

猕猴桃果酒发酵条件优化及其抗氧化特性研究

王东伟, 黄燕芬, 肖默艳, 赵雷, 王凯, 胡卓炎*

(华南农业大学食品学院, 广州 510642)

摘要: **目的** 研究猕猴桃果酒的最优发酵工艺参数及其抗氧化特性。**方法** 以黄心猕猴桃为原料, 采用单因素试验和响应面 Box-Behnken 试验设计优化了猕猴桃果酒的发酵工艺参数。分析了陈酿期间黄心猕猴桃果酒在不同陈酿温度和时间下, 酒体中总酚含量与体外抗氧化活性之间的关系。**结果** 猕猴桃果酒最佳工艺条件为: 发酵温度 22.07 °C, 初始糖度为 22.58°Brix, 酵母接种量 0.13%。在此条件下, 酒精度可达 8.94%vol。在果酒陈酿期间, 随着陈酿时间的延长, 黄心猕猴桃果酒的抗氧化能力和酚类物质含量均有所降低。相同陈酿时间下, 4 °C下陈酿的黄心猕猴桃果酒的体外抗氧化能力高于 18 °C陈酿的猕猴桃果酒。**结论** 本研究结果对实际生产上猕猴桃果酒的加工有参考指导作用。酚类物质的变化与其体外抗氧化能力呈现出正相关, 这也表明酚类物质可能对猕猴桃果酒体外抗氧化能力起主导作用。

关键词: 黄心猕猴桃酒; 响应面; 陈酿; 酚类物质; 抗氧化活性

Optimization of fermentation conditions and research on the antioxidant properties of kiwi fruit wine

WANG Dong-Wei, HUANG Yan-Fen, XIAO Mo-Yan, ZHAO Lei, WANG Kai, HU Zhuo-Yan*

(College of Food Science, South China Agricultural University, Guangzhou 510642, China)

ABSTRACT: Objective To investigate the optimum fermentation parameters and antioxidant properties of kiwi fruit wine. **Methods** The fermentation process parameters of kiwi fruit wine were optimized by single factor test and response surface Box-Behnken test design using Huangxin kiwifruit as raw material. The relationship between total phenol content and antioxidant activity *in vitro* of yellow-heart kiwifruit wine at different aging temperature and time was briefly analyzed. **Results** The optimum conditions of kiwi fruit wine were as follows: fermentation temperature was 22.07 °C, initial test sugar was 22.58 °Brix, and yeast inoculums were 0.13%. Under these conditions, the alcohol content could reach 8.94% vol. During the aging of fruit wine, the antioxidant capacity and phenolic content of Huangxin kiwi fruit wine decreased with the aging time. At the same aging time, the *in vitro* antioxidant capacity of kiwi fruit wine aged at 4 °C was higher than that of aged kiwi fruit wine at 18 °C. **Conclusion** The results of this study have a reference in actual processing of kiwi fruit wine. The change of phenolic substances is positively correlated with its antioxidant capacity *in vitro*, which also indicates that phenolic substances play a leading role in the antioxidant capacity of kiwi wine *in vitro*.

KEY WORDS: kiwi wine; response surface; aging; phenols; antioxidant activity

基金项目: 国家荔枝龙眼产业技术体系项目(CRAS-33)、广东省扬帆计划创新团队项目(2014YT02H013)

Fund: Supported by the Earmarked Fund for China Agriculture Research System (CRAS-33) and the Yang Fan Innovative and Entrepreneurial Research Team Project(2014YT02H013)

*通讯作者: 胡卓炎, 博士, 教授, 主要研究方向为食品加工与保藏。E-mail: zyhu@scau.edu.cn

*Corresponding author: HU Zhuo-Yan, Ph.D, Professor, South China Agricultural University, No.483, Wushan Road, Tianhe District, Guangzhou 510642, China. E-mail: zyhu@scau.edu.cn

1 引言

黄心猕猴桃富含丰富的钙、钾、硒、锌等微量元素和人体必需的氨基酸,还富含生育酚、柠檬酸等天然活性物质^[1]。每100 g黄心猕猴桃鲜果中的VC含量是苹果、梨等水果的10倍以上,其所含VC在人体内的利用率高达94%^[2]。研究表明,黄心猕猴桃具有防癌抗癌、降低血脂及血压、缓解血小板聚集亢进、脑动脉粥样硬化及冠心病等作用^[3]。

本研究以黄心猕猴桃为原料,研究了猕猴桃果酒的酿造工艺参数,并通过响应面分析法对发酵工艺参数进行了优化。通过对黄心猕猴桃果酒酿造工艺的探索,开发出猕猴桃产品以满足消费市场多样化需求,也解决了在猕猴桃生产旺季时因供过于求而导致的浪费,同时为工厂大规模生产猕猴桃果酒提供一定的理论依据^[4]。

