

枳椇茶酒工艺优化及其抗氧化活性分析

魏鑫^{1,2}, 黄慧玲¹, 赖晓琴¹, 冷银江¹, 陈晓姣¹, 刁体伟¹, 马懿^{1,2*}

(1. 四川轻化工大学 生物工程学院, 四川 宜宾 644005; 2. 四川省酿酒专用粮工程技术研究中心, 四川 宜宾 644000)

摘要: 为提升发酵型茶酒品质, 该文以枳椇和红茶为原料, 以酒精度和感官评分为考察指标, 通过单因素试验和正交试验优化制备工艺, 并分析其抗氧化活性。结果表明, 枳椇茶酒最佳酿造工艺为茶汤与枳椇果汁体积比 1:1、发酵温度 30 ℃、酿酒酵母接种量 1.5%。按该工艺酿造可获得亮黄透明、兼具枳椇果香与茶香的枳椇茶酒, 酒精度为 10.5% vol, 多酚含量为 1.32 mg/mL, 枳椇茶酒样品使用量大于 1.2 mL 时 DPPH 自由基清除率大于 90%, 枳椇茶酒样品使用量大于 1.4 mL 时 ABTS 阳离子自由基清除率大于 90%, 感官评分达到 94.9。

关键词: 枳椇; 红茶; 茶酒; 感官评分; 酒精度; 多酚

Process Optimization and Antioxidant Analysis of *Hovenia dulcis* Tea Wine

WEI Xin^{1,2}, HUANG Hui-ling¹, LAI Xiao-qin¹, LENG Yin-jiang¹, CHEN Xiao-jiao¹,
DIAO Ti-wei¹, MA Yi^{1,2*}

(1. School of Biological Engineering, Sichuan University of Science & Engineering, Yibin 644005, Sichuan, China; 2. Sichuan Engineering Technology Research Center for Liquor-Making Grains, Yibin 644000, Sichuan, China)

Abstract: To improve the quality of fermented tea wine, with *Hovenia dulcis* and black tea as raw materials, and alcohol content and sensory score as evaluation indicators, the preparation process was optimized by single factor test and orthogonal test, and the antioxidant activity was analyzed. The results indicated that the optimal brewing conditions of *H. dulcis* tea wine were as follows: volume ratio of tea soup to *H. dulcis* juice 1:1, fermentation temperature 30 ℃, and saccharomyces cerevisiae inoculum 1.5%. Under these conditions, bright yellow and transparent *H. dulcis* tea wine with both *H. dulcis* fruit and tea aromas was obtained, with alcohol content 10.5% vol, polyphenol content 1.32 mg/mL. When the dosage of *H. dulcis* tea wine sample was greater than 1.2 mL or 1.4 mL, the scavenging rates of DPPH and ABTS⁺ free radicals more than 90%, and the sensory score reaching 94.9.

Key words: *Hovenia dulcis*; black tea; tea wine; sensory score; alcohol content; polyphenols

引文格式:

魏鑫, 黄慧玲, 赖晓琴, 等. 枳椇茶酒工艺优化及其抗氧化活性分析[J]. 食品研究与开发, 2023, 44(11): 87-92.

WEI Xin, HUANG Huiling, LAI Xiaoqin, et al. Process Optimization and Antioxidant Analysis of *Hovenia dulcis* Tea Wine[J]. Food Research and Development, 2023, 44(11): 87-92.

拐枣学名枳椇(*Hovenia dulcis* Thunb.), 为鼠李科枳椇属植物, 属于药食两用植物^[1]。枳椇及其提取物具有抑制宿醉^[2]、减轻炎症^[3]、防止脂质过氧化损伤^[4]、抑制癌变^[5]、降血糖^[6]等多种药用价值。枳椇果梗具有开

胃健脾、解热和益气补血的作用; 果实可作为解热药; 种子可作为酒精中毒后的利尿剂^[1]。枳椇的应用主要包括酿酒、制醋, 制作中药材、发酵饮料及罐头、果脯等。

发酵型茶酒以茶叶为原料, 通过外源添加可发酵

基金项目: 国家自然科学基金项目(31801458); 四川轻化工大学研究生创新基金(y2021054)

