

富川脐橙果酒酿造工艺的优化及其抗氧化活性分析

何彩梅¹, 龚福明^{2*}, 李杰民³, 黄星学¹, 陆兴谋¹, 郭继毅¹ (1. 贺州学院食品与生物工程学院, 广西贺州 542899; 2. 德宏职业学院临床学院, 云南芒市 678400; 3. 广西壮族自治区农业科学院农产品加工研究所, 广西南宁 530007)

摘要 [目的] 为新型富川脐橙果酒的酿造及新型保健果酒的研发提供理论依据。[方法] 采用单因素试验及正交试验对富川脐橙果酒酿造工艺进行优化的同时对其抗氧化特性进行研究。[结果] 工艺优化结果表明: 当酵母接种量为 0.10%, 发酵液初始 pH 为 4.0, 初始糖度为 22%, 装液量为 60% 时, 富川脐橙果酒风味独特且品质最佳, 酒精度可达 11.0% (vol), 感官评价分值则高达 94 分。在此最优条件下, 富川脐橙果酒具有极强的抗氧化能力, 对 1,1-二苯基-2-三硝基苯肼自由基(DPPH·)、羟自由基(·OH)、超氧阴离子自由基(·O₂⁻) 等氧自由基清除率分别达到了 88.4%、80.1% 和 86.0%, 主要抗氧化活性成分可滴定酸、总黄酮和总酚含量显著增加, 分别达到了 1.26 g/L、9.5 mg/mL 和 27.1 mg/100 mL。[结论] 富川脐橙果酒有着较高的营养保健价值, 一旦研发投产将是一款市场潜力巨大且备受广大消费者喜爱的功能性保健果酒饮品。

关键词 富川脐橙果酒; 工艺优化; 抗氧化活性

中图分类号 TS 262.7 **文献标识码** A

文章编号 0517-6611(2020)02-0173-04

doi: 10.3969/j.issn.0517-6611.2020.02.050



开放科学(资源服务)标识码(OSID):

Optimization of Fermentation Process for Fuchuan Navel Orange Wine and Analysis on Its Antioxidant Activity

HE Cai-mei¹, GONG Fu-ming², LI Jie-min³ et al (1. School of Food and Bioengineering, Hezhou University, Hezhou, Guangxi 542899; 2. School of Clinical Medicine, Dehong Vocational College, Mangshi, Yunnan 678400; 3. Agro-food Science and Technology Research Institute, Guangxi Academy of Agricultural Sciences, Nanning, Guangxi 530007)

Abstract [Objective] To provide theoretical basis for fermentation of Fuchuan navel orange wine and development of new health fruit wine. [Method] The single factor analysis and orthogonal design experiment are employed to determine the optimal fermentation process for Fuchuan navel orange wine, and the antioxidant characteristics of this fruit wine have been studied in this paper. [Result] The results showed that inoculation volume 0.10%, initiation pH at 4.0, initial content of total sugar 22%, inoculate volume at 60% was the best optimal processing technology for the Fuchuan navel orange wine. After the optimization, a unique flavor and quality fruit wine of 11 alcohol degrees, to reach the values of sensory 94 scores was produced. In addition, Fuchuan navel orange wine has strong antioxidant activity, its scavenging capacity of DPPH radical (DPPH·), hydroxyl radical (·OH) and superoxide anion (·O₂⁻) were 88.4%, 80.1% and 86.0% respectively. The titratable acid, total flavonoids and total phenolics content of this orange wine were 1.26 g/L, 9.5 mg/mL and 27.1 mg/100 mL respectively, compared with the navel orange juice their contents were increased significantly. [Conclusion] Fuchuan navel orange wine has a high value of nutrition and health care, once developed and put into production, it will be a functional health fruit wine with great market potential and popular with the majority of consumers.

