

## 响应面法优化柑橘枸杞复合果酒酿造工艺

刘琨毅<sup>1,2</sup>, 串俊刚<sup>1</sup>, 王琪<sup>1\*</sup>, 郑佳<sup>3</sup>, 周书来<sup>4</sup>

(1. 宜宾职业技术学院 五粮液技术学院, 四川 宜宾 644003; 2. 云南农业大学 食品科学技术学院, 云南 昆明 650000; 3. 五粮液集团技术中心, 四川 宜宾 644000; 4. 乐山职业技术学院 药学系, 四川 乐山 614000)

**摘要:** 为了丰富果酒产品的种类, 提高其经济价值, 该研究以柑橘、枸杞为原料, 利用响应面试验设计优化柑橘枸杞复合果酒的酿造工艺。结果表明, 柑橘枸杞复合果酒最优的发酵工艺条件为初始糖度27.8%、物料比(柑橘汁:枸杞汁) 1:2、酿酒酵母(*Saccharomyces cerevisiae*) 接种量4.7%及发酵温度23.2℃; 在此条件下可获得色泽亮黄透明、果香与酒香和谐、酒体丰满圆润的柑橘枸杞复合果酒, 其感官评分为90.8分, 酒精度为6.9%vol。

**关键词:** 柑橘; 枸杞; 复合果酒; 发酵工艺; 优化

中图分类号: TS262.1

文章编号: 0254-5071(2019)08-0199-06

doi:10.11882/j.issn.0254-5071.2019.08.039

引文格式: 刘琨毅, 串俊刚, 王琪, 等. 响应面法优化柑橘枸杞复合果酒酿造工艺[J]. 中国酿造, 2019, 38(8): 199-204.

## Optimization of fermentation process for orange-wolfberry compound fruit wine by response surface methodology

LIU Kunyi<sup>1,2</sup>, CHUAN Jungang<sup>1</sup>, WANG Qi<sup>1\*</sup>, ZHENG Jia<sup>3</sup>, ZHOU Shulai<sup>4</sup>

(1. Wuliangye Technical College, Yibin Vocational and Technical College, Yibin 644003, China; 2. College of Food Science and Technology, Yunnan Agricultural University, Kunming 650000, China; 3. Technical Center of Wuliangye Group, Yibin 644000, China; 4. Department of Pharmacy, Leshan Vocational and Technical College, Leshan 614000, China)

**Abstract:** In order to enrich the variety of fruit wine products and improve its economic value, using orange and wolfberry as raw material, the brewing process of orange-wolfberry compound fruit wine was optimized by response surface methodology. The results showed that the optimum fermentation conditions of orange-wolfberry compound fruit wine were as follows: initial sugar content 27.8%, material ratio (orange juice:wolfberry juice) 1:2, *Saccharomyces cerevisiae* inoculum 4.7% and fermentation temperature 23.2℃. Under these conditions, the orange-wolfberry compound fruit wine was with bright yellow and transparent color, harmonious taste of fruit and wine flavor, round and full body was obtained, and its sensory evaluation score and alcohol content were 90.8 and 6.9%vol, respectively.

**Key words:** orange; wolfberry; compound fruit wine; fermentation process; optimization

柑橘果肉中含有丰富的氨基酸、维生素、微量元素等多种健康因子<sup>[1-3]</sup>。具有增强机体免疫力、降低总胆固醇、预防心血管疾病的作用<sup>[4-5]</sup>。我国川南地区盛产柑橘, 但由于川南地区属于盆地和丘陵地貌, 在柑橘盛产季节经常遇到采摘、贮存和运输不便的困境<sup>[6]</sup>。因此, 研发出一种或多种优良的柑橘贮藏加工技术对发展川南地区的柑橘产业显得尤为重要。

发酵型柑橘果酒是将柑橘清洗、打浆、灭菌、添加酵母发酵后制得的具美容养颜、强身健体的果酒<sup>[7-8]</sup>。虽然发酵型柑橘果酒生产技术已较为成熟, 但其产品普遍存在风味较为欠缺、营养成分不足等缺陷<sup>[4,9]</sup>。