作者简介: 魏鑫(1998—), 女(汉), 硕士研究生, 研究方向: 食品工程。

* 通信作者: 马懿(1983—), 男, 副教授, 博士, 研究方向: 食品工程。

糖进行液态发酵而制成,其兼具茶香与酒香,香气淡雅。目前,大量研究将水果与茶融合发酵制成新型果茶酒以改善茶酒风味,如天麻茶酒^[7]、柠檬茶酒^[8]、卷丹百合茶酒^[9]、猕猴桃茶酒^[10]等。由于采用单一茶发酵而成的茶酒需要外源添加可发酵糖较多,且口味单薄,因此,将水果与茶叶结合研发新型果茶酒是现在茶酒行业的热点,与传统茶酒相比,新型果茶酒兼具茶香与果香。但以枳椇和红茶为原料进行发酵所制果茶酒目前鲜见报道,且两者结合是否能在丰富口感的基础上增加其抗氧化活性也是需要探讨的主要问题。

综上,本试验以枳椇和红茶为主要原料,采用单因素试验和正交试验优化枳椇茶酒的生产工艺并对枳椇红茶酒抗氧化活性进行研究。基于枳椇和茶均具有极高的药食价值,将两者结合起来以提高相互间的营养价值和经济价值,以期获得一款感官特性优良且具有较强抗氧化活性的新型茶酒。

1 材料与方法

1.1 材料与试剂

新鲜枳椇、白砂糖:市售;红茶:厦门五虎茶业有限公司;酿酒高活性干酵母:安琪酵母股份有限公司;果胶酶(初始酶活 500 U/mg):上海源叶生物科技有限公司;没食子酸标准品(纯度 $\geq 98.0\%$):成都市科龙化工试剂厂。

1.2 仪器与设备

JYZ-E25 榨汁机:九阳股份有限公司;GZ-250-HS11 培养箱:广智科技设备有限公司;STARTER 2C pH 计:奥豪斯仪器有限公司;T6 紫外分光光度计:北京普析通用仪器有限公司。

1.3 试验方法

1.3.1 工艺流程及操作要点

参考张永瑞^[11]的方法,设计枳椇茶酒工艺流程如图 1 所示。

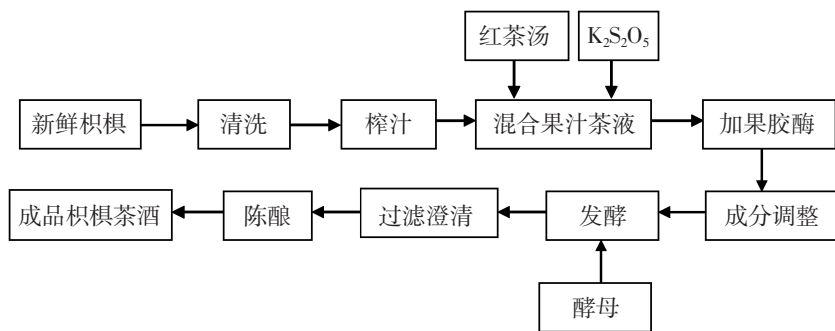


图 1 枳椇茶酒工艺流程

Fig.1 Technological process of *Hovenia dulcis* tea wine

将枳椇中的杂质等异物去除,挑选无损伤的枳椇,清洗、榨汁待用。红茶按照料液比 1:100 (g/mL) 超声辅助浸提,超声功率 300 W、超声温度 80℃。偏重亚硫酸钾添加量为 160 mg/L,添加柠檬酸调整发酵液 pH 值为 4,果胶酶添加量为 60 mg/L。测定发酵液糖度后,加入白砂糖调整糖度。

1.3.2 枳椇茶酒工艺单因素试验

1)在发酵时间 7 d、酿酒酵母接种量 1.5%、发酵温度 28℃条件下,探究不同超声辅助浸提时间(5、10、15、20、25 min)对枳椇茶酒感官评分以及酒精度的影响,确定超声辅助浸提时间,后续试验以固定的浸提时间进行。

2)在发酵时间 7 d、酿酒酵母接种量 1.5%、发酵温度 28℃条件下,探究茶汤与枳椇汁体积比(5:1、3:1、1:1、1:3、1:5)对枳椇茶酒感官评分以及酒精度的影响,确定茶汤与枳椇汁体积比,后续试验以固定的茶汤与枳椇汁体积比进行。

