

DOI: 10.13652/j.issn.1003-5788.2019.04.030

干红树葡萄酒与干红葡萄酒功能成分 及其抗氧化活性对比

Comparison of functional components and antioxidant activities
in jaboticaba wine and grape wine

邱珊莲 郑开斌 林宝妹 张树河

QIU Shan-lian ZHENG Kai-bin LIN Bao-mei ZHANG Shu-he

(福建省农业科学院亚热带农业研究所, 福建 漳州 363005)

(Institute of Subtropical Agriculture, Fujian Academy of Agricultural Sciences,
Zhangzhou, Fujian 363005, China)

摘要:分别测定干红树葡萄酒与 2 种干红葡萄酒(法国干红葡萄酒、国产干红葡萄酒)中的总多酚、总黄酮、白藜芦醇、单宁、酚酸、维生素、花青素及矿物质等功能性成分, 采用 DPPH 法、ABTS 法、邻二氮菲法和 FRAP 法分析 3 种酒的抗氧化能力, 并对其差异进行分析比较。结果表明: 干红树葡萄酒与 2 种干红葡萄酒功能成分种类及含量各有特点和优势。干红树葡萄酒中没食子酸、 V_A 、 V_C 、Mn 与 Zn 含量均极显著高于国产干红葡萄酒和法国干红葡萄酒; 法国干红葡萄酒中总多酚、总黄酮、白藜芦醇、儿茶素、咖啡酸、香豆酸、阿魏酸、矢车菊色素及 Fe 含量均极显著高于国产干红葡萄酒和干红树葡萄酒; 国产干红葡萄酒中单宁、 V_D 、飞燕草色素、矮牵牛色素、天竺葵色素、芍药色素、锦葵色素、Ca 和 Mg 含量均极显著高于法国干红葡萄酒和干红树葡萄酒。3 种酒抗氧化活性亦各具特色, 树葡萄酒对 DPPH· 的清除能力最强, 法国干红葡萄酒对·OH 的清除能力最强, 国产干红葡萄酒对 ABTS⁺ 的清除能力及对铁离子的还原能力最强。

关键词:干红树葡萄酒; 干红葡萄酒; 功能成分; 抗氧化活性

Abstract: In order to understand the differences of functional components and antioxidant activities in dry red jaboticaba wine and dry red grape wines, total polyphenols, total flavonoids, res-

veratrol, tannins, phenolic acids, vitamins, anthocyanins and minerals contents in wine were determined, and the antioxidant activities were investigated by using the methods including DPPH, ABTS, phenanthroline and FRAP. Results showed that the varieties and contents of the functional components of dry red jaboticaba wine and two kinds of dry red grape wine (a French dry red wine and a domestic dry red wine) have their own characteristics and advantages. The contents of gallic acid, vitamin A, vitamin C, Mn and Zn in jaboticaba wine were significantly higher than the two kinds of grape wine. The contents of total polyphenols, total flavonoids, resveratrol, catechin, caffeic acid, coumaric acid, ferulic acid, cyanidin and Fe in French grape wine were significantly higher than those in domestic grape wine and jaboticaba wine. The contents of tannin, vitamin D, delphinidin, petunidin, pelargonidin, peonidin, malvidin, Ca and Mg in domestic grape wine were significantly higher than those of French grape wine and jaboticaba wine. Similar to the functional components, the antioxidant activities of the three wines have their own characteristics. Jaboticaba wine had the highest scavenging ability towards DPPH·, French grape wine had the highest scavenging ability towards·OH, and domestic grape wine had the highest ability to ABTS⁺· and reduce Fe³⁺.

