

山葡萄酒发酵过程中活性物质、抗氧化能力及有机酸的变化

卫春会¹, 黄亮¹, 姚亚林¹, 吴树坤², 黄治国^{1,*}

(1.四川轻化工大学, 酿酒生物技术及应用四川省重点实验室, 四川宜宾 644000;

2.泸州老窖股份有限公司, 四川泸州 646000)

摘要:本文探究了山葡萄酒的功能活性物质和抗氧化能力变化规律和相关性,并分析了山葡萄酒中有机酸的变化规律。利用比色法和高效液相色谱法(HPLC)对发酵过程中山葡萄酒中的功能活性物质、抗氧化能力和有机酸含量进行了动态检测。结果表明:山葡萄酒中的总酚和黄酮含量较丰富,分别可达(5482±36)和(1075±2) mg/L,花青素含量(334.8±7) mg/L;三种功能活性物质与Fe³⁺还原力、DPPH·清除率及ABTS⁺·清除率的抗氧化能力进行相关性分析,表明山葡萄酒中的功能活性物质和抗氧化能力呈极显著正相关(P<0.01);随着发酵时间的增加,酒石酸下降明显,柠檬酸和乙酸有少量增加,乳酸增加明显且168 h后含量达2.22 g/L。综上,山葡萄中的活性物质在发酵过程中能充分溶出,增强山葡萄酒的抗氧化能力,突出山葡萄酒的营养价值;有机酸中的酒石酸降低,增加了口感柔和的乳酸含量,使山葡萄酒口感明显改善,从而提高酒体品质。

关键词:山葡萄酒, 功能活性物质, 抗氧化能力, 有机酸

Changes of Active Substances, Antioxidant Capacity and Organic Acids during the Fermentation of *Vitis amurensis* Wine

WEI Chunhui¹, HUANG Liang¹, YAO Yalin¹, WU Shukun², HUANG Zhiguo^{1,*}

(1.Liquor Making Biotechnology and Application Key Laboratory of Sichuan Province, Sichuan University of Science & Engineering, Yibin 644000, China;

2.Luzhou Laojiao Co., Ltd., Luzhou, Luzhou 646000, China)

Abstract: This paper analyzed the changes law and correlation of functional active substances and antioxidant capacity of *Vitis amurensis* wine, and the changes law of organic acids in *Vitis amurensis* wine. The contents of functional active substances, antioxidant capacity and organic acids in *Vitis amurensis* wine during fermentation were determined by colorimetry and high performance liquid chromatography. The results showed that the contents of total phenols and flavonoids were (5482±36) and (1075±2) mg/L respectively, and the anthocyanins content was (334.8±7) mg/L, correlation analysis with Fe³⁺ reducing power, DPPH scavenging rate and ABTS⁺· scavenging rate showed that there was a significant positive correlation between the functional active substances and antioxidant capacity (P<0.01). With the increasing of fermentation time, tartaric acid decreased significantly, citric acid and acetic acid increased slightly, lactic acid increased significantly, and the highest contents reached 2.22 g/L after 168 h. The results showed that the active substances in *Vitis amurensis* could be fully dissolved during fermentation, which could enhance the antioxidant capacity and highlight the nutritional value of *Vitis amurensis*, the tartaric acid in organic acids decreased, which increased the contents of lactic acid with soft taste, which improved the taste of *Vitis amurensis* wine and improved the quality of wine.

Key words: *Vitis amurensis* wine; functional active substance; antioxidant capacity; organic acid

中图分类号: TS262.6

文献标识码: A

文章编号: 1002-0306(2021)06-0009-06

doi: 10.13386/j.issn1002-0306.2020050307

引文格式: 卫春会, 黄亮, 姚亚林, 等. 山葡萄酒发酵过程中活性物质、抗氧化能力及有机酸的变化[J]. 食品工业科技, 2021, 42(6): 9-14.

WEI Chunhui, HUANG Liang, YAO Yalin, et al. Changes of Active Substances, Antioxidant Capacity and Organic

收稿日期: 2020-05-26

作者简介: 卫春会(1980-), 女, 硕士, 高级实验师, 研究方向: 酿酒生物技术及应用, E-mail: 147516753@qq.com。

* 通信作者: 黄治国(1978-), 男, 博士, 教授, 研究方向: 酿酒生物技术及应用, E-mail: hzguo@suse.edu.cn。

基金项目: 自贡市科技创新苗子工程项目(2019CXMZ06); 四川轻化工大学研究生创新基金项目(y2020058); 四川轻化工大学大学生创新创业项目(cx2020116)。

Acids during the Fermentation of *Vitis amurens* Wine[J]. Science and Technology of Food Industry, 2021, 42(6): 9-14. (in Chinese with English abstract) <http://www.spagykj.com>

