

果酒主要成分及其功能性研究进展

Analysis of components and functionality of fruit wine

张倩茹^{1,2} 殷龙龙³ 尹 蓉^{1,2}

ZHANG Qian-ru^{1,2} YIN Long-long³ YIN Rong^{1,2}

王贤萍^{1,2} 梁志宏^{1,2}

WANG Xian-ping^{1,2} LIANG Zhi-hong^{1,2}

(1. 山西省农业科学院果树研究所, 山西 太原 030031; 2. 果树种质创制与利用山西省重点实验室, 山西 太原 030031; 3. 山西省农业科学院农产品加工研究所, 山西 太原 030031)

(1. *Institute of Pomology, Shanxi Academy of Agricultural Sciences, Taiyuan, Shanxi 030031, China*; 2. *Shanxi Key Laboratory of Germplasm Improvement and Utilization in Pomology, Taiyuan, Shanxi 030031, China*; 3. *Institute of Agricultural Products Processing, Shanxi Academy of Agricultural Sciences, Taiyuan, Shanxi 030031, China*)

摘要:通过分析各类果酒的主要成分及其功能性,阐述了明确果酒的营养成分,寻找果酒营养健康卖点,精准营销理念,加强品牌建设是中国果酒企业未来发展应采取的措施。

关键词:果酒;成分;功能性

Abstract: This main components and functions of various types of fruit wines were analyzed. The clarification of the nutritional components was elaborated, which helped to find the nutritional and healthy selling points of fruit wine and its precision marketing concepts. This would strengthen the brand building of Chinese fruit wine enterprises in the future.

Keywords: fruit wine; components; functionality

果酒是用新鲜的水果或水果汁经完全或部分发酵而成,酒精度在 15% vol 以下的酒精饮料。2000 年以前,果酒作为中国酒类行业的一个小众化产品,其知名度、影响力及消费市场远远不能和传统的白酒、啤酒、黄酒等其他酒类所相比。1998 年全国酿酒工作会议提出了果酒、水

果蒸馏酒是国家重点发展的酒种;中国酿酒工业协会果露酒专业委员会在行业“十五”计划中指出重点发展水果发酵酒及其蒸馏酒,逐步取代一部分粮食白酒。根据中国果酒市场前景调查报告,2013 年中国果酒产量为 1.31×10^9 L,2014~2017 年中国果酒每年增长率都保持在 15% 以上,2017 年中国果酒产量为 2.33×10^9 L^[1]。经过近 20 年的发展,果酒行业虽然得到了国家政策支持,消费者对饮酒营养与健康也越来越重视,酒类消费也有从高度粮食类白酒向低度果酒和啤酒方向转变的趋势,但 2018 年全国白酒产量 8.71×10^9 L,仍约为果酒产量的 4 倍,2017 年中国啤酒产量为 4.40×10^{10} L,约为果酒产量的 20 倍^[1-2]。相比法国葡萄酒产业,仅勃艮第地区就有酿酒葡萄种植面积 2.7 万 hm^2 ,年产葡萄酒 1.50 $\times 10^{10}$ L,年产葡萄酒 2 亿瓶^[3]。

中国果酒产业发展缓慢,市场份额增长速率低。未来如何增加果酒消费量,寻找果酒卖点是重中之重。近年来越来越多消费者开始注重养生与健康,这一理念成为果酒消费的重要卖点即果酒的营养与保健作用。尽管各类果酒打着营养保健功能的旗号,流通于各大商圈、超市等消费市场,但并未明确其具体营养成分、含量及功能性,果酒卖点宣传模糊,针对性不强,销量欠佳。其实这些以葡萄、苹果、山楂、猕猴桃、杨梅等各种水果为原料的果酒不仅保留了各类水果中原有的营养成分,在发酵过程中还生成了多种新的功能性成分,同时果香浓郁、色泽鲜艳,其消费市场前景广阔。

文章拟分析各类果酒的主要成分及其保健功能,旨在为中国果酒企业细化明确营养成分、寻找果酒营养健

基金项目:山西省农业科学院科技创新项目(编号: YCX2018D2T12);山西省科技厅青年基金项目(编号: 201701D221200);山西省农业科学院农谷研发专项(编号: YGG1617);山西省农业科学院攻关项目(编号: YGG17036)