Keywords: jaboticaba wine; grape wine; functional components; antioxidant activities

基金项目:福建省公益类科研院所专项(编号:2017R1024-1);福建省农业科学院创新团队项目(编号:STIT2017-2-11; STIT2017-3-4);福建省农业科学院青年英才计划项目(编号:YC2015-19)

作者简介:邱珊莲,女,福建省农业科学院副研究员,博士。

通信作者:郑开斌(1966—),男,福建省农业科学院研究员,博士。

E-mail: kaibin118@163.com

收稿日期:2018-12-26

树葡萄[*Myrciaria cauliflora* (DC.) Berg], 又名肖椋柳桃金娘、珍宝果、嘉宝果、拟爱神木, 为桃金娘科拟香桃木属常绿灌木, 主要分布于南美洲的巴西、巴拉圭、阿根廷等国家或地区, 中国大陆近年来栽植的树葡萄均引自台湾。树葡萄具有很高的食用与药用价值, 口味独特, 营养丰富^[1-2], 果皮中富含花青素、酚酸等酚类物质及维生

素,具有很强的抗氧化、抗糖尿病及抗细胞增殖等活性^[3-4]。由于鲜果的保质期短,往往在采收后 3~4 d 就开始发酵^[5],因此果实除了鲜食外,常常被用于加工成果酒。树葡萄虽与葡萄不同科属,但营养成分接近^[1],因此目前干红树葡萄酒的酿制沿用了干红葡萄酒生产工艺。

国内外学者^[6-9]已对干红葡萄酒的抗氧化活性及功能成分进行了较多研究,发现干红葡萄酒富含白藜芦醇、多酚类等功能成分,而对干红树葡萄酒的相关研究还较欠缺,与干红葡萄酒的差异目前尚不清楚。本研究拟通过测定干红树葡萄酒与干红葡萄酒的功能成分及抗氧化功效,并进行对比分析,旨在了解干红树葡萄酒的营养特性和抗氧化活性,为消费者提供选择依据,为企业改进干红树葡萄酒的酿制工艺提供基础试验数据。

1 材料与amp;方法

1.1 材料与试剂

干红树葡萄酒:福建省龙海市惠昌树葡萄专业合作社提供,于 2017 年采用干红葡萄酒一般生产工艺酿制;

法国干红葡萄酒及国产干红葡萄酒:购自漳州市芄城区大润发超市,均为干红葡萄酒中的高端酒,生产批号均为 2017 年;

1,1-苯基-2-苦肟基自由基(DPPH·)、2,2'-联氮双(3-乙基苯并噻唑啉-6-磺酸)二铵盐(ABTS⁺)、邻二氮菲(P9375-5G):分析纯,美国 Sigma 公司;

没食子酸、芦丁:分析纯,日本东京化成工业株式会社;

抗坏血酸、无水乙醇、95%乙醇、双氧水、硫酸亚铁、磷酸二氢钾、磷酸氢二钾、过硫酸钾、碳酸钠:分析纯,国药集团化学试剂有限公司;

总抗氧化能力检测试剂盒:北京 Solarbio 公司。

1.2 仪器与设备

紫外可见分光光度计:L5S 型,上海仪电分析仪器有限公司;

超纯水机:UPW-20N 型,北京历元电子仪器有限公司;

分析天平:BS110S 型,德国 Sartorius 集团;

水浴锅:HH·S21-8-S 型,上海新苗医疗器械制造有

限公司。

1.3 主要功能成分分析方法

1.3.1 总黄酮 采用 Dragovic-Uzelac 法^[10]

1.3.2 总多酚 采用 Folin-Ciocalteu 法^[11];

1.3.3 白藜芦醇、单宁、酚酸、花青素、维生素、矿质元素 送青岛科创质量检测有限公司检测。

1.4 抗氧化活性分析方法

1.4.1 DPPH·清除能力(DPPH) 采用 Xu 等^[11]的方法。

1.4.2 ABTS⁺清除能力(ABTS) 采用 Hu 等^[12]的方法。

1.4.3 ·OH 清除能力(邻二氮菲) 采用曹燕等^[13]的方法。

1.4.4 Fe³⁺还原抗氧化能力(FRAP) 根据 Solarbio 公司总抗氧化能力检测试剂盒说明书。

1.5 数据分析

用 Microsoft Excel 2010 版进行数据整理,采用 SPSS 17.0 软件进行显著差异性分析。

2 结果与amp;讨论

2.1 总多酚、总黄酮、白藜芦醇及单宁含量比较

从表 1 可知,3 种干红果酒中,法国干红葡萄酒中总多酚、总黄酮及白藜芦醇含量最高,均极显著高于干红树葡萄酒及国产干红葡萄酒,国产干红葡萄酒极显著高于干红树葡萄酒,干红树葡萄酒未检测到白藜芦醇;国产干红葡萄酒单宁含量极显著高于法国干红葡萄酒及干红树葡萄酒。