山葡萄(*Vitis amurens*)是葡萄科葡萄属落叶藤本植物^[1]。山葡萄良好的抗寒、抗病能力,使其成为了培育抗寒、抗病葡萄品种的宝贵资源^[2]。山葡萄酒中花青素、黄酮类和酚类的含量均比欧亚种葡萄酒高。酚类、黄酮具有抗氧化活性,具有抗氧化、清除人体的氧自由基等保健功能^[3-5]。花青素对抗癌、抗氧化、抗糖尿病具有良好的效果^[6-9],还能调节血压和降低血脂和血压^[10-12]。黄酮和花青素的含量与组成也影响酒体的颜色、口感、风味和结构。有机酸是山葡萄酒中的重要风味物质,含量丰富,对山葡萄酒的品质、色泽、口感及生物稳定性有着重要影响^[13-14]。

近年对山葡萄酒的报道多是对其风味成分及降酸工艺等方面的研究,如李悦等^[15]、文凌云等^[16]分析山葡萄酒的香气成分,孙娜等^[17]对野生山葡萄酒的挥发性成分进行了研究,裴辰玉等^[18]发现 CO₂ 浸渍法能减少山葡萄酒中的不愉快气味;马旭艺^[19]通过化学协同生物法的降酸工艺得到的山葡萄酒整体品质得到提高;李维新等^[20]研究山葡萄酒的体外抗氧化能力,但未与功能物质进行联系,吴树坤等^[21]研究了山葡萄酒的发酵动力学以及对其发酵过程中抗氧化活性和功能物质的关系。本文在前期研究的基础上,进一步探讨了山葡萄酒发酵过程中功能活性物质和抗氧化活性的变化情况和相关性,并对山葡萄酒中有机酸含量变化规律进行分析,以期对山葡萄酒的功能挖掘和品质改善奠定基础。

1 材料与方法

1.1 材料与仪器

“紫秋”山葡萄、一级白砂糖 市售;菌种(BO213 酵母)、果胶酶(EX-V,酶活力 4000 U/g)、硫片(含 66.7% 焦亚硫酸钾,33.3% 碳酸氢钾) 法国 Laffort 公司;ABTS、DPPH 标准品、芦丁标准品、有机酸标品(乳酸、酒石酸、柠檬酸、冰乙酸)(冰乙酸为 GC、其余标准品均为 HPLC) 上海叶源生物科技有限公司;福林酚 成都市科龙化工试剂厂。

UV-1200 紫外可见分光光度计 翱艺仪器(上海)有限公司;DK-98-II 电热恒温水浴锅 天津市泰斯特仪器有限公司;CP214 电子天平 常州市第一

纺织设备有限公司;DW-25W388 医用低温保存箱 青岛海尔特种电器有限公司;PL-S100 数控超声波清洗机 东莞康士洁超声波科技有限公司;Labserve-LS 电热恒温干燥箱 吴江韵达烘箱设备有限公司;Super Alcomat 高精度数显酒精浓度计 上海点将精密仪器有限公司;Agilent 1100 液相色谱仪(配 DAD 检测器) 安捷伦科技有限公司。

1.2 实验方法

1.2.1 山葡萄酒发酵工艺品流程 分选出无腐烂山葡萄果实,以保证山葡萄酒质。山葡萄的破碎度控制在 20%~25%,总二氧化硫加入量为 50 mg/L,果胶酶加入量为 0.2%^[21]。浸渍 24 h 后,加白砂糖将糖度调至 20 °Brix,接种酵母菌量为 0.15%,发酵的温度控制在 28 °C^[22],发酵 180 h。之后倒罐再进行后发酵,发酵条件为 28 °C、发酵 7 d。从接种后开始每间隔 12 h 取样一次,样品离心,取上清液作为样液进行分析。

1.2.2 检测方法

1.2.2.1 酒精度测定 GB 5009.225-2016《酒中乙醇浓度的测定》;

1.2.2.2 还原糖含量测定 GB5009.7-2016《食品中还原糖的测定》;

1.2.2.3 总酚含量测定 福林酚法^[23];

1.2.2.4 黄酮含量测定 紫外分光光度法^[24];

1.2.2.5 花青素含量测定 pH 示差法^[25]。参照公式(1)进行计算:

$$H = \frac{\Delta A \times MW \times DF \times 1000}{\epsilon \times l} \quad \text{式(1)}$$

式中:H 表示花青素含量,mg/L; ΔA 表示($A_{526} - A_{700}$)pH1.0-($A_{526} - A_{700}$)pH4.5;MW 表示分子量,以矢车菊葡萄糖苷计,取 449.2;DF 表示稀释倍数; ϵ 表示摩尔消光系数,L/(mol·cm),以矢车菊葡萄糖苷计,取 26900;l 表示光程厘米数,cm。