复合型发酵果酒是利用两种或多种水果经酵母菌发酵制成的酒品, 能综合原料所特有的香味及营养成分, 弥

补单一水果酿酒在感官特性方面所存在的缺点<sup>[10-12]</sup>。枸杞是一种药食两用的滋补佳品, 具有很高的营养价值和经济价值<sup>[13-15]</sup>。目前, 我国川西南已有部分地区种植枸杞(宁杞1号), 并且获得了不错的经济效益<sup>[15]</sup>。因此, 本试验以酿酒酵母(*Saccharomyces cerevisiae*)为发酵剂, 通过利用单因素试验及响应面试验对利用柑橘与枸杞酿造复合果酒的生产工艺进行优化, 以期酿造出感官特性优良的柑橘枸杞复合果酒。

## 1 材料与方法

## 1.1 材料与试剂

新鲜柑橘、枸杞、白砂糖: 市售; 酿酒酵母(*Saccharomyces cerevisiae*) CICC31482: 宜宾职业技术学院菌种保藏中心; 冰乙酸、乙酸钠、柠檬酸、柠檬酸钠、磷酸氢钠、氢氧化钠(均为分析纯): 湖北鑫润德化工有限公司; 亚硫酸

收稿日期: 2019-03-11

修回日期: 2019-07-03

基金项目: 四川省教育厅科研项目(18ZB0669); 宜宾职业技术学院科研项目(ybzysc17-06, ybzysc18-27)

作者简介: 刘琨毅(1987-), 男, 讲师, 博士研究生, 研究方向为白酒酿造技术。

\*通讯作者: 王琪(1989-), 女, 讲师, 硕士, 研究方向为白酒分析检测。

钠(分析纯):南京试剂有限公司;硫酸铜、酒石酸钾钠(均为分析纯):无锡市亚泰联合化工有限公司;次甲基蓝(指示剂):天津市福晨化学试剂厂。

### 1.2 仪器与设备

BS210S型电子分析天平:北京赛多利斯天平有限公司;SPHs-3c型精密pH计:上海理达仪器厂;XH-C型涡旋振荡器:上海拓赫有限公司;DHP-9162型电热恒温培养箱:上海一恒科学仪器有限公司;W-CJ-2FD型超净工作台:苏州净化设备有限公司;JYL-C91T型豆浆机:九阳股份有限公司;723型可见分光光度计:上海精密科学仪器有限公司;LXJ-IIB低速大容量多管离心机:郑州长城工贸有限公司;LC-DCY-12SY氮吹仪:上海力辰仪器科技有限公司。

### 1.3 方法

#### 1.3.1 工艺流程及操作要点

鲜枸杞→分选→清洗→榨汁



柑橘→分选→清洗→去皮、去籽→榨汁→柑橘汁与枸杞汁混合→添加白砂糖与抗氧化剂→调整pH→接种酵母菌→主发酵→分离→贮存→过滤→成品

操作要点:将柑橘去皮去籽与鲜枸杞分别榨汁后,按照试验所需的体积比进行混合,使液体体积达到100 mL;随后按初始糖度添加白砂糖,并加入亚硫酸钠0.02%,将果汁的pH值调整为6.0,分装入250 mL的发酵瓶中巴氏灭菌30 min;按体积分数接入经扩大培养后的酵母菌悬液,在试验所需的温度条件下进行自然发酵,发酵前3 d每天需进行放气,观察到无气泡产生后主发酵完成,倒桶后低温贮存一段时间过滤后得到复合果酒成品。

#### 1.3.2 单因素试验

分别考察初始糖度(19%、22%、25%、28%、31%)、柑橘汁与枸杞汁的物料比(3:1、2:1、1:1、1:2、1:3(V/V))、酿酒酵母接种量(1%、3%、5%、7%、9%)及发酵温度(21℃、23℃、25℃、27℃、29℃)对柑橘枸杞复合果酒感官评分的影响,以确定较佳的初始糖度、物料比、酿酒酵母接种量、发酵温度。

#### 1.3.3 响应面试验

表1 柑橘枸杞复合果酒发酵工艺条件优化响应面试验因素与水平  
Table 1 Factors and levels of response surface experiments for fermentation process optimization of orange-wolfberry compound fruit wine

水平	A 初始糖度/%	B 物料比	C 酿酒酵母接种量/%	D 发酵温度/℃
-1	25	1:1	3	21
0	28	1:2	5	23
1	31	1:3	7	25