果酒中酚类物质的含量及种类受诸多因素影响,主要为酿酒原料与酿造工艺^[14]。树葡萄起泡酒酚类物质研究表明,树葡萄起泡酒相比于欧亚种葡萄和山葡萄起泡酒,酚类物质(尤其是类黄酮)含量更高^[15]。但本研究干红树葡萄酒未检测到白藜芦醇,且其总多酚、总黄酮及单宁含量却显著低于其他 2 种干红葡萄酒,表明干红树葡萄酒与干红葡萄酒中多酚物质含量的差异源于酿造工艺的不同,推测起泡酒的酿造工艺更利于干红树葡萄酒中的多酚物质向酒中转移。已有研究^[16-18]发现,浸渍、发酵温度和时长是决定果酒中多酚物质含量的最大因

表 1 干红树葡萄酒与干红葡萄酒的总多酚、总黄酮、白藜芦醇和单宁含量比较[†]

Table 1 Comparison of total polyphenols, total flavonoids, resveratrol and tannins contents in jaboticaba wine and grape wine mg/100 g

样品	总多酚	总黄酮	白藜芦醇	单宁
干红树葡萄酒	0.17 ^{cC}	0.321 ^{cC}	—	5.50±0.00 ^{cC}
法国干红葡萄酒	0.26 ^{aA}	1.942 ^{aA}	12.17±0.15 ^{aA}	5.64±0.01 ^{bB}
国产干红葡萄酒	0.19 ^{bB}	1.730 ^{bB}	8.38±0.11 ^{bB}	5.72±0.03 ^{aA}

† 同列不同小写字母表示差异显著(P<0.05);同列不同大写字母表示差异极显著(P<0.01)。

素。2种干红葡萄酒间总多酚、总黄酮、白藜芦醇及单宁含量存在显著差别,与葡萄品种、地域、栽培条件、气候、成熟度、酿造工艺等多种因素有关^[14]。

2.2 酚酸类物质含量比较

由表2可知,没食子酸是3种干红果酒中酚酸类的优势成分,其含量远远高于其他酚酸类物质。3种干红果酒中,以干红树葡萄酒中没食子酸含量最高,达128.93 mg/kg,而法国干红葡萄酒与国产干红葡萄酒的没食子酸含量分别为58.46,39.09 mg/kg。干红树葡萄酒未检测到咖啡酸。以上研究结果与树葡萄气泡酒^[15]类似,即树葡萄起泡酒中没食子酸含量极显著高于对照的2种葡萄起泡酒,而咖啡酸极显著低于2种干红葡萄酒。推测酿造工艺对没食子酸和咖啡酸2种物质的影响较

小。与气泡酒存在差异的是,干红树葡萄酒中的其他酚酸类成分如原儿茶酸、香豆酸及阿魏酸却极显著低于2种干红葡萄酒(表2)。

2.3 花色苷含量比较

干红树葡萄酒中的花色苷种类及含量与2种干红葡萄酒相比显劣势,在6种检测的花色苷成分中,干红树葡萄酒仅含3种花色苷(飞燕草苷、矢车菊苷、天竺葵苷)且含量远远低于2种干红葡萄酒。Arakawa等^[16]研究也发现,干红树葡萄酒的花色苷含量明显低于一般干红葡萄酒,与本研究结果一致。3种干红果酒相比,国产干红葡萄酒的花色苷含量最丰富,除矢车菊色苷外的其他5种天然色素(飞燕草苷、矮牵牛苷、天竺葵苷、芍药苷、锦葵苷)均极显著高于法国干红葡萄酒和干红树葡萄酒(表3)。

表2 干红树葡萄酒与干红葡萄酒的酚酸类物质含量比较[†]

Table 2 Comparison of phenolic acids contents in jaboticaba wine and grape wine mg/kg