1.2.2.6 Fe³⁺ 还原力测定 紫外分光光度法^[26],并计算 1 mL 样品相当于抗坏血酸对 Fe³⁺ 还原能力的质量(mg)。

1.2.2.7 DPPH· 清除率测定 紫外分光光度法^[27],

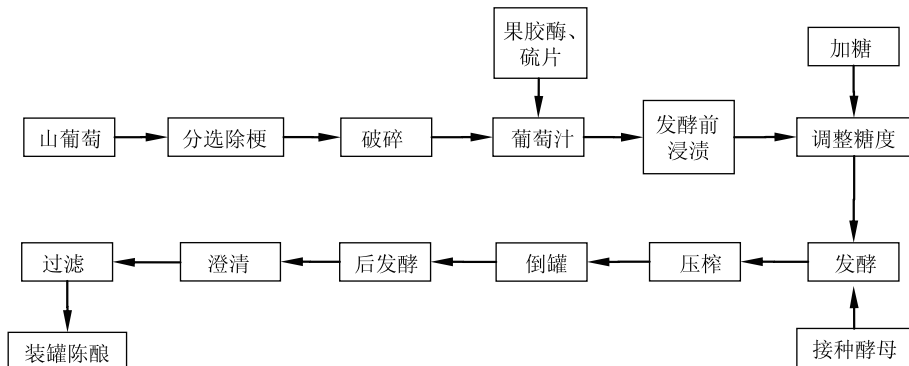


图1 山葡萄酒发酵工艺流程

Fig.1 Fermentation process of mountain wine

参照公式(2)进行计算:

DPPH 自由基清除率(%) = [A₀ - (A₂ - A₁)] / A₀ × 100
式(2)

式中:A₀表示1 mL DPPH 有机液+1 mL 乙醇的光度值;A₁表示1 mL 样品液+1 mL 乙醇的光度值;A₂表示1 mL DPPH 有机液+1 mL 样品液的光度值。

1.2.2.8 ABTS⁺·清除率测定 紫外分光光度法^[28],参照公式(3)进行计算:

ABTS⁺ 自由基清除率(%) = (1 - A₁/A₀) × 100
式(3)

式中:A₁表示加样后的吸光值;A₀表示未加样的吸光值。

1.2.2.9 有机酸含量测定 样品处理:取1.5 mL 酒样于2 mL 离心管中,于10000 r/min 离心5 min,取上清液,用超声波去除样品内小气泡,再用0.22 μm 滤膜过滤,备用。

色谱条件:Unitary C₁₈柱(4.6 mm × 250 mm, 5 μm);流动相KH₂PO₄(0.02 mol/L, pH2.4);检测波长210 nm;柱温30 ℃;流速0.8 mL/min;进样量10 μL。

定量方法:以峰面积为横坐标,有机酸浓度为纵坐标,绘制有机酸标准曲线,按回归方程计算山葡萄酒中有机酸含量^[29-31]。各有机酸含量变化的标准曲线:柠檬酸:y = 0.0011x + 0.0034, R² = 0.9957。乙酸:y = 0.0017x - 0.0154, R² = 0.9952。乳酸:y = 0.0019x - 0.0095, R² = 0.9936。酒石酸:y = 0.0004x + 0.0153, R² = 0.9995。

1.3 数据处理

每组实验重复三次,结果以“平均值 ± 标准差”表示,用Origin 8.0 软件对数据进行处理,用SPSS 22.0 软件进行显著性检验。

2 结果与分析

2.1 山葡萄酒发酵过程中酒精度和还原糖含量的变化

本试验检测分析了山葡萄酒发酵过程中酒精度和还原糖含量的变化规律,由图2可知,0~84 h,还原糖大量减少,酒精度大量增加。84 h 之后还原糖的减少量和酒精度的增加量逐渐趋于平稳。可知84 h 是发酵的一个转折期,144~180 h,还原糖和酒精度的变化平稳,差异不显著(P < 0.05),180 h 酒精度达到11.06% ± 0.12% vol。由变化规律发现山葡萄酒发酵过程中发酵液的还原糖的减少与酒精的生成基本同步。

2.2 山葡萄酒发酵过程中功能活性物质含量的变化

2.2.1 山葡萄酒发酵过程中总酚含量的变化 本试验检测分析了山葡萄酒发酵过程中总酚含量的变化规律,由图3可知,0~12 h 总酚含量显著(P < 0.05)下降,可能是此阶段发酵体系中含有氧气,总酚被氧化导致。之后随着酵母的生长繁殖,体系中氧气含量降低,逐渐开始酒精发酵,葡萄皮和葡萄籽中的总酚在酒精的作用下,开始浸出。12~24 h,被氧化的总酚和浸出的总酚达到一个动态平衡,此期间的总酚含量变化不显著。24~96 h,此阶段随着发酵进行,葡