黄心猕猴桃果酒中酚类物质的种类和数量对其营养及感官评价有重要影响,果酒中的酚类物质主要源于原料本身,其次是由果酒酿造过程中的微生物产生,其含量对果酒的体外抗氧化能力也有较大影响^[5]。主发酵完成后的猕猴桃果酒,浑浊不清,缺乏芳香,一般需经过贮存一定时间,使不良风味消除或减少,同时产生芳香类物质^[6]。陈酿过程中酒体会发生复杂且缓慢的物理、化学、生物化学变化。陈酿期间的温度和时间对过程中多酚物质的变化尤为重要。在确定黄心猕猴桃果酒的发酵工艺条件后,采用DPPH·清除力、羟基自由基清除力和还原能力3种方法对不同陈酿温度的猕猴桃果酒随着陈酿时间的延长其体外抗氧化能力的变化进行探索,为猕猴桃果酒的生产加工提供理论依据,从一定程度上解决因滞销而带来的经济损失。

2 材料与方法

2.1 材料与仪器

野生黄心猕猴桃,陕西齐峰果业提供。

安琪果酒专用酵母(SY,安琪酵母股份有限公司);果胶酶(酶活力:26000 PG/mL,源叶生物科技有限公司);白砂糖,市售;偏重亚硫酸钠(分析纯,天津市福晨化学试剂厂)。

BS110S分析天平(德国Sartorius公司);SW-CJ净化工作台(苏州安泰空气技术有限公司);HWS24电热恒温水浴锅(上海恒科学仪器有限公司);SKP-01电热恒温箱(湖北省黄石市医疗器械厂);DELTA320 pH计(上海精密科学仪器有限公司);RE-5205旋转蒸发器(上海亚荣生化仪器厂)。

2.2 试验方法

2.2.1 黄心猕猴桃果酒的发酵工艺

挑选→清洗→破碎榨汁→成分调整→接种酵母液→前发酵→倒罐→去除酒脚→后发酵→降酸、澄清→灭菌→

陈酿→装罐、成品。

2.2.2 操作要点

原料挑选与处理:挑选无腐烂变质,成熟度一致的黄心猕猴桃,流水洗净。将清洗过的带皮黄心猕猴桃用已经消毒过的榨汁机进行打浆,冷冻备用^[7]。

带皮猕猴桃果浆处理:通过添加适量的 $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_5$ 来调节果浆中 SO_2 质量浓度,因为 SO_2 具有还原性,能抑制猕猴桃果酒中的多种氧化酶活性,从而抑制酶促氧化,且 SO_2 能破坏浆果细胞,加快猕猴桃果酒在酿造过程中色素、单宁、芳香物质及其他固形物的溶解^[8],一定程度上可以起到酒体的澄清作用和改善果酒的香醇口感^[9]。为提高猕猴桃的出汁率,将称好的0.08%果胶酶^[10]加入到果浆中,在50℃水浴摇床中120 r/min酶解150 min,然后加入适量的白砂糖调整初始糖度,随后将其放入超净工作台等待接种酵母。

接种酵母:称取SY果酒酵母^[11],将其在调整好糖度的果浆里活化,条件为37℃水浴活化30 min。随后将活化后的酵母液接种到已调整好成分的果浆中。

主发酵:用水封装置将处理好的原料在22℃条件下进行主发酵,发酵时间为4~6 d,依据残糖含量确定发酵终点。

后发酵:将果浆用150目滤布过滤后,分离去渣,换瓶,20℃后发酵10 d左右^[12]。

陈酿:要使猕猴桃果酒澄清,芳香浓郁,还需将其贮存一段时间。

调配:按质量要求调整好黄心猕猴桃果酒糖度和酸度,并封口贮藏一段时间后再灌装^[13]。

2.3 试验设计

2.3.1 单因素试验

在预试验的基础上,确定果酒主发酵的周期为5 d,发酵液总体积为200 mL。

(1) 初始糖度对黄心猕猴桃果酒发酵过程中酒精度的影响

利用市售白砂糖对猕猴桃发酵液的初始糖度进行调整,选取20、22、24、26、28°Brix进行初始糖度单因素试验,控制发酵温度为22℃,酵母接种量为0.1%, SO_2 的添加量为0.05%,主发酵时间5 d。发酵结束后测定其酒精度。

(2) 发酵时间对黄心猕猴桃果酒发酵过程中酒精度的影响

选取3、4、5、6、7 d的主发酵时间进行单因素试验,控制发酵温度为22℃,酵母接种量为0.1%, SO_2 添加量为0.05%,初始糖度为26°Brix。发酵结束后测定其酒精度。

(3) 酵母添加量对黄心猕猴桃果酒发酵过程中酒精度的影响

选取0.05、0.1、0.15、0.2、0.25%的酵母添加量进行单因素试验,控制发酵温度为22℃, SO_2 的添加量为

0.05%, 初始糖度为 26°Brix, 主发酵时间 5 d。发酵结束后测定其酒精度。

(4) 不同发酵温度对黄心猕猴桃果酒发酵过程中酒精度的影响

选取 18、20、22、24、26 °C 进行温度单因素试验, 控制主发酵时间 5 d, 接种量为 0.1%, SO₂ 的添加量为 0.05%, 初始糖度为 26 °Brix。发酵结束后测定其酒精度。