3)在发酵时间 7 d、发酵温度 28℃条件下,探究不同酿酒酵母接种量(0.5%、1.0%、1.5%、2.0%、2.5%)对

枳椇茶酒感官评分以及酒精度的影响,确定酿酒酵母接种量,后续试验以固定的酿酒酵母接种量进行。

4)在发酵时间 7 d、酿酒酵母接种量 1.5%条件下,探究不同发酵温度(22、24、26、28、30℃)对枳椇茶酒感官评分以及酒精度的影响,确定发酵温度,后续试验以固定的发酵温度进行。

1.3.3 枳椇茶酒工艺正交优化试验

在单因素试验基础之上,选取对枳椇茶酒品质影响最大因素酵母接种量、发酵温度、茶汤与枳椇果汁体积比进行正交试验。因素及水平见表 1。

表 1 因素水平设计

Table 1 Factors and levels design

水平	因素		
	A 酵母接种量/%	B 发酵温度/℃	C 茶汤与枳椇果汁体积比
1	1.5	26	1:3
2	2.0	28	1:1
3	2.5	30	3:1

1.3.4 枳椇茶酒感官评价

由 12 名(6 男 6 女)专业人员组成感官评定小组,

参考相关果酒和茶酒的质量标准^[12],制定枳椇茶酒的感官评定标准,主要包括外观、香气、口感和风格4项。评分标准见表2。

表2 枳椇茶酒的感官评分标准

Table 2 Sensory evaluation criteria of *Hovenia dulcis* tea wine

项目	感官评价内容	分值
外观	澄清透明,有光泽,具有本品应有的色泽	18~20
	澄清透明,无明显悬浮物,具有本品应有的色泽	15~<18
	澄清,无夹杂物,与本品应有的色泽略有不同	12~<15
	浑浊,色泽暗淡,与本品应有的色泽明显不符	0~<12
香气	茶香、果香、酒香浓郁,协调	27~30
	果香、茶香、酒香偏淡,尚愉悦	23~<27
	酒香、果香、茶香单薄,但无不良气味	18~<23
	酒香、果香、茶香不足,有不良气味	0~<18
口感	酒体丰满,茶味适中,醇厚协调,爽口	36~40
	酒体柔顺,有茶味,稍苦涩	30~<36
	酒体较醇厚,偏酸,无茶味,无不良口味	24~<30
	酒体寡淡,苦涩味重,或酸味重	0~<24
风格	典型完美,风格独特	9~10
	典型明确,风格良好	7~<9
	稍有典型性,风格一般	5~<7
	没有典型性	0~<5

1.3.5 理化指标测定

可溶性固形物:手持糖度仪测定;pH值:pH计测定;酒精度、还原糖、总酸测定参照 GB/T 15038—2006《葡萄酒、果酒通用分析方法》^[13]。

1.3.6 体外抗氧化活性测定

DPPH 自由基清除率:参考金海炎等^[14]的方法进行测定;ABTS 阳离子自由基清除率:参考吴双从等^[15]的方法进行测定。

1.3.7 总酚、总黄酮含量的测定

多酚含量的测定:采用 Folin-Ciocalteu 法^[16],绘制没食子酸标准曲线为 $y=4.389\ 3x+0.042\ 3$ ($R^2=0.991\ 5$);总黄酮含量的测定:参考李少鹏等^[17]的方法,绘制芦丁标准曲线,方程为 $y=9.428\ 7x+0.000\ 9$ ($R^2=0.992\ 4$)。