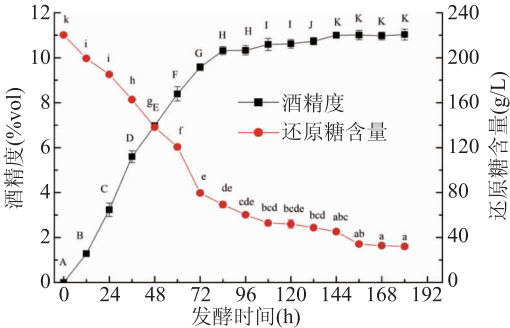


图2 山葡萄酒发酵过程中酒精度和还原糖含量的变化曲线
Fig.2 Changes curves of alcohol content and reducing sugar content during fermentation of *Vitis amurensis* wine
注:不同字母表示差异显著(P < 0.05),图3~图8同。

萄内部的结构被破坏,产生大量酒精,使得总酚快速浸出,总酚含量显著增加(P < 0.05)。96 h 之后总酚浸渍较完全,含量慢慢趋于平稳。96 和 180 h 的含量差异不显著,呈现波动变化,在132 h 时达到最大含量5482 ± 36 mg/L,后期也稳定在5000 mg/L 的一个较高水平,同比其他红葡萄酒^[28,32],山葡萄酒的总酚含量较高。

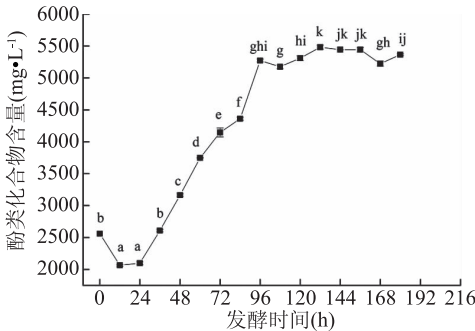


图3 山葡萄酒发酵过程中酚类化合物含量的变化曲线
Fig.3 Change curves of phenolic compounds during fermentation of *Vitis amurensis* wine

2.2.2 山葡萄酒发酵过程中黄酮含量的变化 本试验检测分析了山葡萄酒发酵过程中黄酮含量的变化,由图4可知,0~108 h 随着发酵过程的进行,发酵液中黄酮含量快速增加,此阶段酒精发酵剧烈,使黄酮类物质不断浸出,108 h 之后慢慢趋于平稳。在180 h 达到最大值1075 ± 2 mg/L,与吴树坤等^[2]的结果接近。但后期(156 h)并未下降,而是在较长时间下缓慢增加,可能是因为前期黄酮类物质在发酵液达到一个较高水平,使葡萄皮和籽中残留的黄酮类物质浸出迟缓。

2.2.3 山葡萄酒发酵过程中花青素含量的变化 本试验检测分析了山葡萄酒发酵过程中花青素含量的变化规律,由图5可知,0~36 h,随着发酵过程的进行,花青素的含量变化差异不显著,可能是因为前期酵母发酵剧烈,在压帽时空气进入,导致分子氧引起溶出的花青素被降解^[33],以至于此阶段花青素含量变化差异不显著。与总酚和黄酮相比,这也可能是导致花青素达到平稳期时间滞后的一个原因。36~120 h 花青素含量呈现显著增加的趋势,可能因为随着发酵的进行,酒精大量生产、葡萄结构被破坏,花

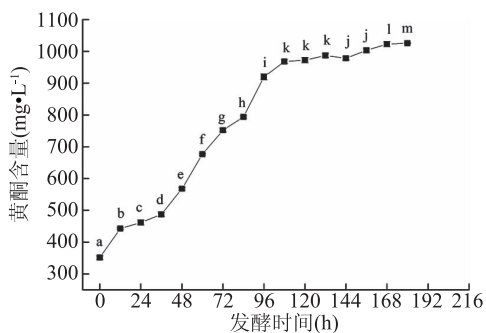


图4 山葡萄酒发酵过程中黄酮含量的变化曲线

Fig.4 Change curves of flavonoids

content during fermentation of *Vitis amurensis* wine

青素更容易溶出。120 h 之后,花青素溶出逐渐达到峰值,花青素含量逐渐稳定,花青素在 180 h 含量最高为 $335 \pm 7 \text{ mg/L}$ 。