样品	没食子酸	原儿茶酸	咖啡酸	香豆酸	阿魏酸
干红树葡萄酒	128.93±0.03 ^{aA}	1.73±0.01 ^{cC}	—	0.13±0.01 ^{cC}	0.020 3±0.000 8 ^{cC}
法国干红葡萄酒	58.46±0.03 ^{bB}	20.01±0.04 ^{aA}	2.50±0.04 ^{aA}	3.93±0.11 ^{aA}	0.186 9±0.001 6 ^{aA}
国产干红葡萄酒	39.09±0.05 ^{cC}	8.33±0.11 ^{bB}	2.07±0.02 ^{bB}	2.27±0.06 ^{bB}	0.088 5±0.004 3 ^{bB}

† 同列不同小写字母表示差异显著(P<0.05);同列不同大写字母表示差异极显著(P<0.01)。

表3 干红树葡萄酒与干红葡萄酒的花色苷含量比较[†]

Table 3 Comparison of anthocyanins contents in jaboticaba wine and grape wine mg/kg

样品	飞燕草苷	矢车菊苷	矮牵牛苷	天竺葵苷	芍药苷	锦葵苷	总量
干红树葡萄酒	0.78±0.01 ^{cC}	1.56±0.02 ^{cC}	—	0.21±0.01 ^{cC}	—	—	2.55±0.01 ^{cC}
法国干红葡萄酒	8.81±0.02 ^{bB}	27.17±0.06 ^{aA}	3.15±0.03 ^{bB}	1.08±0.01 ^{bB}	4.45±0.02 ^{bB}	59.78±0.19 ^{bB}	104.44±0.25 ^{bB}
国产干红葡萄酒	12.30±0.02 ^{aA}	22.82±0.05 ^{bB}	3.26±0.02 ^{aA}	1.78±0.03 ^{aA}	4.73±0.02 ^{aA}	82.36±0.15 ^{aA}	127.24±0.17 ^{aA}

† 同列不同小写字母表示差异显著P<0.05;同列不同大写字母表示差异极显著P<0.01。

本研究过程中发现2种干红葡萄酒的色泽明显深于干红树葡萄酒,可能是由于干红树葡萄酒中锦葵苷缺乏或稀少引起。树葡萄果实花色苷含量范围位于红葡萄含量范围的中间水平(树葡萄310~315 mg/100 g·鲜重,红葡萄30~750 mg/100 g·鲜重)^[20],而干红树葡萄酒中花色苷远低于干红葡萄酒,除因水果种类不同引起,可能还与酿造工艺有重要关系。2种干红葡萄酒之间各花色苷的差异主要可能与葡萄品种、地域、气候等相关。

2.4 维生素含量比较

由表4可知,干红树葡萄酒中的V_A和V_C含量极显

著高于2种干红葡萄酒,尚未检测到V_D和V_E。3种酒中均未检测到V_E,仅国产干红葡萄酒中检测到V_D。

2.5 矿质元素含量比较

由表5可知,干红树葡萄酒中Mn与Zn含量极显著高于2种干红葡萄酒,法国干红葡萄酒中Fe含量极显著高于干红树葡萄酒和国产干红葡萄酒,而国产干红葡萄酒的Ca和Mg含量极显著高于干红树葡萄酒和法国干红葡萄酒。干红树葡萄酒及2种干红葡萄酒中均未检测到Se(表5)。矿质元素对人体的生长发育及健康状况起着重要作用,但并非含量越高越好。目前中华人民共

表4 干红树葡萄酒与干红葡萄酒的维生素含量比较[†]

Table 4 Comparison of vitamins contents in jaboticaba wine and grape wine

样品	V _A /(μg·kg ⁻¹)	V _C /(mg·kg ⁻¹)	V _D /(mg·kg ⁻¹)	V _E
干红树葡萄酒	0.329 4±0.021 7 ^{aA}	104.47±0.48 ^{aA}	—	—
法国干红葡萄酒	0.226 4±0.002 9 ^{bB}	89.91±0.53 ^{cC}	—	—
国产干红葡萄酒	0.217 9±0.010 4 ^{bB}	94.44±0.89 ^{bB}	0.034±0.001	—

† 同列不同小写字母表示差异显著(P<0.05);同列不同大写字母表示差异极显著(P<0.01)。

表 5 干红树葡萄酒与干红葡萄酒的矿质元素含量比较[†]