作者简介:张倩茹,女,山西省农业科学院果树研究所助理研究员,硕士。

通信作者:梁志宏(1969—),女,山西省农业科学院果树研究所副研究员,硕士。E-mail:13835441507@163.com

收稿日期:2019-11-12

康卖点、营销理念、品牌建设等方面提供参考依据。

1 果酒主要成分及其变化分析

1.1 糖

水果中以葡萄糖、果糖、蔗糖为主,酵母菌可利用这些糖类以供自身生长繁殖,同时进行酒精发酵产生乙醇。随着发酵的进行,糖类物质不断减少,在发酵后期由于乙醇的累积,酵母菌受到乙醇胁迫,同时酵母菌进入衰退期,加之核糖、多糖等一些糖类不能被酵母利用,导致果酒中普遍含有残糖^[4-6]。Whasley等^[7]测定了多种水果酿造的果酒中,残糖主要包括葡萄糖和果糖,干红果酒中含量 $<4\text{ g/L}$ 。赵驰等^[8]测定了李子果酒主发酵过程中总糖含量,呈先下降后趋于稳定趋势,主发酵结束后总糖含量为 22.90 g/L 。信思悦等^[9]测得陈酿后无花果果酒的多糖含量为 1.35 g/L 。Yang等^[10]以海棠果酒为原料,从中分离提纯出3种水溶性多糖,其中多糖MWP-2由半乳糖、葡萄糖、甘露糖和果糖构成。黄佳^[11]测定了猕猴桃酒中单糖和多糖组分主要为半乳糖、阿拉伯糖、木糖、葡萄糖、鼠李糖、半乳糖醛酸、甘露糖蛋白、阿拉伯半乳糖和同聚半乳糖醛酸。通过发酵可降低葡萄糖、果糖、蔗糖等的含量,而不能完全被酵母利用的多糖,如枸杞多糖、红枣多糖等功能性多糖得到保留,经过发酵还会产生一些原本水果中不含的功能性糖,如阿洛糖、阿洛酮糖等,相比水果,降低了果酒的含糖量,升高了功能性糖含量和种类。残糖含量决定了果酒酒种,同时也是调节果酒柔和、圆润、苦涩口感及黏稠度的重要物质。

1.2 酸

对多数果酒而言,总酸含量在发酵过程中相对稳定,一般在发酵前期总酸含量增加,发酵中后期总酸含量又有所降低。发酵前期,原料自身有机酸累积及产酸菌在发酵过程中产生丁酸、醋酸、乳酸,二氧化碳的产生导致碳酸含量增加均会使发酵前期总酸含量增加;发酵后期,苹果酸乳酸发酵,乙醇和有机酸发生反应生成酯类,导致发酵后期总酸含量又有所降低^[6,12]。葡萄酒中主要有有机酸包括酒石酸、苹果酸、琥珀酸、乳酸、乙酸、柠檬酸、抗坏血酸等,发酵过程中酒石酸、苹果酸、抗坏血酸和柠檬酸含量不断减少,草酸和琥珀酸含量先增高后降低,乳酸含量不断增加^[13-16]。苹果酒中主要有有机酸包括苹果酸、草酸、酒石酸、柠檬酸、琥珀酸、乳酸等,发酵过程中苹果酸、草酸、酒石酸含量降低,乳酸、柠檬酸、琥珀酸含量明显升高^[13,17-18]。猕猴桃酒中有机酸主要有苹果酸、柠檬酸、奎宁酸、酒石酸,总酸含量逐渐降低,但降低趋势不明显^[19-21]。邓红梅等^[22]研究发现龙眼酒中含有8种有机酸,发酵前期酒石酸含量明显减少,乳酸、苹果酸、柠檬酸、琥珀酸和草酰乙酸含量均明显增加,草酸和 α -酮戊二酸则无明显变化,发酵后期除乳酸外,其余7种有机酸保

持平稳。蒋成等^[23]发现无花果果酒发酵后有机酸总量升高,主要的有机酸包括乙酸、丁二酸、柠檬酸、马来酸、苹果酸、酒石酸、草酸等。对果酒而言,酒精发酵完成后,在乳酸菌的作用下进行苹果酸乳酸发酵,使苹果酸含量减少而乳酸增加,果酒口感变得柔和,相较于水果本身,发酵后的果酒中酸含量和种类相对稳定,柠檬酸、抗坏血酸等均是具有生物活性的有机酸,一些果酒如木瓜酒、红枣酒中还含有齐墩果酸、熊果酸等稀有有机酸。

1.3 氨基酸

果酒经过发酵,蛋白质被酶解,同时酵母自身代谢和自溶使得氨基酸种类增加,大部分变为游离氨基酸,容易被人体吸收利用,且果酒中所含氨基酸种类全面,尤其是人体不能合成的必需氨基酸,因此,果酒是氨基酸的良好来源。葡萄酒中含有脯氨酸、苏氨酸、赖氨酸等20种氨基酸,其中以脯氨酸含量最高^[24-26]。苹果酒中含有半胱氨酸、酪氨酸、苯丙氨酸等17种氨基酸,发酵可以使苹果酒中氨基酸比例均衡,提高必需氨基酸含量^[27-28]。严超等^[29]利用高效液相色谱法对红枣白兰地酒醅发酵过程中的氨基酸进行了测定,其中检测到脯氨酸、天冬氨酸、谷氨酸等16种氨基酸,且在发酵过程中氨基酸含量不断增长。Sanoppa等^[30]研究发现谷氨酸、精氨酸、丙氨酸、亮氨酸、脯氨酸和 γ -氨基丁酸是龙眼酒中主要氨基酸。此外,荔枝酒^[31]、欧李酒^[32]、桑葚酒^[33]、无花果酒^[34]、枸杞干果酒^[35]中均含有多多种氨基酸,且基本包含了所有必需氨基酸。