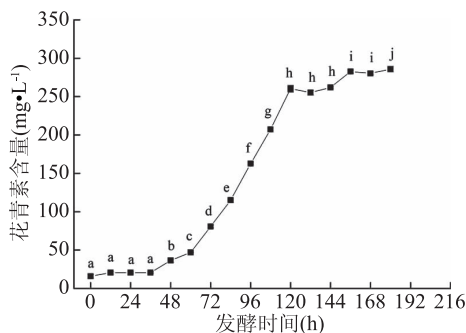


图5 山葡萄酒发酵过程中花青素含量的变化曲线

Fig.5 Change curves of anthocyanin content

during fermentation of *Vitis amurensis* wine

2.2.4 山葡萄酒发酵过程中 Fe^{3+} 还原力的变化 Fe^{3+} 还原力测定的是发酵液的总抗氧化能力^[33]。本试验检测分析了山葡萄酒发酵过程中 Fe^{3+} 还原力的变化规律,由图 6 可知,随着发酵过程的进行,发酵液的 Fe^{3+} 还原力逐渐增加,在 0~96 h 期间增长最快,96 h 之后慢慢趋于平稳,可能是随着功能性物质的增加,使 Fe^{3+} 还原力增加,后期功能性物质含量趋于稳定,使 Fe^{3+} 还原力也逐渐趋于平稳。且在 180 h 时,铁离子还原力是 0 h 的 4 倍,还原力较好,说明山葡萄酒的总抗氧化能力会随着发酵的进行而增强。

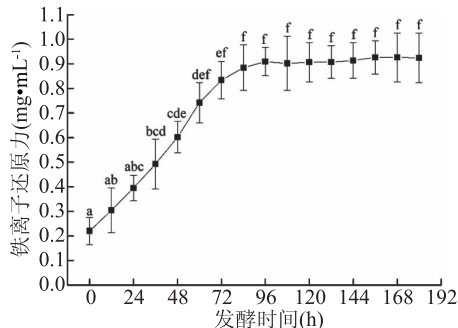


图6 山葡萄酒发酵过程中 Fe^{3+} 还原力的变化曲线

Fig.6 Change curves of Fe^{3+} reducing

capacity during fermentation of *Vitis amurensis* wine

2.2.5 山葡萄酒发酵过程中 DPPH 自由基清除率的变化

DPPH 自由基清除率的变化规律,由图 7 可知,0~48 h 山葡萄酒的 DPPH 自由基清除率变化不显著,但在 48~96 h,山葡萄酒的 DPPH 自由基清除率显著($P < 0.05$)增加,96 h 之后,缓慢增加,但不显著。且在 180 h 时 DPPH 自由基清除率达到最高为 $85.7\% \pm 0.75\%$,比发酵 0 h 高出 1.2 倍。葡萄酒的 DPPH 自由基清除率与总酚含量呈正相关^[34]。可能是前期因总酚含量增加不明显,导致了 DPPH· 的清除率不显著,随着总酚等功能性物质的增加,发酵液清除 DPPH 的能力增加。且在 96 h 时,同总酚的变化趋势接近,发酵液清除 DPPH 的能力也达到一个较高值。

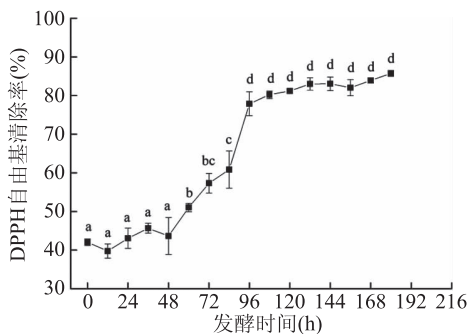


图7 山葡萄酒发酵过程中 DPPH 自由基清除率的变化曲线

Fig.7 Change curves of DPPH free radicals

scavenging rate during fermentation of *Vitis amurensis* wine

2.2.6 山葡萄酒发酵过程中 ABTS^+ ·清除率的变化 本试验检测分析了山葡萄酒发酵过程中 ABTS^+ ·清除率的变化规律,由图 8 可知,0~60 h, ABTS^+ ·清除率呈增加趋势,但差异不显著。60~96 h 呈上升趋势,96 h 之后, ABTS^+ ·清除率变化呈现波动变化,但差异不显著。这同发酵液清除 DPPH 的变化趋势大致相同,且 ABTS^+ ·清除率达到最高时为 $49.8\% \pm 2\%$,比发酵 0 h 高出 1.04 倍。但整个发酵阶段,发酵液 ABTS^+ ·清除率较低,这与葡萄的产地^[35]、气候^[36]、工艺^[37]等因素有关。

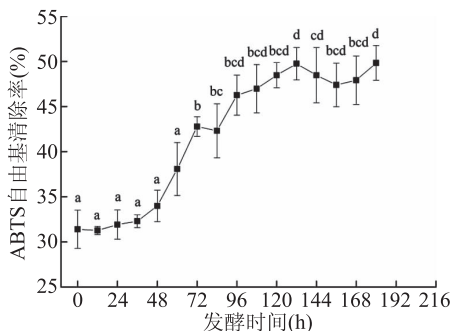
图 8 山葡萄酒发酵过程中 ABTS^+ 清除率的变化曲线

Fig8 Change curves of ABTS^+ • scavenging

rate during fermentation of *Vitis amurensis* wine

2.2.7 发酵液的功能性物质和抗氧化活性的相关性分析 本试验用 SPSS 22.0 软件对发酵液中的功能性物质和抗氧化活性进行了相关性分析,由表 1 可知,总酚、黄酮、花青素含量与 Fe^{3+} 还原力、DPPH 清除率、ABTS $^{+}$ 清除率呈现极显著正相关 ($P < 0.01$)。说明总酚、黄酮和花青素等含量的增加能够增强山