(5) 不同 SO₂ 加量对黄心猕猴桃果酒发酵过程中酒精度的影响

选取 0.03、0.04、0.05、0.06、0.07% 的添加量加入 SO₂ 进行单因素试验。控制发酵温度为 22 °C, 接种量为 0.1%, 主发酵时间 5 d, 初始糖度为 26 °Brix。发酵结束后测定其酒精度。

2.3.2 响应面分析

利用 Box-Behnken 进行响应面优化设计, 考虑到猕猴桃果酒作为一种酒精型饮料, 以酒精度作为响应值, 参照单因素试验结果, 考察发酵温度、初始糖度、果酒酵母接种量之间的相互关系, 对黄心猕猴桃果酒的酿造工艺参数进行响应面优化分析。各因素与水平见下表 1。

表 1 Box-Behnken 试验设计表
Table 1 Box-Behnken test design table

水平	因素		
	发酵温度/°C	初始糖度/°Brix	接种量/%
1	24	26	0.2
0	22	24	0.15
-1	20	22	0.1

2.3.3 总酚及理化指标的测定

总酚: 采用福林-酚法^[14]。

样品总酚含量测定: 取猕猴桃果酒上清液 0.1 mL 加入到 10 mL 容量瓶, 再加入适量的水和 0.5 mL 福林酚溶液, 混匀, 在室温下静置 3~4 min, 加入 1.5 mL 碳酸钠溶液, 蒸馏水定容后混匀, 在室温下避光静置 2 h, 然后在 765 nm 下测定其吸光值。

2.3.4 酒精度的测定

酒精度: 酒精剂法^[15]。

2.3.5 黄心猕猴桃果酒体外抗氧化活性的检测

DPPH·清除率的测定参考 Wang 等^[16]的方法; 羟基自由基清除率的测定参考 Ma 等^[17]的方法; 还原能力的测定参考 Bayar 等^[18]的方法。

3 结果与分析

3.1 单因素试验结果分析

3.1.1 不同初始糖度对猕猴桃果酒酒精度的影响

由图 1 可知, 随着发酵初始糖度的增加, 酒精度逐渐

增大; 当初始糖度大于 26°Brix 时, 酒精度呈现出下降的趋势。初始糖度为 20°Brix 时, 可能是由于酒体中的糖含量不能满足酵母的生长繁殖, 使得最终发酵后产生的酒度低于 10%vol。而当糖度为 28°Brix, 酒精产量反而下降, 这可能是由于高浓度的糖对酵母菌的生长有一定的抑制作用, 从而对糖的利用率下降。再考虑到生产中的成本等因素, 选择 22~26 °Brix 的糖度做下一步的响应面优化试验。

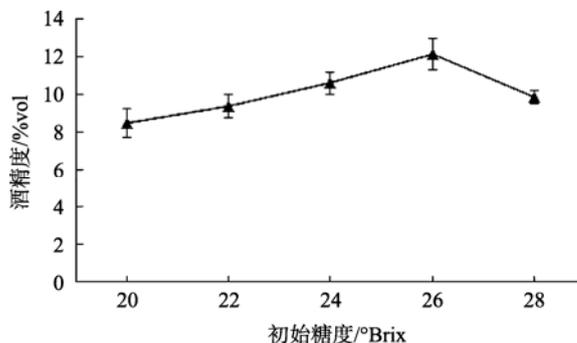


图 1 不同初始糖度对猕猴桃果酒酒精度的影响(n=2)

Fig.1 Effect of different initial TTS on the alcohol content of kiwifruit wine (n=2)

3.1.2 不同发酵时间对猕猴桃果酒酒精度的影响

从图 2 可以得出, 随着发酵时间的延长, 猕猴桃酒的酒精度逐渐升高, 但在发酵第 7 d 酒精度反而下降, 推测是因为果酒在完成酒精发酵后, 因果皮上存在着一些天然的醋酸菌将乙醇分解产生了醋酸, 导致果酒的酒精度降低。

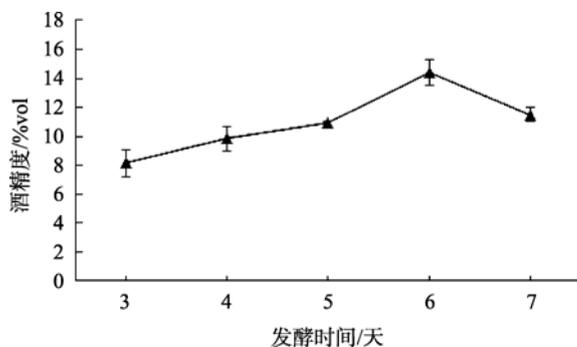


图 2 不同发酵时间对猕猴桃果酒酒精度的影响(n=2)

Fig.2 Effect of different fermentation time on the alcohol content of kiwifruit wine (n=2)