Key words Fuchuan navel orange wine; Optimization of fermentation technology; Antioxidant activity

果酒是以水果或野生果实为原料, 经过破碎、榨汁、发酵或浸泡等工艺酿制而成的低度饮料酒^[1]。相关报道表明, 果酒因其富含糖类、有机酸、芳香酯、维生素、氨基酸和矿物质等营养成分而具备抗氧化、抗衰老、助消化、降胆固醇、利尿杀菌及防癌抗癌等保健作用^[2-4], 加之色、香、味别具风韵, 果酒将成为一款市场潜力巨大且备受广大消费者喜爱的保健饮品。

脐橙(*Citrus sinensis* Osbeck) 是柑橘品种中最优良的甜橙种类, 不仅富含类黄酮、多酚、维生素 C、多种氨基酸、类胡萝卜素及类柠檬素等营养物质, 而且还具有去除自由基、降胆固醇、分解脂肪、减少重金属及放射性元素在人体内累积、

防癌抗癌、清火养颜、延年益寿的功效^[5]。广西壮族自治区贺州市富川县的脐橙品质极佳, 因其果实大而美观、色泽鲜艳、肉质脆嫩、含糖量高(13%~15%)、风味浓郁、无核化渣而著名^[6], 并先后获得中国“优秀产品”金奖, “中国名牌农产品”及“国家地理标志保护产品”等称号。然而其不耐储藏, 运输过程损耗大, 销售渠道单一、深加工产业滞后等因素导致富川脐橙滞销, 并严重制约当地脐橙产业的发展^[7]。现阶段, 脐橙果酒的研发主要集中在酿造工艺方面, 缺少相关抗氧化特性的研究, 因而利用富川脐橙的资源优势, 研发一款新型功能性抗氧化脐橙果酒就成为必然。

基于上述现状, 笔者以富川脐橙为原料, 用安琪酵母做发酵起子, 通过单因素试验和正交试验对接种量、初始 pH、初始糖度等果酒酿造条件进行优化, 并对最佳工艺条件下的抗氧化特性及抗氧化成分进行分析, 以期新型富川脐橙果酒的酿造及新型保健果酒的研发提供理论依据。

1 材料与方法

1.1 材料与试剂

1.1.1 富川脐橙。 购于广西贺州市富川县脐橙果园。

1.1.2 主要菌种。 安琪葡萄酒高活性干酵母 BV818 (500 g/袋)。

1.1.3 主要试剂。 果胶酶(生工生物工程股份有限公司,

基金项目 2017 年贺州市科学研究与技术开发计划项目(贺科攻 1707023); 2018 年度贺州学院食品科学与工程广西一流学科培育项目(GXYLXKP1820); 云南省教育厅科学研究基金资助项目(2017ZZX109); 2017 年贺州市科学研究与技术开发计划项目(贺科攻 1707024); 2018 年校级教学改革工程项目(hzxybjg201821); 2018 年度广西高校中青年教师基础能力提升项目(2018KY0550); 富硒脐橙标准化种植技术课题研究(合同编号 FCCG2016 服字 90 号)。

作者简介 何彩梅(1984—), 女, 广西富川人, 讲师, 硕士, 从事农产品加工与检测研究。*通信作者, 副教授, 从事食品微生物与食品安全研究。

收稿日期 2019-07-11; **修回日期** 2019-08-11

2 000 U/g); $K_2S_2O_5$ (长沙科迪亚实业有限公司,食品级);没食子酸(上海阿拉丁生物科技股份有限公司);维生素C(V_c ,广东光华科技股份有限公司);福林酚(山东西亚化学股份有限公司);苯酚(广东光华科技股份有限公司);Tris碱(上海麦克林生化科技有限公司);芦丁标准品(成都曼斯特生物科技有限公司);DPPH(上海阿拉丁生物科技股份有限公司);水杨酸(西陇化工股份有限公司);没食子酸(北京百灵威科技有限公司)。