在单因素试验的基础上,选取初始糖度(A)、物料比(B)、酿酒酵母接种量(C)、发酵温度(D)为考察因素,以

感官评分(Y)为评价指标,根据响应面设计原理<sup>[2]</sup>,进行4因素3水平的响应面分析试验,拟确定柑橘枸杞复合果酒最佳的发酵工艺条件,因素与水平见表1。

#### 1.3.4 测定方法

总糖:采用直接滴定法<sup>[6]</sup>;总酸:采用电位滴定法<sup>[7]</sup>;酒精度:采用密度瓶法测定<sup>[8]</sup>;干浸出物:采用密度瓶法测定<sup>[9]</sup>。

感官评价:柑橘枸杞复合果酒的感官评价方法参照GB/T 15038—2006《葡萄酒、果酒通用分析方法》<sup>[10]</sup>中规定果酒的感官评价方法,并由此设定了柑橘枸杞复合果酒的感官评价方法,满分100分如表2所示。试验请21名具有品酒师职业资格证书的专业人士在学院品酒室对酒样进行感官评价。

表2 柑橘枸杞复合果酒感官评分标准

Table 2 Sensory evaluation standards of orange-wolfberry compound fruit wine

项目	分数段	评分标准
色泽(5分)	4~5分	色泽亮黄,悦目协调
	2~4分	色泽暗黄
	0~2分	与该产品应用的色泽不符
形态(15分)	4~5分	澄清透明、有光泽
	2~4分	较为澄清、无明显悬浮物
	0~2分	浑浊、无光泽
香气(30分)	20~30分	果香与酒香浓郁且协调
	10~20分	果香与酒香较为浓郁
	0~10分	果香与酒香不足或香味不协调
滋味(40分)	30~40分	酒体丰满、醇厚、爽口
	20~30分	酒质较为柔顺,无异杂味
	0~20分	酒体寡淡、异杂味明显不协调
典型性(20分)	15~20分	风格优雅独特
	10~15分	风格良好
	0~10分	无典型性

## 2 结果与分析

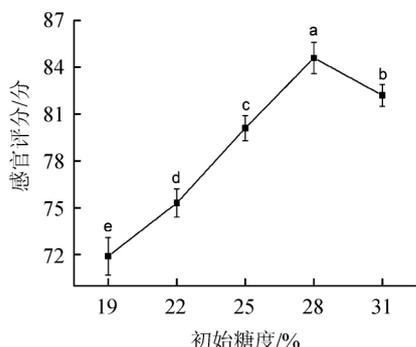
### 2.1 柑橘枸杞复合果酒发酵工艺条件优化单因素试验结果

#### 2.1.1 初始糖度对柑橘枸杞复合果酒感官评分的影响

设定物料比(柑橘汁:枸杞汁)1:1、酿酒酵母接种量5%、发酵温度25℃,考察初始糖度(19%、22%、25%、28%、31%)对柑橘枸杞复合果酒感官评分的影响,结果见图1。

由图1可知,当柑橘枸杞复合果酒中初始糖度从19%增加至28%时,柑橘枸杞复合果酒的感官评分也随之增加;当初始糖度达到28%时,柑橘枸杞复合果酒的感官评分达到最高分,为(84.6±1.1)分。但随着初始糖度的继续增加,柑橘枸杞复合果酒的感官评分开始呈现下降的趋势。糖分在柑橘枸杞复合果酒发酵过程中主要转化为乙醇,也可以转化成酸类、酯类、醛类等物质<sup>[11]</sup>。柑橘枸杞复合果酒在发酵过程中,可发酵性糖过少会出现酒体不丰满、香味不足

的现象,可发酵性糖过多则会造成复合果酒果香味变淡、酒精味明显等不良现象。故选用初始糖度为28%用于后续试验。



不相同字母表示水平间差异显著 ( $P < 0.05$ )。下同。

图1 初始糖度对柑橘枸杞复合果酒感官评分的影响

Fig. 1 Effect of initial sugar content on sensory evaluation of orange-wolfberry compound fruit wine

### 2.1.2 物料比对柑橘枸杞复合果酒感官评分的影响

设定初始糖度28%、酿酒酵母接种量5%、发酵温度25℃,分别考察柑橘汁与枸杞汁比例(3:1、2:1、1:1、1:2、1:3)对柑橘枸杞复合果酒感官评分的影响,结果见图2。