1.4 酚类化合物

酚类化合物是果酒中主要的活性成分,影响果酒的颜色、香气、结构感、苦涩的口感等,主要包括花青素、黄酮醇、黄酮-3-醇、原花青素、鞣花鞣质和酚酸等。发酵过程中,果酒酚类物质多呈先上升后下降的趋势,随着发酵的进行,酚类物质再次增加,之后趋于稳定。葡萄酒中酚类物质主要包括没食子酸、表儿茶素、儿茶素、槲皮素-3-葡萄糖苷、杨梅素、槲皮素、白藜芦醇、锦葵色素葡萄糖苷、锦葵色素双葡萄糖苷、愈创木酚、丁香酚、4-乙烯基苯酚、丁香醛、4-乙烯基愈创木酚、4-甲氧基苯乙酮等多种单体酚类物质,随着发酵时间的延长及陈酿,单体花色苷、黄酮醇苷显著降低,总酚保持相对稳定^[36-37]。苹果酒中主要含有原儿茶酸、绿原酸、*p*-香豆酸及咖啡酸、儿茶素、表儿茶素、根皮素等多酚类物质,总酚在发酵过程中先减少再增加到最大值后又减少之后趋于稳定^[38-39]。梨酒中熊果苷、儿茶素和3,4-二羟基苯丙氨酸含量最高,发酵过程中不同酚类物质单体的变化趋势不同,其中熊果苷、没食子酸、原儿茶酸、绿原酸和芦丁含量在不同梨酒中呈下降趋势,3,4-二羟基苯丙氨酸、儿茶素含量则显著增加^[40-41]。可见,单体酚在酿造过程中一部分会相互聚合形成新的聚合体酚,另一部分相对稳定,得以保留。此

外,草莓^[42]、桑葚^[43-44]、黑莓^[45]、杏^[46]、李子^[46]、樱桃^[47]等水果酿造的果酒,因其本身含有多酚类物质,且在酿造过程中不会破坏酚类化合物在最终产品中的保留,同时由于糖的添加及酒精的产生,有助于果酒中酚类物质含量的增加,因此这些果酒也都是酚类物质的重要来源^[46]。

1.5 香气成分

香气物质是果酒中重要的功能性组成成分,也是评价果酒品质的重要指标。果酒既保留了水果原有的芳香,又增加了陈酿的香味,其香气成分主要包括醇类、醛类、酯类、酮类、酸类、萜类等物质,成分不同,果酒的特征香气不同,如异戊醇具有焦糊味、麦芽味;苯乙醇具有玫瑰香味;大部分酯类具有水果香气;糠醛具有谷物香气;苯甲醛具有花香等。葡萄酒中已鉴定出的香气成分超过 1 000 种,醇类主要包括 3-甲基-1-丁醇、苯乙醇、2,3-丁二醇、2-甲基-1-丙醇、异戊醇等,酯类主要包括乙酸乙酯、丁酸乙酯、乙酸异戊酯、己酸乙酯、2-羟基丙酸乙酯等,酮类物质主要包括 3-羟基-2-丁酮、大马士酮、1-(2-呋喃基)-乙酮、反,反-3,5-庚二烯-2-酮等,醛类包括苯乙醛、苯甲醛、壬醛、葵醛、5-甲基-2-呋喃甲醛等,萜类物质主要包括沉香醇、橙花醇、萜品醇、月桂烯金合欢醇等,葡萄中存在的各种前体分子、酵母发酵产生的代谢产物、苹果酸乳酸发酵、陈酿等都对葡萄酒的香气和风味有显著影响^[48-49]。李凯等^[50]采用 SPME-GC-MS 技术与 GC-O 法和 OAV 法结合,测定出红心火龙果酒中特征香气物质主要为己酸乙酯、乙酸异戊酯、辛酸乙酯、异戊醇、乙酸乙酯、苯乙醇等。郭静等^[51]采用 GC-MS 测定猕猴桃果酒发酵后的香气成分,检测出的酯类、醇类、羧酸类、醛酮类、烃类、杂环类化合物分别为 43,23,6,4,5,1 种。张明等^[52]通过分析芒果酒挥发性风味物质发现其中共含有 32 种化合物,相对含量较高的为醇类和脂类,共占总挥发性成分的 94.61%。此外,桑葚酒^[53]、杨梅酒^[54]、苹果酒^[55]、草莓酒^[56]、李子酒^[57]等果酒都含有独特的香气成分物质,且品种、产地、年份、酿造工艺、陈酿时间等对果酒香气成分的影响为近年来国内外学者研究的热点。