Table 5 Comparison of minerals contents in jaboticaba wine and grape wine mg/kg

样品	Mn	Se	Ca	Mg	Fe	Zn
干红树葡萄酒	3.144±0.060 ^{aA}	—	49.280±0.790 ^{cC}	81.551±3.153 ^{cC}	1.524±0.027 ^{cC}	2.049±0.015 ^{aA}
法国干红葡萄酒	1.309±0.016 ^{cC}	—	61.607±1.409 ^{bB}	91.432±1.599 ^{bB}	4.413±0.000 ^{aA}	1.684±0.015 ^{bB}
国产干红葡萄酒	1.570±0.007 ^{bB}	—	90.139±1.332 ^{aA}	124.337±2.050 ^{aA}	3.496±0.016 ^{bB}	1.395±0.016 ^{cC}

† 同列不同小写字母表示差异显著(P<0.05);同列不同大写字母表示差异极显著(P<0.01)。

和葡萄酒国家标准(GB 15037—2006)有明确规定葡萄酒中 Fe、Cu 含量要求,其中 Fe 含量≤8.0 mg/L,本研究中 2 种干红葡萄酒中的 Fe 含量均符合国家标准。其他元素 Ca、Mg、Mn、Zn、Se 在葡萄酒中的含量尚未有相应的国标规定。除葡萄酒外的其他果酒产品目前尚未见国家标准。

2.6 抗氧化活性比较

2.6.1 对 DPPH· 的清除活性 表 6 显示干红树葡萄酒对 DPPH· 的清除能力最强。果酒稀释 20 倍时,干

红树葡萄酒对 DPPH· 的清除率显著高于 2 种干红葡萄酒。研究^[21]表明植物中存在多种抗氧化活性物质,包括多酚类、维生素类、多糖、多肽、微量元素等,且这些产物表现出不同的抗氧化活性,对不同自由基的清除能力亦有差别。由表 1、4 可知,3 种酒中所含的优势功能成分各不同,而不同功能成分对自由基的选择性不同。干红树葡萄酒对 DPPH· 具有最强的清除能力,可能与干红树葡萄酒富含没食子酸(表 2)、V_A 和 V_C(表 4)等有关。

表 6 干红树葡萄酒与干红葡萄酒的抗氧化能力比较[†]

Table 6 Comparison of antioxidant activities in jaboticaba wine and grape wine

样品	DPPH· 清除率/%		ABTS ⁺ · 清除率/%		·OH 清除率/%		Fe ³⁺ 还原能力/(U·mL ⁻¹)	
	稀释 20 倍	稀释 50 倍	稀释 20 倍	稀释 50 倍	稀释 20 倍	稀释 50 倍	稀释 20 倍	稀释 50 倍
干红树葡萄酒	92.86±0.69 ^{aA}	59.32±3.69 ^a	83.89±1.79 ^{bB}	35.96±1.00 ^{cC}	53.85±1.24 ^{cC}	27.14±1.33 ^{bB}	3.118±0.017 ^{bB}	1.397±0.003 ^{cB}
法国干红葡萄酒	89.05±0.96 ^{bB}	54.03±2.25 ^b	86.17±0.64 ^{abAB}	41.84±0.77 ^{bB}	98.43±1.36 ^{aA}	49.10±2.77 ^{aA}	3.152±0.027 ^{bB}	1.572±0.035 ^{bA}
国产干红葡萄酒	90.58±0.68 ^{bAB}	56.48±0.71 ^{ab}	88.01±0.60 ^{aA}	44.52±0.38 ^{aA}	89.22±0.41 ^{bB}	46.88±1.36 ^{aA}	3.263±0.040 ^{aA}	1.632±0.027 ^{aA}

† 同列不同小写字母表示差异显著(P<0.05);同列不同大写字母表示差异极显著(P<0.01)。

2.6.2 对 ABTS⁺· 的清除活性 表 6 显示国产干红葡萄酒对 ABTS⁺· 的清除能力最强。果酒稀释 50 倍时,国产干红葡萄酒对 ABTS⁺· 的清除能力极显著高于法国干红葡萄酒和干红树葡萄酒,可能与国产干红葡萄酒富含单宁(表 1)、花色苷(表 3)等功效成分息息相关。