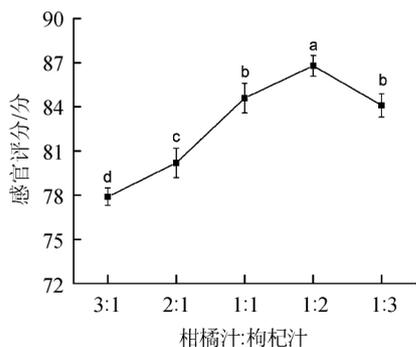


图2 物料比对柑橘枸杞复合果酒感官评分的影响

Fig. 2 Effect of material ratio (orange juice:wolfberry juice) on sensory evaluation of orange-wolfberry compound fruit wine

由图2可知,柑橘汁与枸杞汁之比为1:2时,感官评分达到了最高的(86.8±0.7)分,并显著高于其他物料比时的感官评分( $P < 0.05$ )。因柑橘汁与枸杞汁之比为1:2时,柑橘枸杞复合果酒能结合两种水果原料各自的风味特点,形成令人愉悦的果香与酒香且酒体丰满圆润。由此选择物料比(柑橘汁:枸杞汁)1:2用于后续试验。

### 2.1.3 酿酒酵母接种量对柑橘枸杞复合果酒感官评分的影响

设定初始糖度28%、柑橘汁与枸杞汁比例1:2、发酵温度25℃,分别考察酿酒酵母接种量(1%、3%、5%、7%、9%)对柑橘枸杞复合果酒感官评分的影响,结果见图3。

由图3可知,随着试验中酿酒酵母接种量的增加,柑橘

枸杞复合果酒的感官评分呈现出先增加后减少的趋势。当酿酒酵母接种量为5%时,柑橘枸杞复合果酒的感官评分达到最高,为(86.8±0.7)分。酵母菌在发酵过程中能将可发酵性糖转化为二氧化碳和乙醇,同时还会产生一些醇、醛、酸、酯等香味物质<sup>[3]</sup>。当酵母菌接种量低于5%时,会造成酿酒原料不能完全发酵,进而使柑橘枸杞复合果酒出现酒精味不明显、酒香不突出等不良现象。当酵母菌的接种量超过5%时,柑橘枸杞复合果酒的口感偏酸且酒香不浓郁,这可能是酵母菌接种量过大造成酵母菌大量生长繁殖消耗了较多的可发酵性糖,并将部分乙醇转换成酸类物质。所以选择酵母菌接种量为5%进行后续试验。

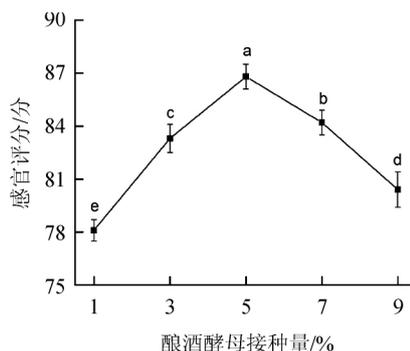


图3 酿酒酵母接种量对柑橘枸杞复合果酒感官评分的影响

Fig. 3 Effect of *Saccharomyces cerevisiae* inoculum on sensory evaluation of orange-wolfberry compound fruit wine

### 2.1.4 发酵温度对柑橘枸杞复合果酒感官评分的影响

设定初始糖度28%、物料比1:2、酿酒酵母接种量5%,分别记录发酵温度(21℃、23℃、25℃、27℃、29℃)对柑橘枸杞复合果酒感官评分的影响,结果见图4。

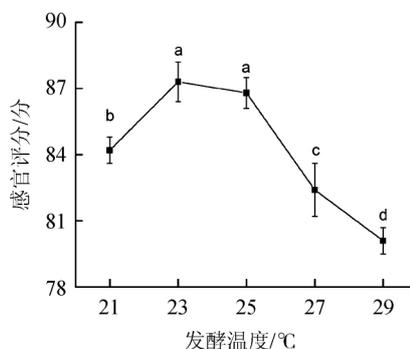


图4 发酵温度对柑橘枸杞复合果酒感官评分的影响

Fig. 4 Effect of fermentation temperature on sensory evaluation of orange-wolfberry compound fruit wine