1.4 数据分析

使用 Excel 2010 整合试验数据,SPSS 25.0 软件用于统计分析,Origin 2021 软件进行绘图。

2 结果与分析

2.1 枳椇茶酒工艺单因素试验结果

2.1.1 红茶浸提时间对枳椇茶酒的影响

红茶浸提时间对枳椇茶酒的影响见图2。

由图2可知,酒精度与感官评分的变化相对平缓,说明红茶浸提时间对两者的影响较小。当红茶浸提时间为5 min~20 min时,酒精度变化不大,但是感官评

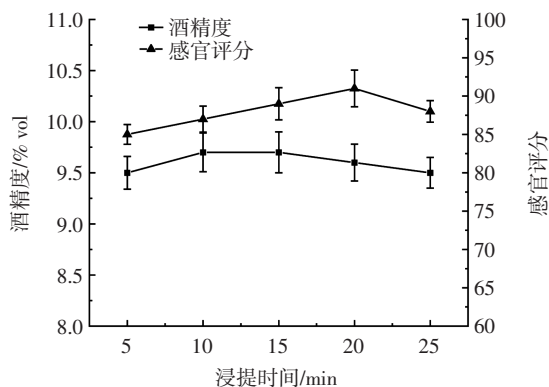


图2 浸提时间对枳椇茶酒的影响

Fig.2 Effect of extraction time on *Hovenia dulcis* tea wine

分随着红茶浸提时间的延长而增加,在红茶浸提时间为20 min时,感官评分达到最大值91。因此综合考虑酒精度与感官评分,后续试验最佳浸提时间定为20 min。

2.1.2 茶汤与枳椇果汁体积比对枳椇茶酒的影响

茶汤与枳椇果汁体积比对枳椇茶酒的影响见图3。

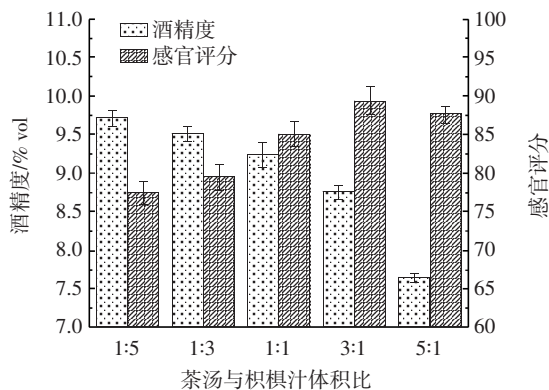


图3 茶汤与枳椇果汁体积比对枳椇茶酒的影响

Fig.3 Effect of volume ratio of tea soup and *Hovenia dulcis* juice on *Hovenia dulcis* tea wine

由图3可知,茶酒酒精度随茶汤添加量的增加而逐渐降低。但是感官评分随着茶汤所占比例的增大而增加,红茶香气浓郁,对提升枳椇茶酒风味具有一定正向作用,但是红茶过多会造成口感略涩,因此,茶汤比例不宜过大。茶汤增加,酒精度下降,分析其原因可能是枳椇中含有酵母所需的营养物质,当枳椇果汁占比过小时酵母所需的营养物质减少,影响了酵母的生长代谢^[18]。当红茶汤与枳椇果汁体积比为1:1时,酒精度为9.2% vol,感官评分与最优组差距不大。综合考虑酒精度与口感,选取红茶汤与枳椇果汁体积比1:1为宜。

2.1.3 酿酒酵母接种量对枳椇茶酒的影响

酿酒酵母接种量对枳椇茶酒的影响见图4。

酵母的接种量会影响枳椇茶酒的酒精度与口感。由图4可知,当接种量为0.5%时,酵母过少,导致开始酒精发酵时酵母量偏低,酒精发酵过程完成不彻底,影

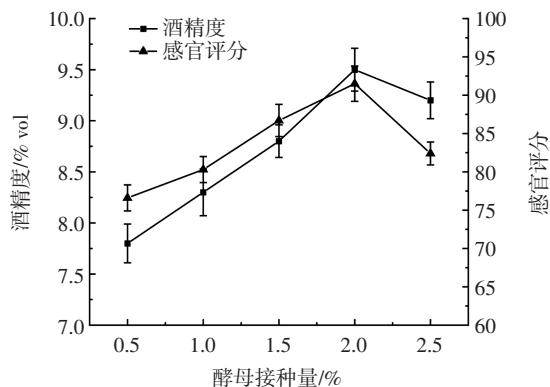


图4 酿酒酵母接种量对枳椇茶酒的影响

Fig.4 Effect of *Saccharomyces cerevisiae* inoculation on *Hovenia dulcis* tea wine