2 功能性研究

果酒中的多糖、有机酸、酚类物质等成分都是功能性物质,具有抗氧化活性、抗衰老、降胆固醇、降血脂、预防心血管疾病等作用。吴树坤等^[58]研究表明山葡萄酒的 Fe^{3+} 还原能力、DPPH 自由基和 ABTS 自由基清除能力分别比葡萄浆高出 260.4%,200.0%,198.8%,总酚、黄酮含量与抗氧化活性呈极显著相关($P<0.01$)。Fernández-Pachón 等^[59]采用 ORAC、ABTS 和 DPPH 3 种方法分析了 41 种葡萄酒样品,发现所有样品都具有较高的抗氧化活性,其中红葡萄酒的抗氧化活性高于白葡萄酒和雪利

酒,可能是红葡萄在酿造过程中保留了皮和籽,而葡萄皮和籽中酚类物质含量远高于果肉。Kharadze 等^[60]研究了佐治亚州 5 种不同葡萄酒样品中单体花色苷含量与抗氧化活性,发现葡萄酒花色苷含量与抗氧化活性呈正比,随着葡萄酒的老化,单体花色苷数量减少其抗氧化活性随之降低。邱珊莲等^[61]采用 DPPH 法、ABTS 法、邻二氮菲法和 FRAP 法分析了 3 种干红葡萄酒的抗氧化能力,发现树葡萄红酒对 DPPH 自由基的清除能力最强,法国干红葡萄酒对羟基自由基的清除能力最强,中国干红葡萄酒对 ABTS 自由基的清除能力及对铁离子的还原能力最强。此外,草莓酒^[62]、猕猴桃酒^[63]、杨梅酒^[64]、沙棘酒^[65]、石榴酒^[66]、百香果酒^[67]、树莓酒^[68]等都表现出对 ABTS 自由基、羟基自由基、超氧阴离子等有较强的清除能力与抑制力,酚类物质是使得果酒具有抗氧化活性的重要成分。

葡萄酒还具有降低心血管疾病风险、保护低密度脂蛋白免受氧化修饰、抗菌消炎等功能^[69-70]。Yang 等^[10]研究发现海棠果酒中的多糖对羟基自由基、DPPH 自由基、超氧化物自由基有不同程度的清除作用,且能显著抑制衰老模型小鼠大脑皮层细胞的凋亡和脂质过氧化物的形成,提高抗氧化酶系统的活性,发挥一定的抗衰老作用。Jungi 等^[71]研究发现两种韩国黑树莓酒浓缩物有显著的抗氧化活性,且对所有癌细胞类型均显示出显著的抗增殖作用,细胞活力下降幅度超过 50%。Jeong 等^[72]测定了黑莓酒提取物的抗氧化、抗增殖和抗炎活性,发现黑莓酒提取物使 HT-29 细胞、LNCaP 细胞活力降低 13%~70%,经过提取物处理的超氧化物歧化酶和谷胱甘肽过氧化物酶活性高于对照组。

果酒中既保留了酿造前水果中的各种营养物质,同时在酿造过程中,酵母代谢及酶促作用分解了部分大分子物质,使得果酒中含有丰富的功能成分,能降低胆固醇、抑制脂肪生成、减肥;可促进血液循环和新陈代谢,提高机体活力;具有利尿、激发肝功能作用;具有美容护肤、抗衰老的功效;特别是对于女性有调节激素水平、调节情绪的作用^[1,73-74]。

3 结束语

随着经济的快速增长,人们生活水平的不断提升,“健康”变得越来越重要。2018 年中国居民人均各项消费支出中,医疗保健支出同比增速最高,未来人们对于饮酒的习惯正在逐步向低度、营养、安全、个性方向转变,消费升级、市场更新换代、创新发展为中国酒水市场带来了新的发展前景,果酒以其营养价值高、口感优质、种类丰富加之果酒厂商注重品牌建设、提升高端果酒品质与口感、配合产品创新与精准营销等特点,必然具有广阔的市场潜力。同时果酒产业的发展对充分利用水果资源,解决