由图4可知,当柑橘枸杞复合果酒的发酵温度为23℃时,柑橘枸杞复合果酒的感官评分最高,为(87.3±0.9)分。当发酵温度低于23℃时,酵母菌的生长代谢受到一定的抑制复合果酒酒体略显寡淡,香味不浓郁。当温度高于23℃

时,酵母菌的生长代谢较为活跃,使其发酵周期相对缩短,在此过程中反而不利于风味物质的形成。因此,选择发酵温度为23℃进行后续试验。

2.2 柑橘枸杞复合果酒发酵工艺条件优化响应面试验结果

在单因素试验的基础上,以柑橘枸杞复合果酒的感官评分(Y)为响应值,根据Box-Behnken中心组合试验设计原理,通过Design Expert 8.0.6软件设计响应面法试验,考察初始糖度(A)、物料比(B)、酿酒酵母接种量(C)、发酵温度(D)4个因素对柑橘枸杞复合果酒感官评分的影响,响应面试验结果与分析见表3,方差分析见表4。

表3 柑橘枸杞复合果酒酿造工艺条件优化响应面试验设计及结果  
Table 3 Design and results of response surface experiments for fermentation process optimization of orange-wolfberry compound fruit wine

试验号	A 初始糖度/%	B 物料比	C 酿酒酵母接种量/%	D 发酵温度/℃	Y 感官评分/分
1	25	1:2	5	21	77.8
2	28	1:2	3	21	80.7
3	28	1:2	5	23	89.7
4	28	1:2	5	23	88.1
5	28	1:3	7	23	83.9
6	25	1:3	5	23	84.4
7	25	1:2	7	23	78.7
8	28	1:1	3	23	84.8
9	31	1:3	5	23	79.9
10	28	1:2	7	21	79.0
11	25	1:2	3	23	82.4
12	31	1:2	3	23	83.1
13	31	1:2	7	23	81.3
14	28	1:3	3	23	79.6
15	28	1:2	5	23	86.9
16	28	1:2	5	23	87.1
17	28	1:2	5	23	88.7
18	28	1:1	7	23	77.1
19	28	1:3	5	25	84.7
20	31	1:2	5	25	79.7
21	31	1:1	5	23	80.4
22	25	1:2	5	25	81.1
23	28	1:1	5	25	79.0
24	28	1:2	7	25	80.1
25	28	1:1	5	21	80.6
26	28	1:2	3	25	82.0
27	31	1:2	5	21	80.4
28	28	1:3	5	21	80.3
29	25	1:1	5	23	85.0

经Design Expert 8.0.6软件对表3中的数据进行多元回

归拟合,得到柑橘枸杞复合果酒感官评分的回归方程:

$$Y=88.10-0.38A+0.49B-1.04C+0.65D+0.025AB+0.48AC-1.00AD+3.00BC+1.50BD-0.05CD-3.36A^2-2.67B^2-3.55C^2-4.46D^2$$

表4 回归模型的方差分析  
Table 4 Variance analysis of regression model

方差来源	平方和	自由度	均方	F值	P值	显著性
模型	289.42	14	20.67	7.83	0.000 2	**
A	1.76	1	1.76	0.67	0.427 3	
B	2.9	1	2.9	1.1	0.312 2	
C	13.02	1	13.02	4.93	0.043 3	*
D	5.07	1	5.07	1.92	0.187 4	
AB	2.50E-03	1	2.50E-03	9.48E-04	0.975 9	
AC	0.9	1	0.9	0.34	0.568 0	
AD	4	1	4	1.52	0.238 5	
BC	36	1	36	13.64	0.002 4	**
BD	9	1	9	3.41	0.086 0	
CD	0.01	1	0.01	3.79E-03	0.951 8	
A <sup>2</sup>	73.16	1	73.16	27.73	0.000 1	**
B <sup>2</sup>	46.27	1	46.27	17.54	0.000 9	**
C <sup>2</sup>	81.55	1	81.55	30.91	<0.000 1	**
D <sup>2</sup>	128.93	1	128.93	48.86	<0.000 1	**
残差	36.94	14	2.64			
失拟项	31.58	10	3.16	2.36	0.212 1	
纯误差	5.36	4	1.34			
总离差	326.36	28				