3.1.3 不同酵母添加量对猕猴桃果酒酒精度的影响

酵母添加量的不同对猕猴桃果酒主发酵过程影响较大, 由图 3 可知, 当酵母接种量为 0.05% 时, 酵母生长缓慢, 发酵初期产生的酒精度较小, 发酵周期延长, 此外, 由于酵母接种量过小, 酵母菌未能成为发酵过程中的优势菌, 从而导致其他杂菌的生长繁殖, 最终降低了果酒的品质。而当酵母接种量增大至 0.25% 时, 发酵最终的酒精度明显降低, 这可能是因为由于酵母接种量过大, 抑制了酵母的

繁殖,使得酵母产酒率降低。考虑到实际生产中的发酵周期,成本等因素,选择酵母接种量 $0.1\% \sim 0.2\%$ (高于 1×10^7 CFU/mL) 做进一步优化试验。

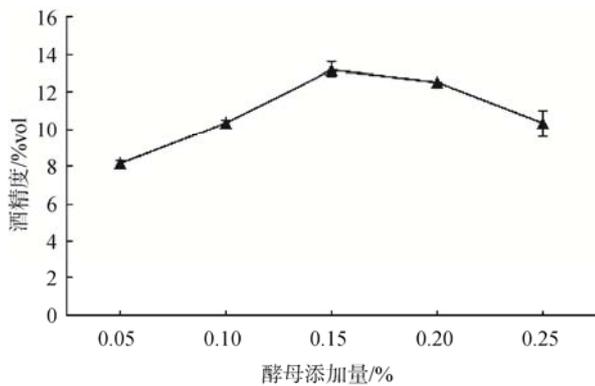


图 3 不同酵母添加量对猕猴桃果酒酒精度的影响($n=2$)

Fig. 3 Effect of different yeast additions on the alcohol content of kiwifruit wine ($n=2$)

3.1.4 不同 SO_2 添加量对猕猴桃果酒酒精度的影响

SO_2 添加量的多少不仅影响着酵母发酵生成酒精的多少,而且对抑制酒体在陈酿过程中有害微生物的生长也起着重要作用。

由图 4 知,随着 SO_2 添加量的增加,酵母的生长繁殖受到抑制,当 SO_2 添加量大于 0.05% ,酒精度反而降低。而 SO_2 添加量较低时,酵母活性高,产生酒精速度快,但是抑菌效果也随之降低,使果酒品质略差,因此选择 SO_2 添加量 0.05% 做进一步的优化试验。

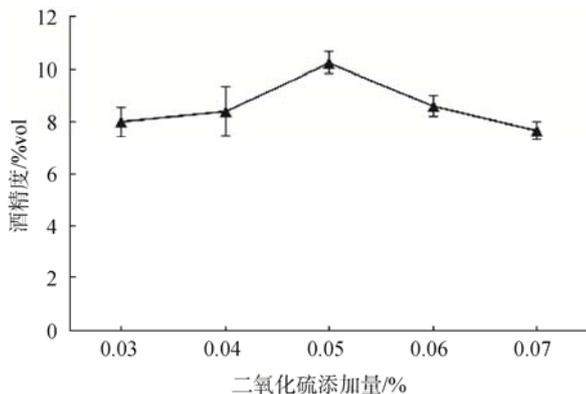


图 4 不同 SO_2 添加量对猕猴桃果酒酒精度的影响($n=2$)

Fig. 4 Effect of different SO_2 addition on alcohol content of kiwi fruit wine ($n=2$)

3.1.5 不同发酵温度对猕猴桃果酒酒精度的影响

由图 5 知,在 $18 \sim 22\text{ }^\circ\text{C}$ 时,酒精度随着发酵温度的升高而增加,并在 $22\text{ }^\circ\text{C}$ 达到最大值 $10.5\% \text{vol}$,当温度高于 $22\text{ }^\circ\text{C}$ 以后,酒精度呈现递减的趋势,这是由于微生物酒精发酵的酶系具有特定最适温度所造成的。微生物细胞内所

含酶的种类繁多,这些酶有各自的最适生长温度,而酶系统的活力也直接影响微生物细胞的生长代谢^[19]。

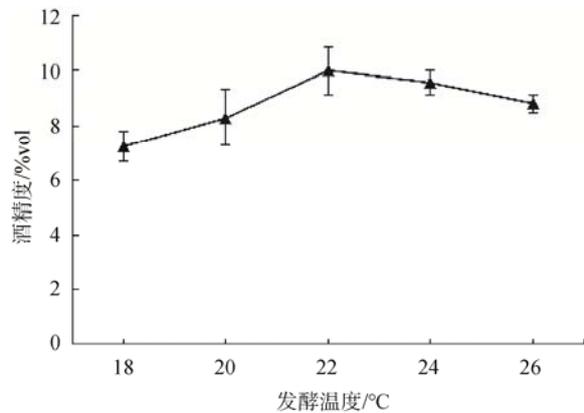


图 5 不同发酵温度对猕猴桃果酒酒精度的影响($n=2$)

Fig. 5 Effect of different fermentation temperature on the alcohol content of kiwifruit wine ($n=2$)