果品产能过剩、损伤及残次果滞销等问题,提高水果附加值及利用率,增加农民收入,辐射周边经济发展及提高企业收入具有重要意义。

参考文献

- [1] 赵婷, 李林波, 潘明, 等. 果酒产业的发展现状与市场前景展望[J]. 食品工业, 2019, 40(5): 301-308.
- [2] 产业信息网. 2017 年 1~12 月全国啤酒产量统计表[EB/OL]. (2018-02-11)[2020-03-08]. <http://www.chyxx.com/data/201802/612802.html>.
- [3] 王智慧. 勃艮第葡萄酒 2017 官方收成报告, 灾年产量不跌反涨[EB/OL]. (2018-04-07)[2020-03-08]. <https://baijiahao.baidu.com/s?id=1597081347341133247&wfr=spider&for=pc>.
- [4] TOWANTAKAVANIT K, PARK S Y, GORINSTEIN S. Quality properties of wine from Korean kiwifruit new cultivars[J]. Food Research International, 2011, 44(5): 1 364-1 372.
- [5] 张文文, 白梦洋, 吴祖芳, 等. 果酒酵母菌混合发酵的研究进展[J]. 食品科学, 2018, 39(19): 252-259.
- [6] 刘彩婷, 周鸿翔, 王晓丹, 等. 八种商业酵母制备蓝莓苹果复合果酒的品质对比[J]. 中国酿造, 2019, 38(3): 51-58.
- [7] DUARTE W F, DIAS R D, OLIVEIRA J M, et al. Characterization of different fruit wines made from cacao, cupuassu, gabioba, jaboticaba and umbu[J]. LWT-Food Science and Technology, 2010, 43(10): 1 564-1 572.
- [8] 赵驰, 朱永清, 董玲, 等. 李子果酒主发酵过程中理化指标及挥发性成分变化分析[J]. 中国酿造, 2019, 38(9): 65-68.
- [9] 信思悦, 唐玲, 盛怀宇, 等. 陈酿方式对无花果果酒理化特性及体外抗氧化性的影响[J]. 食品与发酵工业, 2019, 45(5): 121-126.
- [10] YANG Hui, HUA Jun-li, WANG Chuang. Anti-oxidation and anti-aging activity of polysaccharide from Malus micromalus Makino fruit wine[J]. International Journal of Biological Macromolecules, 2019, 121(1): 1 203-1 212.
- [11] 黄佳. 猕猴桃酒发酵及陈酿过程中多酚及多糖的变化规律[D]. 杨陵: 西北农林科技大学, 2016: 39-44.
- [12] 张瑶, 蒲彪. 枇杷酒发酵过程中糖度、酒度、总酸和挥发酸的变化研究[J]. 农产食品科技, 2012, 6(2): 21-24.
- [13] 曾竟蓝, 马胤鹏, 秦丹, 等. 果酒中有机酸的作用及检测方法研究[J]. 中国酿造, 2018, 37(6): 183-187.
- [14] PARK J, SHIN J, LEE J H, et al. Development of a quantitative method for organic acid in wine and beer using high performance liquid chromatography[J]. Food Science and Biotechnology, 2017, 26(2): 349-355.
- [15] 庞敏, 蔡松玲, 刘茜. 葡萄酒中有机酸及其分析方法的研究进展[J]. 食品安全质量检测学报, 2019, 10(6): 1 588-1 593.
- [16] 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.
- [17] 孙慧焯. 不同方法降解苹果酒中有机酸的比较和优化[D]. 杨陵: 西北农林科技大学, 2015: 11-15.
