279-93.
- [18] SWEETMAN C, SADRAS V O, HANCOCK R D, et al. Metabolic effects of elevated temperature on organic acid degradation in ripening *Vitis vinifera* fruit[J/OL]. Journal of Experimental Botany, 2014, 65(20): 5975-5988. DOI: 10. 1093/jxb/eru343.
- [19] 贺普超. 葡萄学[M]. 北京: 中国农业出版社, 1999.
- [20] 马文娟, 同延安, 王百祥, 等. 葡萄树主要生长期内钾素的吸收与累积规律[J]. 西北农林科技大学学报(自然科学版), 2013, 41(9): 127-132.
- [21] BOULTON R. A hypothesis for the presence, activity, and role of potassium/hydrogen, adenosine triphosphatases in grapevines[J]. American Journal of Enology and Viticulture, 1980, 31(3): 283-287.
- [22] COOMBE B G. Influence of temperature on composition and quality of grapes[J/OL]. Acta Horticulturae, 1987, 206: 23-36. DOI: 10. 17660/ActaHortic. 1987. 206. 1.
- [23] COHEN S D, TARARA J, MKENNEDY J A. Assessing the impact of temperature on grape phenolic metabolism[J]. Analytica Chimica Acta, 2008, 621(1): 57-67.
- [24] DOWNEY M O, DOKOOZLIAN N, KKRSTIC M P. Cultural practice and environmental impacts on the flavonoid composition of grapes and wine: A review of recent research[J]. American Journal of Enology and Viticulture, 2006, 57(3): 257-268.
- [25] TARARA J M, LEE J, SPAYD S E, et al. Berry temperature and solar radiation alter acylation, proportion, and concentration of anthocyanin in merlot grapes[J]. American Journal of Enology and Viticulture, 2008, 59(5): 235-247.
- [26] SHINOMIYA R, FUJISHIMA H, MURAMOTO K, et al. Impact of temperature and sunlight on the skin coloration of the ‘Kyoho’ table grape[J]. Scientia Horticulturae, 2015, 193(355): 77-83.
- [27] RYONA I, PAN B S, INTRIGLIOLO D S, et al. Effects of cluster light exposure on 3-isobutyl-2-methoxypyrazine accumulation and degradation patterns in red wine grapes (*Vitis vinifera* L. cv. Cabernet Franc)[J]. Journal of Agricultural and Food Chemistry, 2008, 56(22): 10838-10846.
- [28] MARAIS J, VERSINI G, WYK C J, et al. Effect of region on free and bound monoterpene and C13-N orisoprenoid concentrations in weisser riesling wines[J]. South African Journal for Enology and Viticulture, 1992, 13(2): 71-77.
- [29] LACEY M J, ALLEN M S, RLN H, et al. Methoxypyrazines in sauvignon blanc grapes and wines[J]. American Journal of Enology and Viticulture, 1991, 42(2): 103-108.
- [30] BAYROCK D, PINGLEDEW W M. Inhibition of yeast by lactic acid bacteria in continuous culture: Nutrient depletion and/or acid toxicity? [J]. Journal of Industrial Microbiology and Biotechnology, 2004, 31(8): 102-109.
- [31] EDWARDS C G, HAAG K M, COLLINS M D. Identification and characterization of two lactic acid bacteria associated with sluggish/stuck fermentations[J]. American Journal of Enology and Viticulture, 1998, 49(4): 445-448.
- [32] LIU S Q, PILONE G J. An overview of formation and roles of acetaldehyde in winemaking with emphasis on microbiological implications[J]. International Journal of Food Science and Technology, 2001, 35(1): 49-61.
- [33] LEONG S L, HOCKING A D, PITT J I, et al. Australian research on ochratoxigenic fungi and ochratoxin A[J]. International Journal of Food Microbiology, 2006, 111(2): S10-S17.
- [34] SOLEAS G J, YAN J, GOLDBERG D M. Assay of ochratoxin A in wine and beer by high-pressure liquid chromatography photodiode array and gas chromatography mass selective detection[J]. Journal of Agricultural and Food Chemistry, 2001, 49(6): 2733-2740.
- [35] 李华, 王华, 袁春龙, 等. 葡萄酒工艺学[M]. 北京: 科学出版社, 2007.
- [36] COULTER A D, HENSCHKE P A, SIMOS C A, et al. When the heat is on, yeast fermentation managing director, runs out of puff[J]. Australian and New Zealand Wine Industry Journal, 2008, 23(5): 26-36.
- [37] PIGEAU G M, INGLIS D L. Response of wine yeast (*Saccharomyces cerevisiae*) aldehyde dehydrogenases to acetaldehyde stress during icewine fermentation[J]. Journal of Applied Microbiology, 2007, 103(5): 1576-1586.
- [38] PIGEAU G, INGLIS D. Upregulation of ALD3 and GPD1 in *Saccharomyces cerevisiae* during icewine fermentation[J]. Journal of Applied Microbiology, 2005, 99(1): 112-125.
- [39] ERASMUS D J, MERWE G K, VUUREN H J. Genome-wide expression analyses: Metabolic adaptation of *Saccharomyces cerevisiae* to high sugar stress[J]. Fems Yeast Research, 2003, 3(4): 375-399.
- [40] KUDO M, VAGNOLI P, BISSON L F. Imbalance of pH and potassium concentration as a cause of stuck fermentations[J]. American Journal of Enology and Viticulture, 1998, 49(3): 295-301.
- [41] FISCHER U, NOBLE A C. The effect of ethanol, catechin concentration, and pH on sourness and bitterness of wine[J]. American Journal of Enology and Viticulture, 1994, 45(1): 6-10.
- [42] ROBINSON A L, EBELER S E, HEYMANN H, et al. Interactions between wine volatile compounds and grape and wine matrix components influence aroma compound headspace partitioning[J]. Journal of Agricultural and Food Chemistry, 2009, 57(21): 10313-10322.