3.2 响应面优化黄心猕猴桃果酒的结果分析

酒精度是衡量果酒品质的重要指标之一,酒精度的高低在很大程度上也决定了果酒储藏时间的长短,因此酒精度是果酒发酵的关键因素之一。本研究在利用 Box-Behnken 试验设计进行工艺优化时,将酒精度(Y_1)作为响应值,按照表 1 进行试验,得出结果如表 2 所示。

表 2 Box-Behnken 试验设计与结果
Table 2 Box-Behnken test design and results

编号	X_1 温度	X_2 初试糖度	X_3 接种量	Y_1 酒精度/%
1	20	26	0.15	7
2	22	24	0.15	8.5
3	20	22	0.15	7.5
4	22	26	0.2	6
5	22	22	0.2	8
6	22	22	0.1	9
7	24	24	0.2	9
8	20	24	0.2	7
9	22	26	0.1	6.5
10	20	24	0.1	8
11	22	24	0.15	9
12	22	24	0.15	8.7
13	24	26	0.15	6
14	22	24	0.15	8.5
15	22	24	0.15	8
16	24	22	0.15	8
17	24	24	1	7.4

对表 2 数据进行方差分析及回归分析, 结果见表 3, 其二次多项式模型 Y_1 达到极显著水平($P < 0.01$)。二次多项式模型 Y_1 的决定系数 R^2 为 0.931, 这表明所建立的模型能够较好地拟合因子与相应值之间的关系。不同的影响因素在设定范围内的交互作用如图 6~8 所示, 该模型可用于分析和预测黄心猕猴桃果酒发酵条件对猕猴桃酒酒精度的影响。

表 3 Box-Behnken 试验试剂结果模型方差分析
Table 3 Box-behken test reagent results model variance analysis

项 目	均方和	自由度	均方	F 值	P 值	
模型	14	9	1.56	10.47	0.0027	
残差	1.04	7	0.15			
Y_1	失拟项	0.51	3	0.17	1.28	0.3937
酒精度	纯误差	0.53	4	0.13		
	R^2		0.9308			
二次模型	$Y_1 = 8.54 + 0.90X_1 + 0.88X_2 + 0.39X_3 - 0.38X_1X_2 + 0.100X_1X_3 + 0.13X_2X_3 - 0.75X_1^2 - 0.67X_2^2 - 0.49X_3^2$					

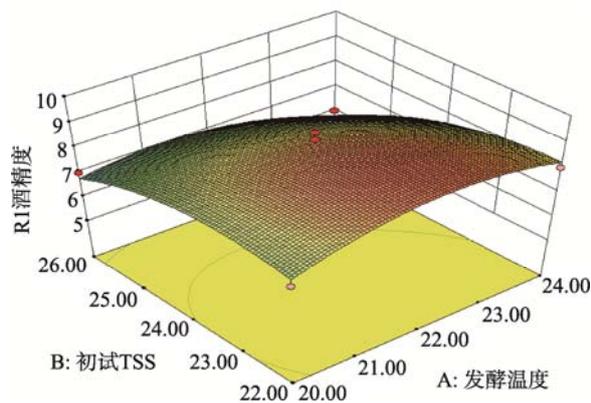


图 6 发酵温度和初试 TSS 对猕猴桃果酒酒精度的响应面
Fig. 6 Fermentation temperature and the response surface of the initial TSS to the alcohol content of kiwi fruit wine

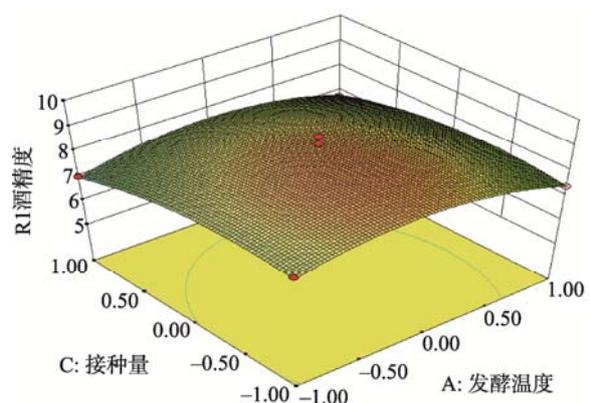


图 7 发酵温度和酵母接种量对猕猴桃果酒酒精度的响应面
Fig. 7 Response surface of fermentation temperature and yeast inoculum to kiwi fruit wine alcohol

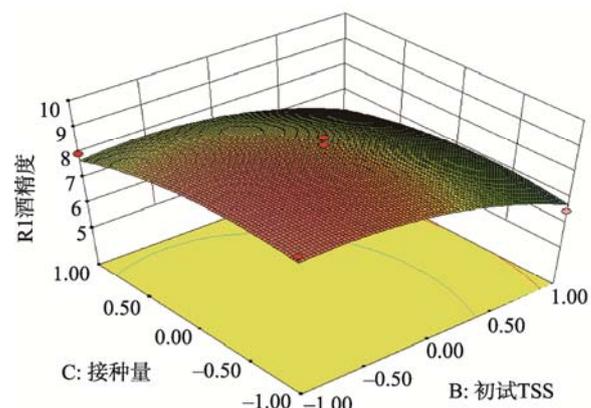


图 8 初始 TSS 和酵母接种量对猕猴桃果酒酒精度的响应面
Fig. 8 Response surface of initial TSS and yeast inoculum to kiwifruit wine alcohol