响最终枳椇茶酒的酒精度与口感。当接种量为2.0%时,酒精度达到了最大值,为9.5% vol,口感最佳。当接种量在0.5%~2.0%时,枳椇茶酒酒精度缓慢增加,酒精度和感官评分与接种量呈正相关。当接种量超过2.0%时,酒精度略微下降,而感官评分急剧下降,分析其原因可能是发酵液中的可发酵糖在刚开始酵母生长阶段被大量利用,导致后期酒精发酵时糖度下降,最终导致酒精度的下降;并且酒精发酵同时产生的副产物,如酯类物质的减少,使得呈香物质减少,进而影响枳椇茶酒的口感,品质变差,结果导致感官评分也下降。综合考虑酒精度和口感,后续试验酵母接种量确定为2.0%。

2.1.4 发酵温度对枳椇茶酒品质的影响

发酵温度对枳椇茶酒品质的影响见图5。

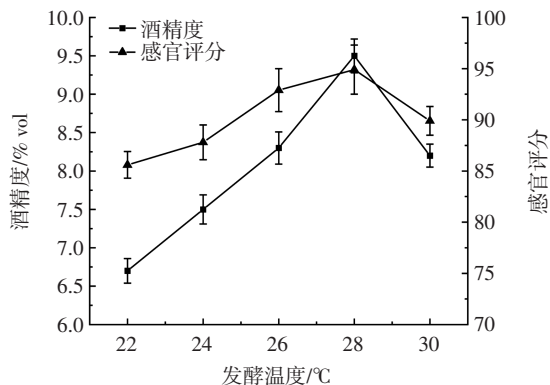


图5 发酵温度对枳椇茶酒品质的影响

Fig.5 Effect of fermentation temperature on *Hovenia dulcis* tea wine

发酵温度会影响酵母生长代谢及改变微生物次级代谢物的含量和组成,进而影响果酒发酵效果。在传统果酒发酵过程中,一般发酵温度控制在18℃~28℃。由图5可知,在22℃~28℃时,酒精度及感官品评与温度均呈正向关系,当温度为28℃时,酒精度与感官评分均达到最大值(酒精度9.5% vol,感官评分92.7),超过

28℃后,酒精度与感官评分均呈下降趋势。这可能是由于温度过高或过低均会使酵母的生长受到抑制,进而导致发酵不充分,而酵母在其最适生长温度下,快速生长繁殖代谢,从而达到最佳的发酵效果。因此,后续试验发酵温度选择28℃。

2.2 枳椇茶酒正交试验优化结果

正交结果见表3。

表3 正交试验设计及结果分析

Table 3 Orthogonal experimental design and result analysis

试验号	A	B	C	空白列	酒精度/ % vol	感官 评分
1	1	1	1	1	8.1	86.9
2	1	2	2	2	9.5	88.2
3	1	3	3	3	8.6	91.9
4	2	1	2	3	9.5	87.0
5	2	2	3	1	8.6	83.7
6	2	3	1	2	8.8	90.1
7	3	1	3	2	7.6	81.6
8	3	2	1	3	8.8	85.4
9	3	3	2	1	9.4	94.6
酒精度	k ₁	8.7	8.4	8.5	8.7	
	k ₂	8.9	9.0	9.4	8.6	
	k ₃	8.6	8.9	8.2	8.9	
	R	0.367	0.567	1.200	0.334	
感官 评分	k ₁	89.0	85.1	87.4	88.4	
	k ₂	86.9	85.7	89.9	88.6	
	k ₃	87.2	92.2	85.7	88.1	
	R	2.067	7.033	4.200	1.767	

由表3可知,以感官评分和酒精度作为评价指标的最优组合分别为A₁B₃C₂和A₂B₂C₂,由极差R可知,影响枳椇茶酒感官评分和酒精度主次顺序分别为B>C>A、C>B>A;综合考虑枳椇茶酒的感官评分与酒精度,选择枳椇茶酒工艺的理论最优组合为A₁B₃C₂(验证组)。将L₉(3⁴)正交试验结果中由直观分析所得的最优组合A₃B₃C₂(对照组)和由均值k得到的理论最优组合A₁B₃C₂(验证组)同时进行3次重复验证试验,结果见表4。