葡萄酒的抗氧化活性,也说明了三种功能性物质具有良好的抗氧化能力。且总酚和 Fe^{3+} 还原力、DPPH 清除率之间呈极显著正相关 ($P < 0.01$),也印证了三者同时在 96 h 之后的变化不显著 ($P < 0.05$)。这个结果与胡博然等^[34]的结果相同。

表 1 功能性物质和抗氧化活性的相关性分析
Table 1 Correlation analysis of functional substances and antioxidant activity

指标	总酚 (mg/L)	黄酮 (mg/L)	花青素 (mg/L)
Fe^{3+} 还原力 (mg/mL)	0.947 **	0.934 **	0.803 **
DPPH 清除率 (%)	0.957 **	0.960 **	0.945 **
ABTS ⁺ 清除率 (%)	0.937 **	0.953 **	0.889 **

注: ** 表示极显著相关 ($P < 0.01$)。

2.3 山葡萄酒发酵过程中有机酸含量的变化

本试验检测分析了山葡萄酒发酵过程中有机酸含量的变化规律,由图 9 可知,随着发酵的进行,发酵液中不同的有机酸含量呈现出不同的变化规律,四种有机酸总量由 0 h 的 4.70 g/L 下降至 168 h 的 4.57 g/L,总体下降不大。

在 0~48 h 期间,酒石酸含量大幅度下降,在 48~120 h 期间,酒石酸含量逐渐平缓,在 120 h 之后,酒石酸含量逐渐稳定,发酵过程中酒石酸由 0 h 的 2.78 g/L 下降到了 168 h 的 0.89 g/L,减少了 3.12 倍。酒石酸会因为酒石酸氢钾的沉淀作用而失去。

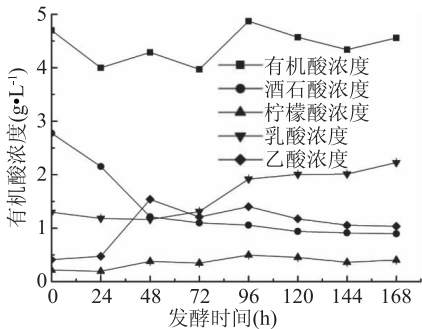


图 9 山葡萄酒发酵过程中有机酸含量的变化曲线
Fig.9 Change curves of organic acid content during fermentation of *Vitis amurensis* wine

柠檬酸来源于山葡萄本身,在发酵过程中可以被生产也可以被消耗,分解成乙酸,在整个发酵期柠檬酸含量变化不大,且含量均低于其余三种有机酸,168 h 时含量为 0.40 g/L。

在 0~48 h 期间,乳酸含量有较小幅度的下降,但是在 48 h 之后,乳酸含量开始大幅度增加,168 h 时含量为 2.22 g/L,发酵 168 h 的乳酸含量约是 0 h 时的 1.71 倍,且此时乳酸含量高于其余三种有机酸。乳酸较其他酸温和,对葡萄酒口感有益。

在 0~48 h 期间,乙酸含量上升,可能是这段时间柠檬酸被分解,生产了乙酸。48 h 之后开始下降,在 144 h 之后逐渐趋向稳定,波动较小,168 h 时含量为 1.06 g/L。乙酸同其他葡萄酒^[19,38-39]相比,含量相对较高,影响葡萄酒口感。168 h 之后山葡萄酒的有机酸含

量呈乳酸 > 乙酸。这与杨颖琼^[40]得到的结论一致。

3 结论

通过对山葡萄酒发酵过程中功能活性物质和抗氧化能力的变化规律及其相关性研究,结果表明,发酵过程能极大促进山葡萄中的功能活性物质溶入到山葡萄酒中,到发酵 96 h 左右功能活性物质含量趋于平稳,呈现波动变化的趋势。同时,研究发现山葡萄酒发酵前浸渍、溶氧对山葡萄酒的品质也有着重要影响。基于山葡萄酒在发酵过程中物质变化和影响因素的复杂性,对山葡萄酒的功效性、风味和口感等还有待进一步研究。