注:“\*”表示对结果影响显著(P<0.05);“\*\*”表示对结果影响极显著(P<0.01)。

由表4可知,模型极为显著(P<0.01),且失拟项检验不显著(P>0.05),表明未知因素对试验结果的干扰较小,该试验模型充分拟合试验数据,可以用于确定柑橘枸杞复合果酒酿造的最佳工艺<sup>[20-24]</sup>。4个因素对柑橘枸杞复合果酒感官评分影响的主次顺序依次为C>D>B>A,即酵母菌接种量>发酵温度>物料比>初始糖度,其中二次项A<sup>2</sup>、B<sup>2</sup>、C<sup>2</sup>、D<sup>2</sup>对结果影响极显著(P<0.01),一次项C对结果影响显著(P<0.05),交互项BC对结果影响极显著(P<0.01),其他项则对结果影响不显著(P>0.05)。

根据柑橘枸杞复合果酒感官评分回归方程得出不同因子的响应面分析图,结果见图5。

根据响应面图曲面坡度越陡峭表示两因素交互作用对结果影响越大的理论<sup>[25-30]</sup>。由图5可知,因素B与因素C之间所形成的响应面曲面坡度在两因素交互作用响应面图中最为陡峭,即因素B与因素C之间的交互作用对复合果酒感官评分的影响最大。该结果与表4方差分析所得的物料比与酵母菌接种量之间的交互作用对复合果酒感官评分的影响极显著(P<0.01)的结论相吻合。