2.6.3 对 ·OH 的清除活性 Fe²⁺ 与邻二氮菲能够生成稳定的橙红色络合物在 536 nm 波长有最大吸收峰。Fe²⁺ 和 H₂O₂ 通过 Fenton 反应产生 ·OH,邻二氮菲-Fe²⁺ 水溶液可被 ·OH 氧化为邻二氮菲-Fe³⁺,橙红色络合物减少,A₅₃₆ 下降,当向反应体系中加入 ·OH 清除剂时,该过程受到抑制,减少了 A₅₃₆ 的降低^[22]。表 6 显示法国干红葡萄酒对 ·OH 的清除率最高。果酒稀释 20 倍时,法国干红葡萄酒对 ·OH 的清除能力极显著>国产干红葡萄酒和干红树葡萄酒,可能与法国干红葡萄酒富含总酚、总黄酮、白藜芦醇(表 1)、原儿茶酸、咖啡酸、香豆酸、阿魏酸(表 2)等功效成分有关。

2.6.4 对铁离子的还原能力 酸性条件下抗氧化物可以还原 Fe³⁺-TPTZ 产生蓝色的 Fe²⁺-TPTZ,Fe²⁺-TPTZ 在 593 nm 存在最大吸收,通过对铁离子的还原能力间接反映样品的抗氧化能力^[23]。表 6 显示国产干红葡萄酒对铁

离子的还原能力最强。果酒稀释 20 倍时,国产干红葡萄酒对铁离子的还原能力极显著高于法国干红葡萄酒和干红树葡萄酒。对铁离子的还原能力最强可能与单宁(表 1)、花色苷(表 3)等功效成分含量相关。

国内外大多数评价生物活性物质抗氧化能力的方法往往是针对某一种自由基而言,待测样品对一种自由基的清除能力并不能代表其对于另一种自由基的清除能力^[24]。在目前已有测定方法条件下,尚无一个方法能整体反应某种抗氧化剂的抗氧化活性,评价一种抗氧化剂的抗氧化能力需要几种方法来共同说明,几种方法测定的结果可能一致,也可能差异较大^[25]。上述 4 种体外测定方法得出结果不一致,应与 3 种红酒中抗氧化物质(多酚类、维生素类、微量元素等)的组成及其含量密切相关。

3 结论

干红树葡萄酒、法国干红葡萄酒和国产干红葡萄酒中功能及营养成分组成各有特点,三者相比较,干红树葡萄酒没食子酸、V_A、V_C、Mn 与 Zn 含量最高;法国干红葡萄酒总多酚、总黄酮、白藜芦醇、原儿茶酸、咖啡酸、香豆酸、阿魏酸、矢车菊苷及 Fe 含量最高;国产干红葡萄酒单宁、V_D、飞燕草苷、矮牵牛苷、天竺葵苷、芍药苷、锦葵苷、

Ca 和 Mg 含量最高。

3 种酒抗氧化活性亦各有特色,干红树葡萄酒对 DPPH· 的清除能力最强,法国干红葡萄酒对·OH 的清除能力最强,国产干红葡萄酒对 ABTS⁺· 的清除能力及对铁离子的还原能力最强。4 种抗氧化能力与多酚类、维生素类等物质组成及含量之间的作用机制有待于进一步探索。