参考文献

[1] 王叶红,马书田.山葡萄栽培技术[J].中国林副特产,2012(4):59-60.
[2] 吴树坤,邓杰,范勇,等.山葡萄酒发酵动力学及抗氧化活性研究[J].食品与发酵工业,2018,44(4):42-48.
[3] 闵卓,欧阳亚南,张阳,等.葡萄与葡萄酒中类黄酮物质的研究进展[J].北方园艺,2018(5):160-170.
[4] 黄诗琦,韦雅妮,赵雨川,等.鸡血藤总黄酮对大肠杆菌败血症的治疗作用[J].中国畜牧兽医,2019,46(5):1541-1550.
[5] Shariffar F, Dehghn - Nudeh G, Mirtajaldini M. Major flavonoids with antioxidant activity from *Teucrium polium* L [J]. Food Chemistry, 2009, 112(4): 885-888.
[6] Chen L L, Jiang B W, Zhong C G, et al. Chemoprevention of colorectal cancer by black raspberry anthocyanins involved the modulation of gut microbiota and SFRP2 demethylation [J]. Carcinogenesis, 2018, 39(3): 471-481.
[7] Belwal T, Nabavi S, Nabavi S, et al. Dietary anthocyanins and insulin resistance: When food becomes a medicine [J]. Nutrients, 2017, 9(10): 1111.
[8] Gowd V, Jia Z Q, Chen W. Anthocyanins as promising molecules and dietary bioactive components against diabetes - A review of recent advances [J]. Trends in Food Science & Technology, 2017, 68: 1-13.
[9] Smeriglio A, Barreca D, Bellocco E, et al. Chemistry, pharmacology and health benefits of anthocyanins [J]. Phytotherapy Research, 2016, 30(8): 1265-1286.
[10] Draijer R, de Graaf Y, Slettenaar M, et al. Consumption of a polyphenol-rich grape-wine extract lowers ambulatory blood pressure in mildly hypertensive subjects [J]. Nutrients, 2015, 7(5): 3138-3153.
[11] Castro - Acosta M L, Smith L, Miller R J, et al. Drinks containing anthocyanin-rich blackcurrant extract decrease postprandial blood glucose, insulin and incretin concentrations [J]. The Journal of Nutritional Biochemistry, 2016, 38: 154-161.
[12] Lee M, Sorn S R, Park Y, et al. Anthocyanin rich-black soybean testa improved visceral fat and plasma lipid profiles in overweight/obese Korean adults: A randomized controlled trial [J]. Journal of Medicinal Food, 2016, 19(11): 995-1003.
[13] 马旭艺,汪发文,佟晓芳,等.碳酸钙降酸对山葡萄酒有机酸及感官品质的影响[J].中国酿造,2018,37(2):117-120.
[14] Zeravik J, Fohlerova Z, Milovanovic M, et al. Various instrumental approaches for determination of organic acids in

wines[J].Food Chemistry,2016,194:432-440.

[15]李悦,张薇,裴辰玉,等.北冰红山葡萄酒香气成分 GC-MS 分析及类型划分[J].食品研究与开发,2018,39(22):86-90.

[16]文凌云,王敬涵,戴瑞.广西特色山葡萄酒品质分析[J].农产品加工,2019(20):51-53,58.

[17]孙娜,杨馨悦,杨宇驰,等.长白山野生山葡萄酒挥发性成分分析[J].食品与发酵工业,2019,45(23):262-269.

[18]裴辰玉,张薇,李悦,等.CO₂ 浸渍法对北冰红山葡萄酒中成分影响的研究[J].食品工业,2019,40(3):315-319.

[19]马旭艺.化学协同生物法山葡萄酒降酸工艺的研究[D].哈尔滨:东北农业大学,2018.

[20]李维新,郭艳波,何志刚,等.南方 2 种山葡萄酒体外抗氧化能力的影响[J].福建农业学报,2013,28(7):714-717.

[21]戴铭成.果胶酶添加条件对葡萄酒品质的影响[J].山西农业科学,2018,46(9):1461-1464.

[22]彭彰文,徐天豪,谭新佳,等.山葡萄酒酿造工艺及其香气成分 GC-MS 分析[J].农产品加工,2018(12):59-63.

[23]梁莎.“媚丽”葡萄酒抗氧化性的研究[D].杨凌:西北农林科技大学,2012.

[24]张自萍,黄文波.枸杞总黄酮和多糖的超声提取及含量测定[J].农业科学研究,2006,27(1):22-24.

[25]桑戈,赵力,谭婷婷,等.pH 示差法测定紫薯酒中花青素的含量[J].酿酒科技,2015(6):88-91.

[26]裴斐,陶虹玲,蔡丽娟,等.响应面试验优化辣木叶多酚超声辅助提取工艺及其抗氧化活性[J].食品科学,2016,37(20):24-30.

[27]张利芳.苦瓜多糖的纯化及其免疫和抗氧化活性作用[D].武汉:华中农业大学,2010.