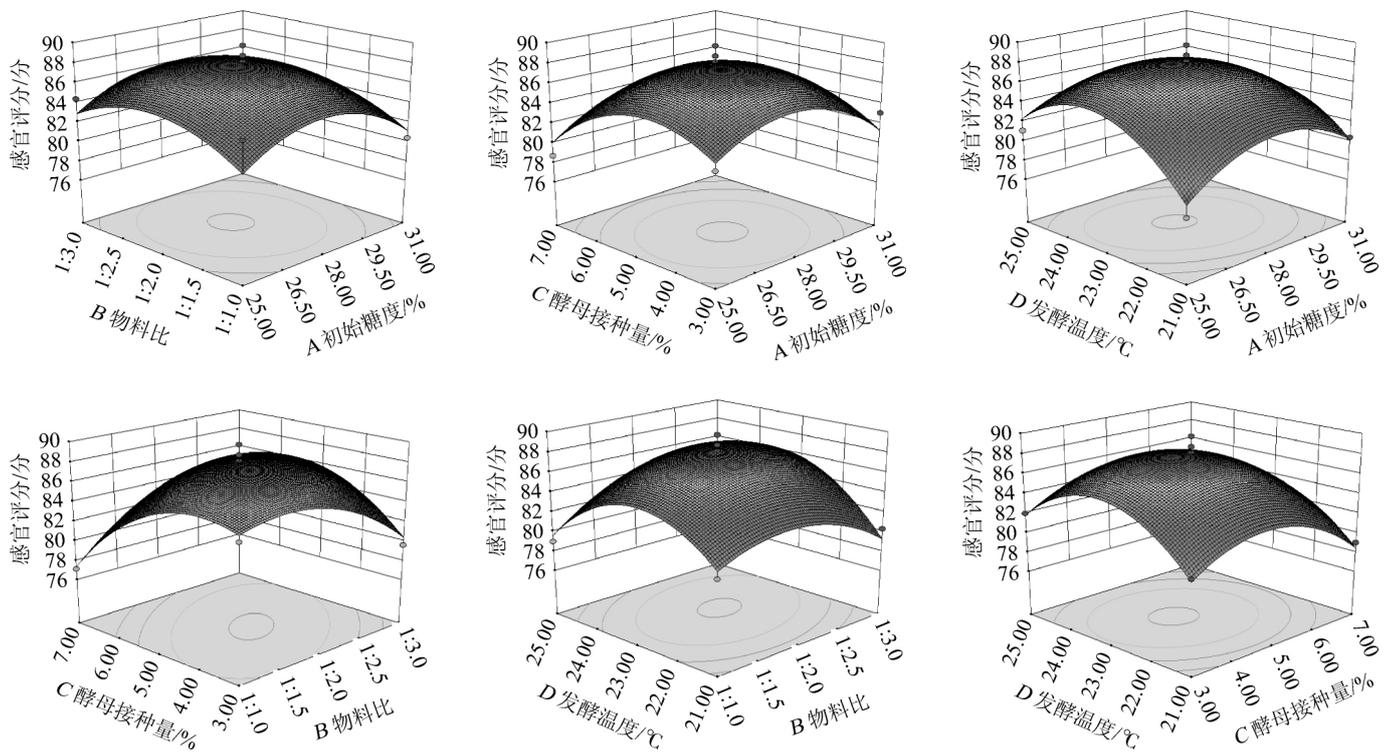


图5 初始糖度、物料比、接种量、发酵温度交互作用对柑橘枸杞复合果酒感官评分影响的响应曲面及等高线

Fig. 5 Response surface plots and contour line of effects of interaction between initial sugar content, material ratio, inoculum and fermentation temperature on sensory evaluation of orange-wolfberry compound fruit wine

通过Design Expert 8.0.6软件分析确定柑橘枸杞复合果酒的最佳发酵工艺条件为初始糖度27.76%、物料比1:2.04、酿酒酵母接种量4.73%及发酵温度23.18℃,在此优化条件下,柑橘枸杞复合果酒感官评分的理论值为90.58分。为便于实际操作,将柑橘枸杞复合果酒的最佳发酵工艺条件改为初始糖度28%、物料比1:2、酿酒酵母接种量5%及发酵温度23℃,在此最优发酵工艺条件下,验证得到柑橘枸杞复合果酒的感官评分为(90.8±0.9)分,与理论值相近,证明该模型合理可靠。

### 2.3 柑橘枸杞复合果酒理化指标

在最优发酵条件下得到的柑橘枸杞复合果酒总糖为10.5 g/L,总酸为0.74 g/100mL,酒精度为6.9%vol,干浸出物为33.5 g/L。

### 3 结论

经过响应面试验得到柑橘枸杞复合果酒的最优酿造条件为:将鲜榨的柑橘汁与枸杞汁按照1:2的比例进行混合,调整初始糖度为28%与pH值为6.0,随后加入亚硫酸钠0.02%,分装入发酵瓶中巴氏灭菌30 min。按5%的接种量接入经扩大培养后的酵母菌悬液,于23℃条件下发酵,发酵前3 d定时排气,观察到无气泡产生后主发酵完成,倒桶后低温贮存。在此条件下可获得色泽亮黄、澄清透明、果香与酒香浓郁且和谐、酒体丰满、爽口、风格幽雅无缺的柑橘枸杞复合

果酒,其感官评分为90.8分,酒精度为6.9%vol。

### 参考文献:

- [1] 罗佳丽,王雪莹,王孝荣,等.甜橙果酒酵母筛选及发酵性能[J].食品科学,2013,34(11):222-227.
- [2] ARULKUMAR M, SATHISHKUMAR P, PALVANNAN T. Optimization of Orange G dye adsorption by activated carbon of *Thespesia populnea* pods using response surface methodology[J]. *J Hazard Mater*, 2011, 186(1): 827-834.
- [3] 刘琨毅,王琪,郑佳,等.复合抗氧化剂在柑橘-枸杞果酒中应用效果研究[J].中国酿造,2017,36(1):120-125.
- [4] 李锐,冯奎,吴婧,等.不同来源酿酒酵母对柑橘果酒香气成分的影响[J].食品科学,2010,31(17):206-213.
- [5] 刘琨毅,申俊刚,王琪,等.发酵温度对柑橘-枸杞复合果酒品质的影响[J].食品工业,2017,38(11):23-28.
- [6] 朱莉静.市场槽点 经作崛起,四川柑橘“大跃进”[J].营销界(农资与市场),2018(14):31-32.
- [7] 刘琨毅,王琪,郑佳,等.不同柑橘品种对柑橘果酒香气成分的影响[J].食品工业科技,2018,39(10):275-279.
- [8] 颜雪辉,吕梅,史路路,等.柑橘酒酿造工艺研究[J].中国酿造,2013,32(11):98-101.
- [9] 马胤鹏,曾竟蓝,曾璐,等.柑橘酒中苦味物质及其脱苦技术的研究进展[J].农产品加工,2017(9):58-61.
- [10] 刘波.野生山里红与山楂复合果酒的优化工艺[J].食品研究与开发,2015,36(8):61-64.
- [11] 刘琨毅,王琪,郑佳,等.基于HS-SPME-GC-MS剖析三种柑橘-葡萄