表4 验证试验

Table 4 Validation test

组别	感官评分	酒精度/% vol
A ₃ B ₃ C ₂ (对照组)	94.5	9.2
A ₁ B ₃ C ₂ (验证组)	94.9	10.5

由表4可知,A₁B₃C₂(验证组)的感官评分与酒精度均大于A₃B₃C₂(对照组)。综合上述分析,确定正交试验的最优组合为A₁B₃C₂,即最佳枳椇茶酒生产工艺条件为茶汤与枳椇果汁体积比1:1、酵母接种量1.5%、

发酵温度 30 ℃。采用该工艺条件发酵后的枳椇酒酒精度为 10.5% vol, 感官评分为 94.9。

2.3 枳椇茶酒的理化指标与感官指标

正交试验所得最优工艺制备的枳椇茶酒理化指标分析测定结果见表 5。

表 5 枳椇茶酒理化指标

Table 5 Physicochemical indexes of *Hovenia dulcis* tea wine

可溶性固形物/°Brix	酒精度/% vol	总酸/(g/L)	pH 值	总酚/(mg/mL)	总黄酮/(mg/mL)
6.5	10.5	5.95	4.18	1.32	0.29

由表 5 可知, 发酵型枳椇茶酒酒精度低, 酸度适宜。适宜的酸度可使酒醇厚爽口, 平衡苦味。枳椇茶酒感官分析结果表明, 枳椇茶酒外观呈现亮黄色; 具有枳椇的果香, 并且带着淡淡的红茶香, 果香、酒香和谐; 口感微甜, 鲜美柔和, 具有果酒的典型风格。

2.4 抗氧化活性测定结果

枳椇茶酒对 ABTS 阳离子自由基和 DPPH 自由基的清除能力见图 6。

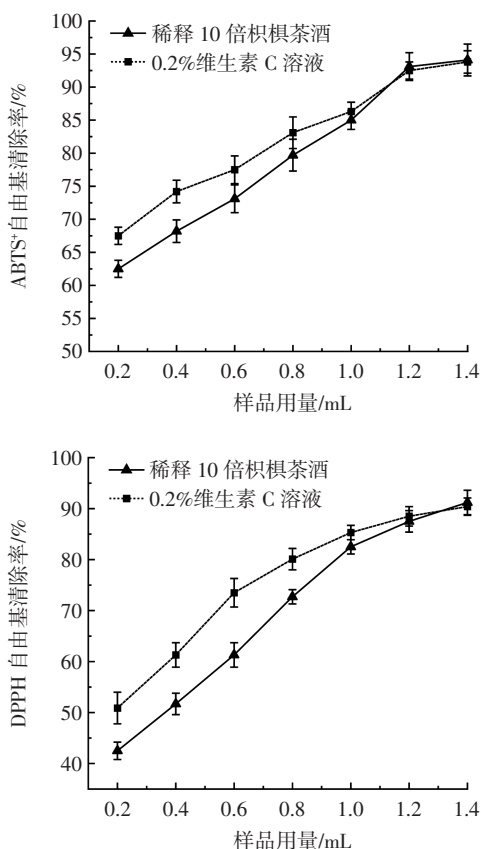


图 6 枳椇茶酒对 ABTS 阳离子自由基和 DPPH 自由基的清除能力

Fig.6 Scavenging effects of *Hovenia dulcis* tea wine on ABTS⁺ and DPPH free radicals

研究发现, 枳椇中富含二氢杨梅素, 具有较强的抗氧化能力^[9]。由图 6 可知, 发酵的枳椇茶酒也具有较高的抗氧化活性。随着样品用量的增加, 枳椇茶酒

DPPH 自由基清除率与 ABTS 阳离子自由基清除率均逐渐升高; 在用量超过 1.2 mL 时, 自由基清除率趋于平缓, 且两者的清除率均大于 90%。枳椇茶酒的抗氧化能力, 与许立伟等^[20]制作的其他 5 种浆果果酒抗氧化能力差异较小。

当样品用量为 1.0 mL 时, 维生素 C 溶液与稀释 10 倍枳椇茶酒的 ABTS 阳离子自由基清除率相当, 在此之前维生素 C 溶液的 ABTS 阳离子自由基清除率大于稀释 10 倍的枳椇茶酒 ABTS 阳离子自由基清除率。当样品用量超过 1.0 mL 时, 稀释 10 倍的枳椇茶酒 ABTS 阳离子自由基清除率大于维生素 C 溶液; 维生素 C 溶液 DPPH 自由基清除率始终大于枳椇茶酒的清除率, 但随着样品用量增加到 1.4 mL 时, 稀释 10 倍的枳椇茶酒 DPPH 自由基清除率(91.2%)与维生素 C 溶液的清除率接近(90.4%)。由此可知枳椇茶酒较好地保留了水果与茶的抗氧化能力。