通过单因素试验和响应面分析法优化黄心猕猴桃果酒发酵条件, 建立果酒发酵工艺参数的二次多项数学模型。该模型极显著, 拟合情况良好。未知因素对试验结果干扰较小, 说明残差均由随机误差引起。可用来预测设定条件范围内果酒发酵工艺参数, 有一定的实用价值。根据回归方程作响应面曲线图, 分析初始糖度、发酵温度和接种量对得率的影响。其响应曲面及其等高线如图 6~8 所示。以猕猴桃果酒酒精度最高为目标值, 得到的响应面模型最佳发酵条件为: 发酵温度 22.07 °C, 初试糖度为 22.58 g/L, 酵母接种量 0.13%。在此条件下, 酒精度可达 8.94%vol, 验证值为 9.5%vol, 与预测模型基本一致。发酵所得的黄心猕猴桃果酒果香酒香浓郁, 风味典型, 开发前景广阔。

3.3 不同陈酿时间对陈酿过程中黄心猕猴桃果酒中总酚含量的影响

从图 9 可以看出, 猕猴桃果酒中总酚含量呈现先上升后下降的趋势。在陈酿前期阶段, 可能由于酒体中的单体酚发生了聚合反应, 导致总酚含量有少量上升。陈酿 60 d 后, 总酚的含量逐渐减少, 这可能是因为在陈酿期间, 酚类物质之间发生缩合反应或氧化反应生成新的化合物^[20], 酚类物质的减少受各种因素影响, 如果酒发酵原料的成熟度, 陈酿温度等, 不同品种的猕猴桃酒陈酿期间总酚含量的下降程度有一定差异^[21]。

3.4 不同陈酿温度的黄心猕猴桃果酒在陈酿过程中体外抗氧化能力对比

猕猴桃果酒抗氧化活性与抗氧化剂的还原能力之间存在一定的关系。猕猴桃果实及其果酒中的营养成分十分复杂, 其抗氧化活性取决于果实及果酒中酚类化合物的种类、含量以及氧化还原电位等^[22]。采用不同的方法测定猕猴桃酒的体外抗氧化活性, 能够判定酒体中的自由基清除机制和抗氧化能力^[23,24]。图 10~12 为陈酿期间不同温度对猕猴桃果酒体外抗氧化能力的影响对比图, 猕猴桃果酒的

体外抗氧化能力在陈酿初期阶段,基本维持稳定,60 d后有明显下降的趋势。而在4 °C条件下陈酿的猕猴桃果酒的还原能力明显高于18 °C条件下陈酿的猕猴桃果酒。导致这一结果的原因可能是低温陈酿能有效防止酒体中一些抗氧化物质(如酚类等)的减少有关。从上图中还可以得出,在陈酿前期,猕猴桃酒的体外抗氧化能力基本维持恒定,随着陈酿时间的延长,猕猴桃果酒的3种抗氧化能力都有一定程度的减少,这与总酚含量的变化趋势相似,这一结果在一定程度上说明了猕猴桃酒的抗氧化能力与酒体中的总酚含量有相关性。前人研究表明,陈酿期间果酒中多酚成分不断减少,氧化还原能力不断减弱^[25],本试验与其结果相符。

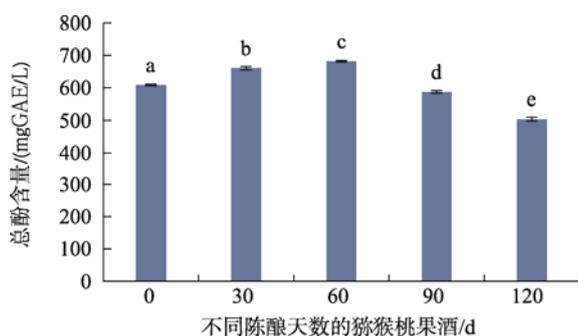


图9 不同陈酿天数猕猴桃果酒中总酚含量的变化($n=3$)
Fig.9 Changes of total phenols in kiwifruit wines aged differently ($n=3$)

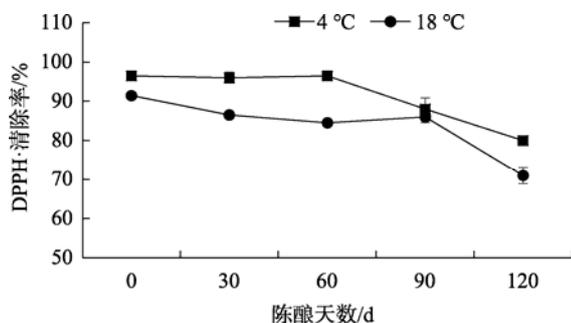


图10 陈酿期间不同温度对猕猴桃酒 DPPH·清除率的影响($n=2$)
Fig.10 Effect of different temperatures on DPPH· clearance rate of kiwi wine during aging period ($n=2$)