1.1.4 主要溶液的配制。

1.1.4.1 DPPH标准液(0.002 mol/L)。精确称取0.019 7 g的DPPH,用适量无水乙醇溶解后定容至250 mL,混匀即为0.002 mol/L的DPPH标准液,避光保存备用。

1.1.4.2 Tris-HCl缓冲液。用50 mL 0.1 mol/L的Tris溶液和22.9 mL 0.1 mol/L的HCl混合,振荡1 min后即浓度为0.05 mol/L,pH 8.2的Tris-HCl缓冲液。

1.1.4.3 芦丁标准液。精密称取芦丁20 mg置于100 mL容量瓶中,用50%乙醇溶解并定容,充分摇匀后备用。

1.1.4.4 磷酸和冰醋酸混合液。精密移取3 mL浓度为3%的磷酸与7 mL浓度为8%的冰醋酸混匀,蒸馏水定容至50 mL混匀备用。

1.1.4.5 V_c 标准液。精密称取25 mg V_c ,蒸馏水溶解后加入10 mL磷酸和冰醋酸混合液,定容至250 mL,混匀即为浓度0.1 mg/mL的 V_c 标液。

1.2 主要仪器设备 RE 52-86A型旋转蒸发器(上海亚荣生化仪器厂);HY211212型糖度计(北京云华科仪科技有限公司);AZ8601型pH计(台湾衡欣科技股份有限公司);0-80型酒精计(武强县新林仪器仪表有限公司);UV-7504紫外可见分光光度计(上海欣茂仪器有限公司)。

1.3 试验条件与方法

1.3.1 脐橙果酒的酿造^[8]。取新鲜富川脐橙洗净剥皮,去除种子后榨汁打碎,加入0.012% (M/V)果胶酶及适量偏重硫酸钾,让果汁中 SO_2 浓度为0.008% (M/V),室温静置6 h后加蔗糖,将果汁含量调整至20% (M/V)后,按0.05% (V/V)的接种量接入活化酵母,28 °C密闭发酵7 d后转移至新酒罐中,避光、密封静置15 d,无菌过滤即为脐橙果酒。

1.3.2 脐橙果酒酿造工艺的优化。

1.3.2.1 脐橙果酒酿造工艺的单因素分析。按“1.3.1”的工艺处理,考察发酵酵母接种量、发酵液初始pH、初始糖浓度及发酵装液量等单因素对脐橙果酒品质的影响。

1.3.2.2 脐橙果酒酿造工艺优化的正交设计。结合“1.3.2.1”的结果,对发酵接种量、初始pH、初始糖浓度及发酵装液量等因素作正交试验,并以感官评价为指标^[9],确定脐橙果酒的最佳酿造工艺条件,正交设计各因素水平编码见表1^[10]。

1.3.3 脐橙果酒的抗氧化能力及其成分含量分析。

1.3.3.1 脐橙果酒的抗氧化能力分析。脐橙果酒DPPH·、·OH、· O_2^- 清除能力,参照文献^[11-13]方法,略作修改后测定。

1.3.3.2 脐橙果酒抗氧化活性成分的分析。可滴定酸含量

参照文献^[14]方法,略作修改后测定。可溶性总糖含量采用苯酚-硫酸法测定^[11,15]。总酚含量采用福林酚法测定^[16]。总黄酮含量参照文献^[17-18]方法,略作修改后测定。 V_c 含量参照文献^[19]方法,略作修改后测定。

表1 $L_9(3^4)$ 正交试验因素水平编码

Table 1 Coding of factor of $L_9(3^4)$ orthogonal test

水平 Level	酵母接种量(A) Yeast inoculation volume//%	初始pH(B) Initial pH	初始糖度(C) Initial sugar degree//%	装液量(D) Liquid volume %
1	0.08	3.5	18	60
2	0.10	4.0	20	70
3	0.12	4.5	22	80

1.3.4 数据处理。以Excel 2016绘制图表,采用Excel 2016和RSD值计算统计软件和依格线性回归软件进行计算数据处理与分析,该研究所得试验数据平均值和标准偏差均由2个以上样品的测定结果经计算得到。

2 结果与分析

2.1 脐橙果酒酿造工艺的优化

2.1.1 脐橙果酒酿造工艺的单因素分析。

2.1.1.1 酵母接种量对脐橙果酒品质的影响。酵母接种量是影响果酒品质的关键因素之一,接种量过多或过少均不利于果酒品质的提升,酵母接种量对富川脐橙果酒品质的影响见表2。由表2可知,当酵母接种量在0.10%时,富川脐橙果酒的酒精度高达10.4% (vol),此时可溶性固形物为7.0% (M/V),感官评价分值则更是高达92分。因此,后续试验将以0.10%的接种量作为试验条件。