3 结论

以枳椇和红茶为原料制得的枳椇茶酒的最优发酵工艺: 红茶汤与枳椇果汁的体积比为 1:1、酵母接种量为 1.5%、发酵温度为 30 ℃, 枳椇茶酒样品使用量大于 1.2 mL 时 DPPH 自由基清除率大于 90%; 枳椇茶酒样品使用量大于 1.4 mL 时 ABTS 阳离子自由基清除率大于 90%, 总酚含量达到 1.32 mg/mL, 枳椇茶酒兼具枳椇果香与红茶清香, 酒体呈现亮黄色, 口感甜美柔和, 风格典型且具有一定抗氧化性。枳椇茶酒的研发为新型茶酒的研发提供理论依据, 也对红茶与枳椇相关新产品的开发提供指导意义。

参考文献:

- [1] HYUN T K, EOM S H, YU C Y, et al. *Hovenia dulcis*—An Asian traditional herb[J]. *Planta Medica*, 2010, 76(10): 943–949.
- [2] LI X Y, WANG Z Y, WANG L, et al. Ultrasonic-assisted extraction of polysaccharides from *Hohenbuehelia serotina* by response surface methodology[J]. *International Journal of Biological Macromolecules*, 2012, 51(4): 523–530.
- [3] PARK J Y, SUNG J Y, LEE J, et al. Polarized CD163+ tumor-associated macrophages are associated with increased angiogenesis and CXCL12 expression in gastric cancer[J]. *Clinics and Research in Hepatology and Gastroenterology*, 2016, 40(3): 357–365.
- [4] MORALES P, MAIEVES H A, DIAS M I, et al. *Hovenia dulcis* Thunb. pseudofruits as functional foods: Phytochemicals and bioactive properties in different maturity stages[J]. *Journal of Functional Foods*, 2017, 29: 37–45.
- [5] ZHOU Y, YANG J K, PENG L, et al. Two novel saponins of 20, 26-epoxy derivatives of pseudogujubogenin from the seeds of *Hovenia trichocarpa*[J]. *Fitoterapia*, 2013, 87: 65–68.
- [6] YANG B, WU Q J, LUO Y X, et al. High-pressure ultrasonic-assisted extraction of polysaccharides from *Hovenia dulcis*: Extraction, structure, antioxidant activity and hypoglycemic[J]. *International Journal of Biological Macromolecules*, 2019, 137: 676–687.