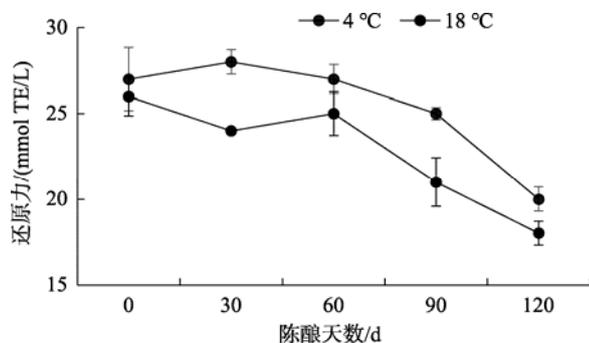


图11 陈酿期间不同温度对猕猴桃酒还原力的影响($n=2$)
Fig.11 Effect of different temperatures on the reducing power of kiwi wine during aging period ($n=2$)

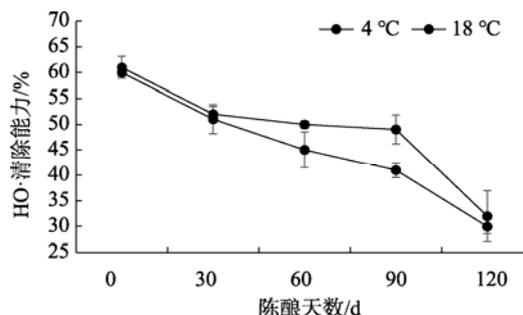


图12 陈酿期间不同温度对猕猴桃酒 HO·清除能力的影响($n=2$)
Fig.12 Effect of different temperatures on the HO· clearing ability of kiwi wine during the aging period ($n=2$)

4 结论

本研究通过单因素试验和响应面分析得出了黄心猕猴桃果酒的最优工艺参数,进一步研究了黄心猕猴桃果酒在不同陈酿温度下,酒体中总酚含量和体外抗氧化能力随着陈酿时间的变化规律。随着陈酿时间的延长,黄心猕猴桃果酒的体外抗氧化能力明显降低,且猕猴桃果酒中总酚含量与抗氧化能力之间呈现出正相关。在4 °C下陈酿果酒的体外抗氧化能力较同一时期18 °C下陈酿的果酒相比明显偏高,陈酿时间的长短对猕猴桃酒的品质有着至关重要的影响。从保藏猕猴桃果酒的角度来看,将猕猴桃果酒低温保藏,更有利于酒体中功能性成分的保留。

参考文献

- 刘世珍. 中华猕猴桃的营养价值[J]. 中国食物与营养, 2003, (5): 48-49.
Liu SZ. Nutrition value of Chinese kiwi fruit [J]. China Food Nutr, 2003, (5): 48-49.
- 谢彩云, 范国华. 猕猴桃开发研究进展[J]. 贵州农业科学, 1996, (6): 64-65.
Xie CY, Fan GH. Progress in the development of kiwi fruit [J]. J Guizhou Agric Sci, 1996, (6): 64-65.
- 楼丽君, 吕定量, 胡增仁, 等. 猕猴桃根抗肝癌的试验研究[J]. 中华中医药学刊, 2009, 27(7): 1509-1511.
Lou LJ, Lu DL, Hu ZR, et al. Experimental study of kiwifruit root against liver cancer [J]. Chin J Tradit Chin Med, 2009, 27(7): 1509-1511.
- 孙洪浩, 朱正军, 邓元海, 等. 野生猕猴桃干酒酿造工艺研究[J]. 中国酿造, 2014, 33(3): 62-66.
Sun HH, Zhu ZJ, Deng YH, et al. Study on the brewing technology of wild kiwi dry wine [J]. China Brew, 2014, 33(3): 62-66.
- 黄佳, 程拯良, 樊明涛. 陈酿过程对猕猴桃多酚及其抗氧化活性的影响[J]. 食品研究与开发, 2017, 38(14): 26-30.
Huang J, Cheng ZY, Fan MT. Effects of aging process on polyphenols and antioxidant activities of kiwi fruit wine [J]. Food Res Dev, 2017, 38(14): 26-30.
- 梁迎萍, 刘行知, 李淑燕, 等. 陈酿方式对葡萄酒品质的影响[J]. 酿酒科技, 2009, (7): 43-46.