表2 酵母接种量对富川脐橙果酒的影响

Table 2 Effect of yeast inoculation volume on Fuchuan navel orange wine

酵母接种量 Yeast inoculation volume//%	检测指标 Test indexes		
	可溶性固形物 Soluble solid %	酒精度 Alcohol degree % (vol)	感官评分 Sensory scores//分
0.06	8.0	8.8	83
0.08	7.5	9.8	88
0.10	7.0	10.4	92
0.12	6.8	10.2	90
0.14	6.6	9.6	84

2.1.1.2 果酒发酵初始pH对脐橙果酒品质的影响。在酵母菌接种量为0.10%的优化条件下,富川脐橙果酒不同发酵初始pH对其品质的影响结果见表3。由表3可知,果酒发酵初始pH过高或过低均会对脐橙果酒的品质产生一定影响。结合酒精含量、可溶性固形物含量及感官评价的结果,确定4.0为后续富川脐橙果酒发酵酿制的初始pH,此时可溶性固形物含量为7.0% (M/V),酒精度为10.4% (vol),感官评分为92分。

2.1.1.3 果酒发酵初始糖度对脐橙果酒品质的影响。糖化合物是酵母菌生产酒精的主要原料,适当增加糖度,可提高发酵果酒的酒精度。在最优酵母接种量及最适初始pH条件下,果酒发酵不同初始糖度对脐橙果酒品质的影响结果见表

表 3 初始 pH 对脐橙果酒的影响

Table 3 Effect of initial pH on Fuchuan navel orange wine

初始 pH Initial pH	检测指标 Test indexes		
	可溶性固形物 Soluble solid	酒精度 Alcohol degree	感官评分 Sensory scores//分
	%	% (vol)	
3.0	7.8	9.2	82
3.5	7.6	10.0	86
4.0	7.0	10.4	92
4.5	7.2	10.1	88
5.0	7.4	9.8	81

4. 由表 4 可知,当发酵初始糖度低于 22%时,随着发酵初始糖度增加,果酒综合品质显著提升,果酒酒精度也随之逐步提高;当初始糖浓度高于 22%时,虽然可溶性固形物含量升高,但果酒酒精度和观感评价却呈下降趋势,分析可能的原因是高浓度的糖抑制了酵母菌生长,从而引起酒精度和果酒品质下降^[20]。结合酒精含量、可溶性固形物含量及感官评分,选择 22%的初始糖浓度作为后续果酒发酵的最优初始糖度,此时富川脐橙果酒中可溶性固形物含量为 8.0% (M/V),酒精度为 11.2% (vol),感官评分则高达 93 分。

表 4 初始糖度对脐橙果酒的影响

Table 4 Effect of initial sugar degree on Fuchuan navel orange wine

初始糖度 Initial sugar degree//%	检测指标 Test indexes		
	可溶性固形物 Soluble solid	酒精度 Alcohol degree	感官评分 Sensory scores//分
	%	% (vol)	
16	5.6	7.2	79
18	6.0	9.2	88
20	7.0	10.4	92
22	8.0	11.2	93
24	10.0	9.8	83

2.1.1.4 果酒发酵装液量对脐橙果酒品质的影响。酵母在发酵酿制果酒过程中,发酵初期酵母的增殖需要一定氧气,但酵母酒精发酵阶段是一个厌氧发酵过程,此时如存有大量氧气就会导致酵母将酒精进一步发酵为醋酸,进而影响果酒口感。因此,果酒发酵装液量是影响果酒品质的一个重要因素^[21]。发酵装液量对脐橙果酒品质的影响见表 5。由表 5 可知,当发酵装液量小于 60%时,酵母菌生长旺盛,可溶性固形物消耗较大,但感官评价较差;当发酵装液量大于 60%时,酵母的酒精产量略有下降,可溶性固形物的含量也略有降低,感官评分也呈下降趋势。结合酒精含量、可溶性固形物含量及感官评分,选择 60%的发酵装液量作为最佳发酵液体积,因为此时不仅酒精度 (10.8%, vol) 和可溶性固形物含量 (7.8%, M/V) 高,而且口感还极佳 (感官评分高达 93 分)。