DOI:10.11937/bfyy.201704043

多酚化合物单宁对葡萄酒口感影响的研究进展

李 超¹, 李 辉¹, 孙佳莹¹, 张梦园¹, 张军翔^{1,2}

(1. 宁夏大学 农学院, 宁夏 银川 750021; 2. 宁夏大学 葡萄酒学院, 宁夏 银川 750021)

摘 要:多酚类化合物在葡萄酒颜色、口感、稳定性等方面具有重要作用,影响葡萄酒的质量。研究多酚化合物单宁对提高葡萄酒质量具有深刻的意义。现简要论述多酚类化合物单宁及其对葡萄酒口感影响的研究进展,以期研究该方向的诸多学者提供帮助。

关键词:多酚类物质;单宁;葡萄酒;口感

中图分类号:TS 262.61 **文献标识码:**A **文章编号:**1001-0009(2017)04-0182-05

酚类物质是一类组成结构中含有酚官能集团,数目庞大且构造复杂的有机化合物,它们有时也被称为多酚类化合物^[1-2]。多酚类化合物最简单的可

以分为单宁类化合物和非单宁类化合物。其分类方式是依据相对分子质量大小划分,前者相对分子质量为500~3 000,后者相对分子质量为<500或>3 000^[3]。

多酚类化合物的含量和类型在不同葡萄品种之间的差异是非常显著的,受葡萄酒酿造工艺以及葡萄成熟度、种植条件、地区气候、地理位置等人为及自然因素的影响。酚类化合物的含量和构成在相同品种的葡萄及其酿制的葡萄酒中也存在相当大的差异。近年来,酚类化合物对葡萄酒的影响在国际上研究重点,而单宁是多酚类化合物中一类重要的物

第一作者简介:李超(1991-),男,硕士研究生,研究方向为葡萄与葡萄酒学。E-mail:429102995@qq.com.

责任作者:张军翔(1971-),男,博士,教授,硕士生导师,现主要从事葡萄栽培和葡萄酒酿造等研究工作。E-mail:zhangjunxiang@126.com.

基金项目:宁夏“十三五”产业重大攻关资助项目。

收稿日期:2016-09-23

Effects of Global Warming on Grape and Wine Quality

LIU Min¹, MIN Zhuo¹, JU Yanlun¹, ZHAO Xianfang¹, FANG Yulin^{1,2}

(1. College of Enology, Northwest A&F University, Yangling, Shaanxi 712100; 2. Shaanxi Engineering Research Center for Viticulture, Yangling, Shaanxi 712100)

Abstract: Global warming is exerting an increasingly profound influence on grape harvest time and composition, and ultimately affects vinifications, wine microbiology and chemistry, and sensory aspects. The increasing temperature advanced harvest time in many wine regions, increased grape sugar concentrations, potassium levels and pH, reduced acidities and total anthocyanin contents, and modified varietal aroma compounds. High temperature promoted reproduction of the microorganisms on surfaces of berries, and made alcoholic fermentation slow or suspend. The oxidation speed of musts could be accelerated by warming, which caused color browning and oxidative smell in wines. Musts with high sugar concentrations caused a stress response in yeast, which led to increased formation of fermentation co-products, such as acetic acid and glycerol. The high potassium concentrations could cause the suspending of alcoholic fermentation, and meanwhile reduced the solubility of potassium tartrate. The high pH caused significant changes in the microbial ecology of musts and wines, and increased the risk of spoilage. The high alcohol levels of wines could suppress malolactic fermentation, and make organoleptic degradation.

Keywords: global warming; harvest time; sugar concentration; anthocyanin; aroma compound