- Liang YP, Liu XZ, Li SY, *et al.* Effects of aging methods on wine quality [J]. *Liquor-mak Sci Technol*, 2009, (7): 43–46.
- [7] 陈红梅, 王沙沙, 尹何南, 等. 不同工艺处理对野生猕猴桃酒品质的影响[J]. *食品科学*, 2018, 39(4): 233–240.
- Chen HM, Wang SS, Yin HN, *et al.* Effects of different treatments on the quality of wild kiwifruit wine [J]. *Food Sci*, 2018, 39(4): 233–240.
- [8] 刘琨磊, 王琪, 辜义洪, 等. 二氧化硫在猕猴桃酒中应用效果研究[J]. *酿酒*, 2016, 43(6): 84–87.
- Liu KY, Wang Q, Pei YH, *et al.* Study on the application effect of sulfur dioxide in kiwi wine [J]. *Brewing*, 2016, 43(6): 84–87.
- [9] 张方艳, 刘娟, 刘兴艳, 等. 猕猴桃果酒中 SO₂ 含量虚高的探究[J]. *食品与发酵工业*, 2014, 40(9): 68–71.
- Zhang FY, Liu J, Liu XY, *et al.* Study on the high content of SO₂ in kiwi fruit wine [J]. *Food Ferment Ind*, 2014, 40(9): 68–71.
- [10] Towantakavanit K, Park Y, Gorinstein S. Bioactivity of wine prepared from ripened and over-ripened kiwifruit [J]. *Open Life Sci*, 2011, 6(2): 205–215.
- [11] 黎星辰, 马力, 曹琳, 等. 不同酿酒酵母发酵猕猴桃酒香气成分研究[J]. *食品科技*, 2016, 41(7): 72–77.
- Li XC, Ma L, Cao L, *et al.* Study on aroma components of different yoghurt fermentation kiwi wines [J]. *Food Sci Technol*, 2016, 41(7): 72–77.
- [12] 张超, 徐洲, 游玲, 等. 野生猕猴桃果酒带渣发酵的研究[J]. *食品研究与开发*, 2012, 33(8): 23–27.
- Zhang C, Xu Z, You L, *et al.* Study on the fermentation of wild kiwi fruit wine with slag [J]. *Food Res Dev*, 2012, 33(8): 23–27.
- [13] 罗登宏. 猕猴桃果酒酿造[J]. *酿酒*, 2008, 35(6): 102–105.
- Luo DH. Brewing of kiwi fruit wine [J]. *Brewing*, 2008, 35(6): 102–105.
- [14] 郝菊芳. 荔枝汁加工中营养和典型香气成分的变化研究[D]. 武汉: 华中农业大学, 2008.
- Hao JF. Study on the variation of nutrition and typical aroma of Litchi juice processing [D]. Wuhan: Huazhong Agricultural University, 2008.
- [15] GB 15073-2006 葡萄酒[S].
GB 15073-2006 Wine [S].
- [16] Wang L, Liu HM, Qin GY. Structure characterization and antioxidant activity of polysaccharides from Chinese quince seed meal [J]. *Food Chem*, 2017, 234: 314–322.
- [17] Ma YL, Zhu DY, Thakur K, *et al.* Antioxidant and antibacterial evaluation of polysaccharides sequentially extracted from onion (*Allium cepa* L.) [J]. *Int J Biolog Macromol*, 2018, 111: 92–101.
- [18] Bayar N, Kriaa M, Kammoun R. Extraction and characterization of three polysaccharides extracted from *Opuntia ficus indica* cladodes [J]. *Int J Biolog Macromol*, 2016, (92): 441–450.
- [19] Erşan S, Güçlüüstündağ Ö, Carle R, *et al.* Subcritical water extraction of phenolic and antioxidant constituents from pistachio (*Pistacia vera* L.) hulls [J]. *Food Chem*, 2018, (253): 46–54.
- [20] 江汉湖. 食品微生物[M]. 北京: 中国农业出版社, 2005.
- Jiang HH. *Food Microbiology* [M]. Beijing: China Agriculture Press, 2005.
- [21] Monagas M, Gomezcordoves C, Bartolome B. Evolution of the phenolic content of red wines from L. during ageing in bottle [J]. *Food Chem*, 2006, (95): 405–412.
- [22] Baiano A, Mentana A, Quinto M, *et al.* The effect of in-amphorae aging on oenological parameters, phenolic profile and volatile composition of minutolo white wine [J]. *Food Res Int*, 2015, (74): 294–305.
- [23] 秦垂新, 姚松君, 唐青涛, 等. 抗氧化肽及其化学活性测定方法的研究概述[J]. *食品工业科技*, 2014, 35(1): 394–400.
- Qin CX, Yao SJ, Tang QT, *et al.* Overview of antioxidant peptides and their chemical activity determination methods [J]. *Food Sci Technol*, 2014, 35(1): 394–400.
- [24] 李华, 李佩洪, 王晓宇, 等. 抗氧化检测方法的相关性研究[J]. *食品与生物技术学报*, 2008, 27(4): 6–11.
- Li H, Li PH, Wang XY, *et al.* Correlation study of antioxidant detection methods [J]. *J Food Sci Biotechnol*, 2008, 27(4): 6–11.
- [25] Lago-Vanzela ES, Procópio DP, Fontes EAF, *et al.* Aging of red wines made from hybrid grape cv. BRS violeta: effects of accelerated aging conditions on phenolic composition, color and antioxidant activity [J]. *Food Res Int*, 2014, (56): 182–189.

(责任编辑: 武英华)

作者简介



王东伟, 硕士研究生, 主要研究方向为食品加工与安全。
E-mail: 495799519@qq.com



胡卓炎, 博士, 教授, 主要研究方向为食品加工与储藏。
E-mail: zyhu@scau.edu.cn