- 酒的香气成分[J]. 中国食品添加剂, 2017(12): 72-78.
- [12] 李娜, 孙波. 蓝莓枸杞发酵酒的生产工艺研究[J]. 酿酒, 2015, 42(6): 103-104.
- [13] 赵晓梅, 吴玉鹏, 王旭辉, 等. 不同采摘期对枸杞果实性状和品质的影响[J]. 西南农业学报, 2015, 28(2): 772-777.
- [14] 陈丽丽, 张忠山. 不同产地枸杞多糖含量的比较研究[J]. 中国现代医生, 2014(26): 71-73.
- [15] 周艳华, 李涛, 覃世民, 等. 枸杞活性成分提取分离方法研究进展[J]. 食品研究与开发, 2014, 35(24): 163-166.
- [16] 中华人民共和国卫生部. GB/T 5009.1—2003 食品卫生检测方法 理化部分 总则[S]. 北京: 中国标准出版社, 2004.
- [17] 中华人民共和国国家质量监督检验检疫总局. GB/T 12456—2008 食品中总酸的测定[S]. 北京: 中国标准出版社, 2008.
- [18] 中华人民共和国国家卫生和计划生育委员会. GB 5009.225—2016 食品安全国家标准 酒中乙醇浓度的测定[S]. 北京: 中国标准出版社, 2016.
- [19] 中华人民共和国国家质量监督检验检疫总局. GB/T 15038—2006 葡萄酒、果酒通用分析方法[S]. 北京: 中国标准出版社, 2006.
- [20] 刘治心, 张婉滢, 李湘利, 等. 响应面法优化胡萝卜乳酸饮料的生产工艺及对 DPPH 的清除作用[J]. 中国乳品工业, 2018, 46(5): 53-57.
- [21] 蒋萌蒙, 贾彦杰, 钱志伟, 等. 响应面法优化香蕉山药酸奶发酵工艺研究[J]. 中国乳品工业, 2018, 46(6): 51-54.
- [22] 单静, 常小静, 康晓静, 等. 高活菌型羊牛奶混合发酵乳的工艺优化[J]. 中国乳品工业, 2018, 46(6): 46-50.
- [23] 刘琨毅, 王琪, 王卫, 等. 茶多酚对低盐中式腊肠防腐保鲜的影响[J]. 肉类研究, 2018, 32(3): 34-39.
- [24] 侯学敏, 李林霞, 张直峰, 等. 响应面法优化薄荷叶总黄酮提取工艺及抗氧化活性[J]. 食品科学, 2013, 34(6): 124-128.
- [25] LV Z Y, YANG Y W, WANG J, et al. Optimization of the preparation conditions of borneol-modified ginkgolide liposomes by response surface methodology and study of their blood brain barrier permeability [J]. **Molecules**, 2018, 23(2): 303-317.
- [26] RUAN H S, ZHANG H F, TENG K. Optimization of microwave-assisted extraction of silymarin from *Silybum marianum* straws by response surface methodology and quantification by high-performance liquid chromatograph method[J]. **Pharmacogn Mag**, 2018, 14(53): 22-26.
- [27] 姚笛, 马萍, 王颖, 等. 响应面法优化玉米芯中木聚糖的提取工艺[J]. 食品科学, 2011, 32(8): 111-115.
- [28] 黄健, 王琪, 刘琨毅, 等. 响应面法优化薏仁米酒生料酿造工艺[J]. 食品研究与开发, 2018, 39(16): 104-109.
- [29] THUONG N N P, THIEN H T, HONG N L T, et al. Application of response surface methodology to optimize the process of saponification reaction from coconut oil in Ben Tre-Vietnam[J]. **Solid State Phenom**, 2018, 279: 235-239.
- [30] BELHACHAT D, MEKIMENE L, BELHACHAT M, et al. Application of response surface methodology to optimize the extraction of essential oil from ripe berries of, *Pistacia lentiscus*, using ultrasonic pretreatment [J]. **J Appl Res Med Aromat Plants**, 2018, 9: 132-140.