表 5 装液量对脐橙果酒的影响

Table 5 Effect of inoculate volume on Fuchuan navel orange wine

装液量 Liquid volume %	检测指标 Test indexes		
	可溶性固形物 Soluble solid	酒精度 Alcohol degree	感官评分 Sensory scores//分
	%	% (vol)	
50	7.0	9.6	81
60	7.8	10.8	93
70	7.0	10.2	89
80	7.0	10.4	89
90	7.0	10.0	85

2.1.2 脐橙果酒发酵工艺条件优化的正交试验结果。基于上述单因素分析结果,富川脐橙果酒发酵工艺条件优化的正交试验结果见表 6。由表 6 可知, $R_B > R_C > R_A > R_D$,即影响富川脐橙果酒酿造品质的主次因素为初始 pH>初始糖度>酵母接种量>装液量,与脐橙果酒工艺优化研究相关文献报道相比,在影响因素的主次关系方面有显著差异^[22,23]。分析导致这一差异的原因可能与脐橙种类、脐橙发酵酿造酵母菌菌株及果汁处理发酵条件不同有关^[3,24]。结合酒精含量、可溶性固形物含量及感官评价结果可知,富川脐橙果酒发酵的最佳酿造工艺优化组合为 $A_2B_2C_3D_1$,即酵母菌接种量为 0.10%,发酵液初始 pH 为 4.0,初始糖度为 22%,装液量为 60%时,富川脐橙果酒的口感极佳 (感官评分高达 94 分),可溶性固形物含量为 8.0%,酒精度高达 11.0% (vol)。

表 6 正交试验结果

Table 6 The result of orthogonal test

试验号 No.	因素 Factor				感官评分 Sensory scores 分
	酵母接种量(A) Yeast inoculation volume//%	初始 pH(B) Initial pH	初始糖度(C) Initial sugar degree//%	装液量(D) Liquid volume %	
1	1(0.08)	1(3.5)	1(18)	1(60)	80
2	1(0.08)	2(4.0)	2(20)	2(70)	84
3	1(0.08)	3(4.5)	3(22)	3(80)	82
4	2(0.10)	1(3.5)	2(20)	3(80)	85
5	2(0.10)	2(4.0)	3(22)	1(60)	94
6	2(0.10)	3(4.5)	1(18)	2(70)	79
7	3(0.12)	1(3.5)	3(22)	2(70)	86
8	3(0.12)	2(4.0)	1(18)	3(80)	88
9	3(0.12)	3(4.5)	2(20)	1(60)	83
k_1	82.00	83.67	82.33	85.67	
k_2	86.00	88.67	84.00	83.00	
k_3	85.67	81.33	87.33	85.00	
R	4.00	7.34	5.00	2.67	

2.2 脐橙果酒的抗氧化特性

2.2.1 脐橙果酒抗氧化能力。在最优条件下,富川脐橙果酒抗氧化能力的分析结果见表 7。由表 7 可知,富川脐橙果酒是一款抗氧化能力极强的果酒,其对 DPPH· 自由基、羟自由基 ($\cdot\text{OH}$) 及超氧阴离子 ($\cdot\text{O}_2^-$) 自由基的清除率均高于脐橙果汁,清除率分别高达 88.4%、80.1% 和 86.0%。与脐橙果汁相比,该果酒对上述 3 种自由基的清除率明显提高,进一步说明功能性抗氧化富川脐橙果酒的研发是富川脐橙产业开发的有效途径之一。

表 7 富川脐橙果酒与果汁体外抗氧化能力的对比

Table 7 Comparison of the effect of Fuchuan navel orange wine and navel orange juice on antioxidative ability in vitro

样品 Sample	清除率 Clearance//%		
	DPPH· 自由基	$\cdot\text{OH}$ 自由基	$\cdot\text{O}_2^-$ 自由基
脐橙果酒 Navel orange wine	88.4	80.1	86.0
脐橙果汁 Navel orange juice	79.2	72.6	73.8