[28]李华,李勇,吴莹,等.ABTS⁺·法测定葡萄酒抗氧化活性的研究[J].西北农林科技大学学报(自然科学版),2009,37(11):90-96.

[29]Schneider A, Gerbi V, Redoglia M.A rapid HPLC method for separation and determination of major organic acids in grape

musts and wines [J].American Journal of Enology and Viticulture,1987,38(2):151-155.

[30]Castellari M, Versari A, Spinabelli U, et al.An improved hplc method for the analysis of organic acids, carbohydrates, and alcohols in grape musts and wines [J].Journal of Liquid Chromatography & Related Technologies, 2000, 23 (13): 2047-2056.

[31]Mato I, Suárez - Luque S, Huidobro J F.A review of the analytical methods to determine organic acids in grape juices and wines [J].Food Research International, 2005, 38 (10): 1175-1188.

[32]孟江飞.山西乡宁地区葡萄采收时间对葡萄及葡萄酒酚类物质与抗氧化活性影响[D].大连:大连工业大学,2015.

[33]高原,王福玲,贾琦,等.红葡萄酒、桃红葡萄酒和白葡萄酒的抗氧化活性比较[J].化学工程师,2016,30(10):59-62.

[34]胡博然,阴淑贞,闻雯,等.干白葡萄酒清除 DPPH 自由基的能力及其与总酚含量的关系[J].食品与发酵工业,2011,37(11):60-65.

[35]Li Z, Pan Q H, Jin Z M, et al.Comparison on phenolic compounds in *Vitis vinifera* cv.Cabernet Sauvignon wines from five wine- growing regions in China [J].Food Chemistry, 2011, 125 (1):77-83.

[36]Downey M O, Dokoozlian N K, KRstic M P.Cultural practice and environmental impacts on the flavonoid composition of grapes and wine:A review of recent research [J].Am J Enol Vitic,2006, 57(3):257-268.

[37]房玉林,王华,张莉,等.不同酿造工艺对毛葡萄酒香气的影响[J].农业工程学报,2007,23(9):246-250.

[38]于静,孙娅娜,孙翔宇,等.基于有机酸高效液相色谱的葡萄酒品质分析[J].农业机械学报,2017,48(12):354-362.

[39]杨春霞,苟春林,单巧玲.葡萄酒酿造过程中有机酸变化规律研究[J].中国酿造,2017,36(4):83-86.

[40]杨颖琼,张庆田,刘洪章,等.山葡萄酒发酵过程中营养成分变化的研究[J].食品工业,2016,37(12):167-171.

(上接第 8 页)

[34]曾庆梅.杨山酥梨汁超高压处理和降压措施的研究[D].合肥:合肥工业大学,2005.

[35]Polydera A C, Galanou E, Stoforos N G, et al.Inactivation kinetics of pectin methylesterase of greek Navel orange juice as a function of high hydrostatic pressure and temperature process conditions [J]. Journal of Food Engineering, 2004, 62 (3): 291-298.

[36]Patras A, Brunton N P, Da Pieve S, et al.Impact of high pressure processing on total antioxidant activity, phenolic, ascorbic acid, anthocyanin content and color of strawberry and blackberry purées[J].Innovative Food Science and Emerging Technologies, 2009,10:308-313

[37]潘见,王海翔,谢慧明,等.超高压处理对鲜榨橙汁中主要香气成分的影响[J].农业工程学报,2009,25(5):239-243.

[38]Landl A, Abadias M, Sárraga C, et al.Effect of high pressure processing on the quality of acidified Granny Smith apple purée product[J].Innovative Food Science and Emerging Technologies, 2010,11:557-564.

[39]Clariana M, Valverde J, Wijngaard H, et al.High pressure

processing of swede (*Brassica napus*): Impact on quality properties [J].Innovative Food Science and Emerging Technologies, 2011, 12:85-92.

[40]Velázquez-Estrada R M, Hernández-Herrero M M, Rüfer C E, et al.Influence of ultra high pressure homogenization processing on bioactive compounds and antioxidant activity of orange juice [J].Innovative Food Science and Emerging Technologies, 2013, 18:89-94.

[41]鲍志英,德力格尔桑.食品加工中超高压灭菌的机理[J].农产品加工,2003(11):14-15.

[42]Vikram V B, Ramesh M N, Prapulla S G. Thermal degradation kinetics of nutrients in orange juice heated by electromagnetic and conventional methods [J]. Journal of Food Engineering, 2005, 69:31-40.

[43]Guan Yunjing, Zhou Linyan, Bi Jinfeng, et al. Change of microbial and quality attributes of mango juice treated by high pressure homogenization combined with moderate inlet temperatures during storage [J]. Innovative Food Science & Emerging Technologies, 2016, 36:320-329.