- [18] BANDIC L M, ZULJ M M, FRUK G, et al. The profile of organic acids and polyphenols in apple wines fermented with different yeast strains[J]. Food Science and Technology, 2019, 56(2): 599-606.
- [19] 倪慧, 李华佳, 李可, 等. 高效液相色谱法测定猕猴桃酒中 4 种有机酸含量[J]. 食品研究与开发, 2019, 40(12): 205-211.
- [20] 黎星辰, 文静, 唐敏, 等. 野生猕猴桃酒发酵过程中理化指标变化规律研究[J]. 食品工业, 2019, 41(5): 23-25.
- [21] 何宏魁, 李红歌, 李晓欢, 等. 猕猴桃酒中酸份分析及其降酸工艺研究[J]. 酿酒, 2015, 41(6): 59-61.
- [22] 邓红梅, 柳镜炬, 邓晓琳, 等. 龙眼酒酿造过程中有机酸变化的分析[J]. 食品工业, 2019, 41(7): 69-73.
- [23] 蒋成, 陈安均, 付云云, 等. 酵母对无花果酒有机酸的影响[J]. 食品与机械, 2018, 34(7): 39-42.
- [24] YOLANDA B, EMILIA D, EMILIANO T, et al. Effects of irrigation over three years on the amino acid composition of Treixadura (*Vitis vinifera* L.) musts and wines in two different terroirs[J]. Scientia Horticulturae, 2018, 227(1): 313-315.
- [25] 杜彬, 任艳军, 杨林华, 等. 不同产区葡萄酒中氨基酸和微量元素的测定分析[J]. 食品工业, 2018, 40(8): 108-110.
- [26] 高年发, 李磊, 邓旭衡, 等. 葡萄酒酿造过程中氨基酸含量变化的研究[J]. 中国酿造, 2011, 30(1): 28-35.
- [27] 刘婧琳, 郭玉蓉. 4 种工艺苹果酒中的游离氨基酸及其呈味特征[J]. 陕西农业科学, 2015, 61(10): 27-30.
- [28] YE Meng-qi, YUE Tian-li, YUAN Ya-hong. Changes in the profile of volatile compounds and amino acids during cider fermentation using dessert variety of apples[J]. European Food Research and Technology, 2014, 239(1): 67-77.
- [29] 严超, 侯丽娟, 齐晓茹, 等. 红枣白兰地发酵过程中酒酯氨基酸和有机酸的变化分析[J]. 食品工业科技, 2017, 39(14): 121-125.
- [30] SANOPPA K, HUANG T, WU M. Effects of *Saccharomyces cerevisiae* in association with *Torulaspora delbrueckii* on the aroma and amino acids in longan wines[J]. Food science and nutrition, 2019, 7(9): 2 817-2 826.
- [31] 沈颖, 刘晓艳, 白卫东, 等. 荔枝酒酿造过程中氨基酸的变化[J]. 食品与发酵工业, 2012, 38(5): 191-196.
- [32] 牟德华, 骆亚薇, 赵英莲, 等. HPLC 检测欧李和欧李酒中的氨基酸[J]. 酿酒科技, 2015, 36(3): 123-126.
- [33] 林小娟, 许杨彪, 刘向红, 等. 桑椹酒中氨基酸含量分析[J]. 中国酿造, 2017, 36(6): 158-162.
- [34] 蒋成, 付云云, 杨云洁, 等. 不同酵母对无花果酒高级醇、氨基酸的影响研究[J]. 食品与发酵工业, 2018, 44(11): 147-153.
- [35] 丁学利. 枸杞干果酒发酵过程中氨基酸组成的变化[J]. 陕西林业科技, 2019, 47(1): 12-15.