注:表中数值为 3 次重复取平均值

Note: Data in the table are mean of three times repetition

2.2.2 脐橙果酒抗氧化活性成分。在最优条件下,富川脐橙果酒与果汁抗氧化活性成分的含量分析结果见表8。由表8可知,富川脐橙果酒中可滴定酸、总糖、总酚、总黄酮及 V_c 含量依次为1.26 g/L、2.2 g/100 mL、27.1 mg/100mL、9.5 mg/mL和25.0 mg/mL。与未发酵的脐橙果汁相比,可滴定酸、总酚和总黄酮含量明显增高,但总糖含量和 V_c 含量却下降明显。其中,可滴定酸、多酚和黄酮等抗氧化活性成分有着极强的自由基清除能力^[25-26],结合果酒中主要抗氧化活性成分含量上升及“2.2.1”中抗氧化特性分析结果,说明该富川脐橙果酒是一款具有抗氧化特性的新型功能性果酒。富川脐橙果酒

中有机酸含量升高与果酒中总糖含量降低有关,果酒中糖类除经酵母发酵转化为酒精外,部分糖类则经酵母转化形成了乳酸、乙酸、柠檬、酒石酸等有机酸^[26-27],但研究过程中未对发酵液pH变化进行动态监测,因而无法准确阐明有机酸变化是否会对果酒pH及果酒品质产生影响。而富川脐橙果酒中多酚和黄酮等主要抗氧化活性成分含量的变化则与相关文献报道一致^[28]; V_c 则因发酵过程中被大量氧化分解而呈下降趋势并随发酵时间延长而进一步降低,此结果与相关研究报道一致^[29]。

表8 脐橙果酒与脐橙果汁抗氧化活性成分对比

Table 8 Comparative analysis of antioxidative component in Fuchuan navel orange wine and navel orange juice

样品 Sample	可滴定酸 Titratable acid//g/L	总糖 Total sugar g/100 mL	总酚 Total phenolics mg/100mL	总黄酮 Total flavonoids mg/mL	V_c mg/mL
脐橙果酒 Navel orange wine	1.26	2.2	27.1	9.5	25.0
脐橙果汁 Navel orange juice	0.53	14.2	12.4	4.2	48.8

注:表中数值为3次重复取平均值

Note: Data in the table are mean of three times repetition

3 结论

该研究采用单因素试验及正交试验对富川脐橙果酒发酵酿制工艺进行优化,结果表明:当酵母接种量为0.10%,初始pH为4.0,初始糖度为22%,装液量为60%时,28℃发酵7d,陈酿15d可得到一款抗氧化能力极强的功能性富川脐橙果酒。该果酒风味独特且品质最佳,其可溶性固形物含量为8.0 g/L,酒精度可达11.0%(vol),感官评分高达94分。抗氧化特性研究表明,该功能性果酒有着极强的抗氧化能力,对DPPH·自由基、羟自由基($\cdot OH$)、超氧阴离子自由基($\cdot O_2^-$)等的清除率分别达88.4%、80.1%和86.0%,与未发酵处理的脐橙果汁相比,抗氧化能力明显增强。因此,该款功能性的富川脐橙果酒有着较高的营养保健价值,一旦研发投产将是一款市场潜力巨大且备受广大消费者喜爱的功能性保健果酒饮品。

参考文献

- [1] 顾国贤. 酿造酒工艺学[M]. 北京: 中国轻工业出版社, 2007.
- [2] 何义, 林杨, 张伟, 等. 果酒研究进展[J]. 酿酒科技, 2006(4): 91-95.
- [3] 牛丽影, 吴继红, 廖小军, 等. 不同类型橙汁挥发性风味成分的测定与比较[J]. 中国食品学报, 2008, 8(1): 119-124.
- [4] 何彩梅. 柑橘果酒酿造工艺研究进展[J]. 中国酿造, 2016, 35(3): 10-12.
- [5] 张素斌, 张绣瑜, 梁巧荣. 贡柑与脐橙营养成分的分析与比较[J]. 食品工业科技, 2010, 31(2): 317-318.
- [6] 肖文毅, 唐坤宇. 富川县脐橙产业升级对策研究与分析[J]. 中国果业信息, 2010, 27(3): 19-21.
- [7] 陈献吉, 白灵, 广西. 富川脐橙产业成为脱贫助推器[J]. 中国果业信息, 2018, 35(4): 40-41.
- [8] 杨香玉, 余兆硕, 唐琦, 等. 甜橙果酒酿造工艺[J]. 农业工程, 2015, 5(6): 58-60, 64.
- [9] 潘训海, 左勇, 刘新露. 脐橙果酒酵母的分离及筛选[J]. 中国酿造, 2012, 31(4): 55-58.
- [10] 杜连祥. 工业微生物学实验技术[M]. 天津: 天津科学技术出版社, 1992.