参考文献

- [1] 唐丽,袁婷婷,钟秋平. 嘉宝果营养成分分析[J]. 经济林研究, 2014, 32(2): 120-124.
- [2] 邱珊莲,林宝妹,张少平,等. 嘉宝果果实不同部位营养成分分析[J]. 福建农业科技, 2018, 49(1): 1-3.
- [3] LEITE-LEGATTI A V, BATISTA A G, DRAGANO N R V, et al. Jaboticaba peel: Antioxidant compounds, antiproliferative and antimutagenic activities[J]. Food Research International, 2012, 49(1): 596-603.
- [4] 邱珊莲,林宝妹,洪佳敏,等. 树葡萄植株不同部位醇提取物抗氧化及抑制 α -葡萄糖苷酶活性的比较研究[J]. 果树学报, 2018, 35(3): 311-318.
- [5] POPENOE W. Manual of tropical and subtropical fruits[M]. New York: Macmillan, 1974: 474.
- [6] DE BEER D, JOUBERT E, GELDERBLUM W C, et al. Antioxidant activity of South African red and white cultivar wines: free radical scavenging[J]. Journal of Agricultural and Food Chemistry, 2003, 51(4): 902-909.
- [7] 李华,李勇,吴蒙. 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.
- [8] 王月晖,崔灵绸,徐洪宇,等. 不同品种干红葡萄酒色泽及抗氧化活性分析[J]. 中国食品学报, 2014, 14(10): 252-259.
- [9] 冯峰,程甲,粟有志. 高效液相色谱—串联质谱法检测红葡萄酒中功效成分[J]. 色谱, 2017, 35(2): 178-184.
- [10] DRAGOVIC-UZELAC V, SAVIC Z, BRALA A, et al. Evaluation of phenolic content and antioxidant capacity of blueberry cultivars (*Vaccinium corymbosum* L.) grown in the Northwest Croatia[J]. Food Technology and Biotechnology, 2010, 48(2): 214-221.
- [11] XU Jian-guo, TIAN Cheng-rui, HU qing-ping, et al. Dynamic changes in phenolic compounds and antioxidant activity in oats (*Avena nuda* L.) during steeping and germination[J]. Journal of Agricultural and Food Chemistry, 2009, 57(21): 10392-10398.
- [12] HU Qing-ping, XU Jian-guo. Profiles of carotenoids, anthocyanins, phenolics, and antioxidant activity of selected color waxy corn grains during maturation[J]. Journal of Agricultural and Food Chemistry, 2011, 59(5): 2026-2033.
- [13] 曹燕,庞市宾,徐磊,等. 金鸡菊提取物体外抗氧化活性[J]. 中国实验方剂学, 2011, 17(12): 144-147.
- [14] 张晓燕,孙成举,孙丙升,等. 葡萄酒中多酚物质的种类、影响因素及其作用[J]. 中外葡萄与葡萄酒, 2017, 42(6): 51-56.
- [15] 丁吉星,梁艳英,王华. 嘉宝果起泡酒酚类物质研究[J]. 中国酿造, 2014, 33(6): 17-22.
- [16] VIVANOVA V, VOJNOSKI B, STEFOVA M. Effect of winemaking treatment and wine aging on phenolic content in Vranec wines[J]. Journal of Food Science & Technology, 2012, 49(2): 161-172.
- [17] WANG Jun, HUO Su-fang, ZHANG Yu-xiu, et al. Effect of different prefermentation treatments on polyphenols, color, and volatile compounds of three wine varieties[J]. Food Science & Biotechnology, 2016, 25(3): 735-743.
- [18] SURIANO S, ALBA V, TARRICONE L, et al. Maceration with stems contact fermentation: Effect on proanthocyanidins compounds and color in Primitivo red wines[J]. Food Chemistry, 2015, 177(3): 382-389.
- [19] ARAKAWA S, TOUYAMA A, KURAYA E, et al. The function of Okinawan wine made from jaboticaba [J]. Bulletin of Okinawa National College of Technology, 2013, 10(7): 27-36.
- [20] SANTOS D T, MEIRELES M A A. Jaboticaba as a Source of Functional Pigments[J]. Pharmacognosy Reviews, 2009, 3(5): 137-142.
- [21] 黄韵璇,李海峰,黄泽波. 天然药物抗氧化活性物质研究进展[J]. 广东药学院学报, 2016, 32(4): 532-536.
- [22] 刘薇,王宏君,赵建,等. 邻二氮菲-Fe²⁺法测定保健食品的抗氧化能力[J]. 食品科学, 2010, 31(18): 333-337.
- [23] 张冬,徐善华,王晓阳,等. 花色苷抗氧化性研究进展[J]. 山东师范大学学报: 自然科学版, 2012, 27(4): 135-138.
- [24] 刘小兵. 生物活性物质的抗氧化能力评价方法及其研究进展[J]. 中国食品卫生杂志, 2008, 20(5): 440-444.
- [25] 史红梅,丁燕,孙玉霞,等. 葡萄酒中多酚物质抗氧化活性测定方法的研究[J]. 酿酒科技, 2011, 32(7): 95-97.