- [36] GABRIELIAN A, KAZUMYAN K. The investigation of phenolic compounds and anthocyanins of wines made of the grape variety karmrahyut[J]. *Annals of Agrarian Science*, 2018, 16(2): 160-162.
- [37] BIMPILAS A, TSIMOGIANNIS D, BALTA-BROUMA K, et al. Evolution of phenolic compounds and metal content of wine during alcoholic fermentation and storage[J]. *Food Chemistry*, 2015, 178(1): 164-171.
- [38] LAAKSONEN O, KULDJARV R, PAALME T, et al. Impact of apple cultivar, ripening stage, fermentation type and yeast strain on phenolic composition of apple ciders[J]. *Food Chemistry*, 2017, 233(10): 29-37.
- [39] 哈之才. 寒富苹果酒发酵过程中多酚变化规律研究[D]. 沈阳: 沈阳农业大学, 2017: 23-31.
- [40] 李丽梅, 冯云霄, 何近刚, 等. 不同部位“雪花”梨所酿梨酒中酚类物质的分析和抗氧化能力比较[J]. *食品研究与开发*, 2013, 34(7): 74-78.
- [41] 李丽梅, 冯云霄, 何近刚, 等. 不同品种梨果实酿制的梨酒中酚类物质及其抗氧化能力比较[J]. *食品与机械*, 2019, 35(2): 153-156.
- [42] MANDAVE P C, PAWAR P K, RANJEKAR P K, et al. Comprehensive evaluation of in vitro antioxidant activity, total phenols and chemical profiles of two commercially important strawberry varieties[J]. *Scientia Horticulturae*, 2014, 172(9): 124-134.
- [43] YOU Yi-lin, LI Na, Han Xue, et al. Influence of tannin extract and yeast extract on color preservation and anthocyanin content of mulberry wine[J]. *Journal of Food Science*, 2018, 83(4): 1 084-1 093.
- [44] 刘书晶, 吴彩娥, 范龚健, 等. 桑葚酒发酵期间花色苷及抗氧化活性变化[J]. *食品与生物技术学报*, 2018, 37(6): 624-631.
- [45] ORTIZ J, MARIN-ARROYO M R, NORIEGA-DOMINGUEZ M J, et al. Color, phenolics, and antioxidant activity of blackberry (*Rubus glaucus Benth*), blueberry (*Vaccinium floribundum Kunth*), and apple wines from Ecuador[J]. *Journal of Food Science*, 2013, 78(7): C985-C993.
- [46] UROŠ Ć, ALEKSANDAR P, BORIS P, et al. Fruit as a substrate for a wine: A case study of selected berry and drupe fruit wines[J]. *Scientia Horticulturae*, 2019, 244(1): 42-49.
- [47] XIAO Zuo-bing, FANG Ling-ling, NIU Yun-wei, et al. Effect of cultivar and variety on phenolic compounds and antioxidant activity of cherry wine[J]. *Food Chemistry*, 2015, 186(11): 69-73.
- [48] STYGER G, PRIOR B, BAUER F F. Wine flavor and aroma [J]. *Journal of Industrial Microbiology & Biotechnology*, 2011, 38(9): 1 145-1 159.
- [49] 段丽丽, 戴得蓉, 周凌洁. 不同酒花葡萄酒香气主成分分析及聚类分析[J]. *食品与机械*, 2019, 35(9): 9-14.
- [50] 李凯, 王金晶, 李永仙, 等. 红心火龙果酒特征香气分析[J]. *食品与发酵工业*, 2019, 45(13): 216-223.
- [51] 郭静, 岳田利, 袁亚宏, 等. 基于 SPME-GC/MS 的猕猴桃酒香气成分研究[J]. *西北农林科技大学学报*, 2007, 35(6): 89-93.
- [52] 张明, 帅希祥, 马飞跃, 等. 芒果酒发酵工艺优化及其挥发性风味物质分析[J]. *广东化工*, 2018, 44(21): 23-26.
- [53] 杨芳, 刘铁, 刘燕, 等. 发酵型桑葚果酒主要成分动态变化规律及香气成分分析[J]. *食品与机械*, 2018, 34(6): 15-20.
- [54] 张文文, 翁佩芳, 吴祖芳. 东方伊萨酵母和酿酒酵母混合发酵杨梅酒的发酵效率及风味特征分析[J]. *食品科学*, 2011, 40(18): 144-151.
- [55] 张俊杰, 尚益民, 彭珊珊, 等. 产香酵母的筛选及其苹果酒发酵特性[J]. *中国酿造*, 2019, 38(8): 31-35.
- [56] 叶文斌, 樊亮, 宫峥嵘, 等. 东方草莓酒酿造工艺及香味成分分析[J]. *酿酒科技*, 2015, 36(12): 50-52.
- [57] 刘永衡, 菜倩, 吴祖芳. 幸运李子果酒香气成分分析[J]. *中国酿造*, 2015, 34(10): 138-141.
- [58] 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.
- [59] FERNANDEZ-PACHON M S, VILLANO D, GARCIA-PARRILLA M C, et al. Antioxidant activity of wines and relation with their polyphenolic composition[J]. *Analytica Chimica Acta*, 2004, 513(1): 113-118.
- [60] KHARADZ M, JAPARIDZE I, KALANDIA A, et al. Anthocyanins and antioxidant activity of red wines made from endemic grape varieties[J]. *Annals of Agrarian Science*, 2018, 16(2): 181-184.
- [61] 邱珊莲, 郑开斌, 林宝妹, 等. 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[J]. *食品与机械*, 2019, 35(4): 163-167.
- [62] 宋慧, 马利华, 陈学红, 等. 发酵条件对草莓果酒抗氧化性的影响[J]. *徐州工程学院学报*, 2016, 30(2): 79-83.
- [63] 闫胜楠. 软枣猕猴桃果酒最适工艺条件和抗氧化性的研究[D]. 延吉: 延边大学, 2016: 29-31.
- [64] 苏龙, 吕凤丹, 王雪儒, 等. 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[J]. *食品工业科技*, 2017, 37(20): 146-151.
- [65] 朱明明, 何鸿举, 樊明涛, 等. 新型发酵剂对沙棘果酒品质及抗氧化性的影响[J]. *食品工业科技*, 2018, 38(15): 15-20.
- [66] 尹乐斌, 周娟, 李立才, 等. 石榴五味子保健酒发酵工艺优化及抗氧化活性研究[J]. *食品与机械*, 2019, 35(3): 202-208.
- [67] 苏龙, 吴小梅, 陈玉菲, 等. 响应面优化柚子百香果酒发酵工艺及其抗氧化性[J]. *食品安全质量检测学报*, 2019, 10(15): 5 161-5 168.