- [11] 刘志明, 唐彦君, 吴海舟, 等. 苯酚-硫酸法测定葡萄酒中总糖含量的样品处理[J]. 中国酿造, 2011, 30(2): 158-161.
- [12] 赵二劳, 张海容, 李满秀. 葡萄酒对亚硝酸盐和DPPH自由基清除能力的研究[J]. 酿酒科技, 2006(10): 27-28.
- [13] 徐建国, 田昱瑞, 胡青平. 天然桑椹红色素体外清除自由基活性的研究[J]. 食品科学, 2005, 26(12): 77-81.
- [14] 中国国家标准化管理委员会. 葡萄酒、果酒通用分析方法: GB/T 15038—2006[S]. 北京: 中国标准出版社, 2006.
- [15] 郭雷, 吕明生, 王淑军, 等. 苯酚-硫酸法测定樱桃酒中总糖[J]. 食品研究与开发, 2010, 31(6): 130-132.
- [16] 徐辉艳, 孙晓东, 张佩君, 等. 红枣汁中总酚含量的福林法测定[J]. 食品研究与开发, 2009, 30(3): 126-128.
- [17] 郭焰, 严玉玲, 郭君婷, 等. 保健酒中总黄酮含量测定方法的比较[J]. 食品工业, 2015, 36(7): 100-103.
- [18] 江洁, 麦海美, 解彬, 等. 羊肚菌菌丝体富硒条件优化及其硒多糖抗氧化活性研究[J]. 食品与发酵工业, 2016, 42(9): 120-125.
- [19] 陈玉锋, 庄志萍. 紫外分光光度法测定橙汁中维生素C的含量[J]. 安徽农业科学, 2011, 39(1): 236-237, 240.
- [20] 孙美玲, 刘芳, 刘齐, 等. 柑橘发酵果酒工艺条件的优化研究[J]. 酿酒科技, 2011(12): 44-47.
- [21] 李伟雄, 刘功良, 陈伟. 脐橙果酒酿造工艺的研究[J]. 中国酿造, 2012, 31(8): 188-190.
- [22] 杨文侠, 赖特明, 米兰芳, 等. 脐橙果酒酿制工艺研究[J]. 现代食品科技, 2011, 27(10): 1221-1224.
- [23] 朱娟娟, 郑少阳, 李炎杰, 等. 不同酿酒酵母对脐橙果酒发酵特性的影响[J]. 南方农业学报, 2017, 48(5): 870-875.
- [24] 袁辉, 白云凤, 陈青青. 衢州柑桔果酒生产工艺的研究[J]. 中国酿造, 2010, 29(1): 158-161.
- [25] 薛桂新. 蓝靛果蓝莓复合果酒抗氧化能力的研究[J]. 中国酿造, 2014, 33(12): 112-115.
- [26] 鲁青松, 徐俐, 牟琴, 等. 凯里红酸汤有机酸的提取及抗氧化活性[J]. 食品工业, 2019, 40(2): 89-94.
- [27] 刘兆玺, 徐康, 李艳玲, 等. 番木瓜果酒发酵及其抗氧化能力分析[J]. 中国酿造, 2017, 36(8): 45-48.
- [28] 杨华, 刘亚娜, 郭德军. 红豆越橘果酒酿造条件优化及功能性成分含量评估[J]. 酿酒科技, 2016(1): 26-30.
- [29] 田晓菊, 朱红梅. 沙枣果酒发酵过程中主要成分变化规律的研究[J]. 食品科技, 2015, 40(5): 113-118.