- [7] 李刚凤, 传均强, 舒丹旭, 等. 天麻茶酒发酵工艺优化[J]. 食品工业, 2020, 41(11): 136–140.
LI Gangfeng, CHUAN Junqiang, SHU Danxu, et al. Optimization of *Gastrodia elata* tea wine fermentation process[J]. The Food Industry, 2020, 41(11): 136–140.
- [8] 韩珍, 秦轶, 丁心, 等. 柠檬茶酒的工艺研究及品质评价[J]. 现代食品, 2018(2): 131–135.
HAN Zhen, QIN Yi, DING Xin, et al. Study on processing technology and quality evaluation of lemon tea wine[J]. Modern Food, 2018(2): 131–135.
- [9] 李丽, 何娟, 周荣菊, 等. 卷丹百合茶酒的发酵工艺优化研究[J]. 中国酿造, 2018, 37(1): 195–198.
LI Li, HE Juan, ZHOU Rongju, et al. Optimization of fermentation technology of *Lilium lancifolium* tea wine[J]. China Brewing, 2018, 37(1): 195–198.
- [10] 黄莹捷, 朱裕德, 覃小玲, 等. 猕猴桃茶酒的发酵工艺研究[J]. 食品研究与开发, 2020, 41(15): 117–123.
HUANG Yingjie, ZHU Yude, QIN Xiaoling, et al. Study on fermentation technology of kiwifruit tea wine[J]. Food Research and Development, 2020, 41(15): 117–123.
- [11] 张永瑞. 发酵型槐花茶酒的制作工艺优化[J]. 湖南农业科学, 2020(3): 67–70.
ZHANG Yongrui. Optimization of processing technology for fermented false *Acacia* flower tea wine[J]. Hunan Agricultural Sciences, 2020(3): 67–70.
- [12] 邱新平, 李立祥, 蒋其忠, 等. 发酵型茶酒酿造工艺参数研究[J]. 食品科学, 2010, 31(16): 300–304.
QIU Xinping, LI Lixiang, JIANG Qizhong, et al. Optimization of technological parameters for fermented tea wine production[J]. Food Science, 2010, 31(16): 300–304.
- [13] 国家质量监督检验检疫总局, 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, 2008.
General Administration of Quality Supervision, Inspection and Quarantine of the People's Republic of China, Standardization Administration of the People's Republic of China. Analytical methods of wine and fruit wine: GB/T 15038—2006[S]. Beijing: Standards Press of China, 2008.
- [14] 金海炎, 王丰园, 鲁云凤, 等. 混菌发酵猕猴桃果酒工艺条件优化及抗氧化性研究[J]. 食品与发酵工业, 2022, 48(3): 177–185.
JIN Haiyan, WANG Fengyuan, LU Yunfeng, et al. Optimization of fermentation conditions for mixed bacteria of kiwifruit wine and its antioxidant activity[J]. Food and Fermentation Industries, 2022, 48(3): 177–185.
- [15] 吴双从, 曹新志, 张楷正, 等. 枳椇山楂果酒酿酒工艺优化及抗氧化活性分析[J]. 中国酿造, 2022, 41(4): 192–198.
WU Shuangcong, CAO Xinzhi, ZHANG Kaizheng, et al. Optimization of fermentation technology and antioxidant activity analysis of *Hovenia dulcis* and hawthorn fruit wine[J]. China Brewing, 2022, 41(4): 192–198.
- [16] 牛广财, 闫公昕, 朱丹, 等. Folin-Ciocalteu 比色法测定沙棘酒中总多酚含量的工艺优化[J]. 食品与机械, 2016, 32(4): 80–83, 142.
NIU Guangcai, YAN Gongxin, ZHU Dan, et al. Optimization on determination of total polyphenol content in sea buckthorn wine by Folin-Ciocalteu colorimetric method[J]. Food & Machinery, 2016, 32(4): 80–83, 142.
- [17] 李少鹏, 夏婷, 张竹君, 等. 枸杞果酒发酵工艺优化及营养成分分析[J]. 中国酿造, 2021, 40(7): 94–100.
LI Shaopeng, XIA Ting, ZHANG Zhujun, et al. Optimization of fermentation process and analysis of nutritional and functional ingredients of wolfberry fruit wine[J]. China Brewing, 2021, 40(7): 94–100.
- [18] 徐方方, 刘博, 张晓琦. 枳椇属化学成分和药理活性的研究进展[J]. 中国中药杂志, 2020, 45(20): 4827–4835.
XU Fangfang, LIU Bo, ZHANG Xiaoqi. Research progress on chemical constituents and pharmacological activities of *Hovenia*[J]. China Journal of Chinese Materia Medica, 2020, 45(20): 4827–4835.
- [19] 张晓南, 朱鸿维, 赵善舶, 等. 响应面优化超声辅助法提取拐枣种子中二氢杨梅素的工艺[J]. 植物研究, 2020, 40(5): 775–781.
ZHANG Xiaonan, ZHU Hongwei, ZHAO Shanbo, et al. Optimization of ultrasound-assisted extraction of dihydromyricetin from seeds of *Hovenia dulcis* Thunb. using response surface methodology[J]. Bulletin of Botanical Research, 2020, 40(5): 775–781.
- [20] 许立伟, 王炳宇, 杨馨悦, 等. 5种浆果酒抗氧化活性差异及综合评价[J]. 中国酿造, 2021, 40(9): 200–205.
XU Liwei, WANG Bingyu, YANG Xinyue, et al. Difference and comprehensive evaluation of antioxidant activity of 5 kinds of fruit wine[J]. China Brewing, 2021, 40(9): 200–205.

加工编辑:冯娜
收稿日期:2022-06-28