(下转第 236 页)

- Virology, 2017, 91(6): 1-19.
- [35] HOU Ruo-lin, LIU Xin, YAN Jun-jie, et al. Characterization of natural melanin from *Auricularia auricula* and its hepatoprotective effect on acute alcohol liver injury in mice[J]. Food & Function, 2019, 10(2): 1 017-1 027.
- [36] RAGEH M M, EL-GEHALY R H. Melanin nanoparticles: Antioxidant activities and effects on γ -ray-induced DNA damage in the mouse[J]. Mutation Research/Genetic Toxicology and Environmental Mutagenesis, 2018, 828: 15-22.
- [37] ZDYBEL M, PILAWA B, DREWNOWSKA J M, et al. Comparative EPR studies of free radicals in melanin synthesized by *Bacillus weihenstephanensis* soil strains [J]. Chemical Physics Letters, 2017, 679: 185-192.
- [38] SICHEL G M, CORSARO C, SCALIA M, et al. Relationship between melanin content and superoxide dismutase (SOD) activity in the liver of various species of animals[J]. Cell Biochemistry and Function, 1987, 5(2): 123-128.
- [39] ZOU Yu, ZHAO Yue, HU Wen-zhong. Chemical composition and radical scavenging activity of melanin from *Auricularia auricula* fruiting bodies[J]. Food Science and Technology: Campinas, 2015, 35(2): 253-258.
- [40] 周月越, 王力东, 杜美凤, 等. 曼氏无针乌贼墨汁黑色素对亚急性衰老模型小鼠抗氧化功能的影响[J]. 天然产物研究与开发, 2015, 27(9): 1 663-1 667.
- [41] 赵云, 杨华, 冀雄飞, 等. 2 种乌贼墨黑色素对衰老小鼠心脏糖基化末端产物的清除作用[J]. 宁波大学学报: 理工版, 2019, 32(5): 7-11.
- [42] ZDYBEL M, PILAWA B, CHODUREK E. Effect of cadmium(II) on free radicals in DOPA-melanin tested by EPR spectroscopy[J]. Acta Poloniae Pharmaceutica, 2015, 72(5): 901-907.
- [43] 袁翊朦, 李康秀, 王春琳, 等. 乌贼墨汁黑色素对小鼠体内重金属的脱除作用[J]. 生物学杂志, 2017, 34(3): 37-41.
- [44] LIAN Hong, SIMON J D. Insight into the binding of divalent cations to sepia eumelanin from IR absorption spectroscopy[J]. Photochemistry & Photobiology, 2006, 82(5): 1 265-1 269.
- [45] LEI Min, XUE Chang-hu, WANG Yu-ming, et al. Effect of squid ink melanin-Fe on iron deficiency anemia remission[J]. Journal of Food Science, 2008, 73(8): 207-211.
- [46] SZPOGANICZ B, GIDANIAN S, KONG P, et al. Metal binding by melanins: Studies of colloidal dihydroxyindole-melanin, and its complexation by Cu (II) and Zn (II) ions[J]. Journal of Inorganic Biochemistry, 2002, 89(1/2): 45-53.
- [47] 江凯, 刘亮, 曹少谦, 等. 鱿鱼墨黑色素的提取及其对 A549 细胞的影响[J]. 中国食品学报, 2019, 19(3): 215-221.
- [48] 刘亮, 曹少谦, 刘合生, 等. 鱿鱼墨黑色素提取物对肿瘤细胞的抑制作用[J]. 核农学报, 2017, (10): 1 972-1 978.
- [49] 苏伟明, 马润娣, 于立坚, 等. 中国枪乌贼墨汁提取物的抗肿瘤作用[J]. 中国海洋药物, 2005, 24(2): 47-50.
- [50] YE Ming, GUO Geng-yi, LU Ying, et al. Purification, structure and anti-radiation activity of melanin from *Lachnum YM404* [J]. International Journal of Biological Macromolecules, 2014, 63: 170-176.
- [51] DONTSOV A E, SAKINA N L, KOROMYSLOVA A D, et al. Effect of UV radiation and hydrogen peroxide on the antiradical and antioxidant activities of DOPA-melanin and melanosomes from retinal pigment epithelial cells[J]. Russian Chemical Bulletin, 2015, 64(7): 1 623-1 628.
- [52] SONG Sheng, YANG Liu, YE Ming, et al. Antioxidant activity of a *Lachnum YM226* melanin-iron complex and its influence on cytokine production in mice with iron deficiency anemia[J]. Food & Function, 2016, 7(3): 1 508-1 514.
- [53] SANSINENEA E, ORTIZ A. Melanin: A photoprotection for *Bacillus thuringiensis*-based biopesticides[J]. Biotechnology Letters, 2015, 37(3): 483-490.
- [54] 董慧, 王力东, 王春琳, 等. 曼氏无针乌贼墨汁黑色素对免疫低下模型小鼠的调节作用[J]. 生物学杂志, 2016, 33(5): 27-30.
- (上接第 229 页)
- [68] 申远, 冯印, 王袭, 等. 超声处理对树莓干红酒抗氧化活性的影响[J]. 食品工业科技, 2015, 35(9): 120-123.
- [69] AKCY Y D, YILIRIM H K, GUVENC U, et al. The effects of consumption of organic and nonorganic redwine on low-density lipoprotein oxidation and antioxidant capacity in humans[J]. Nutrition Research, 2004, 24(7): 541-554.
- [70] NATELLA F, GHISELLI A, GUIDI A, et al. Red wine mitigates the postprandial increase of LDL susceptibility to oxidation[J]. Free Rad Biol Med, 2001, 30(9): 1 036-1 044.
- [71] JUNG J, SON M, JUNG S, et al. Antioxidant properties of Korean black raspberry wines and their apoptotic effects on cancer cells[J]. Science of Food and Agriculture, 2009, 89(6): 970-977.
- [72] JEONG J, JUNG H, LEE S, et al. Anti-oxidant, anti-proliferative and anti-inflammatory activities of the extracts from black raspberry fruits and wine [J]. Food Chemistry, 2010, 123(2): 338-344.
- [73] CHANG K J, LIZ-THACN M W, OLSEN J. Wine and health perceptions: Exploring the impact of gender, age and ethnicity on consumer perceptions of wine and health[J]. Wine Economics and Policy, 2016, 5(2): 105-113.
- [74] 魏焘, 曾敏, 李珂, 等. 以秀丽隐杆线虫为模式生物的蓝莓果酒抗氧化及抗衰研究[J]. 食品与机械, 2016, 32(5): 16-19.