

圣女果酒加工工艺研究

黄娇丽, 罗程, 朱双, 陈庆金, 麦馨允
(百色学院 农业与食品工程学院, 广西 百色 533000)

摘要: 以圣女果汁为原料, 通过单因素试验和正交试验, 探索不同种类发酵剂、不同发酵剂接种量、不同 SO_2 添加量、不同发酵温度以及不同糖添加量对圣女果酒主发酵的影响, 结果表明, 较佳的高品质圣女果酒主发酵生产工艺条件为: 最佳的发酵剂为葡萄酒酵母, 酵母添加量为 0.02 %, SO_2 浓度为 70 mg/L, 发酵温度为 20 $^{\circ}\text{C}$, 糖添加量为 25 %, 在该较优条件下进行主发酵得到的圣女果酒感官较好。

关键词: 圣女果; 圣女果酒; 发酵工艺; 正交试验

Research on the Processing Technology of Cherry Tomato Wine

HUANG Jiao-li, LUO Cheng, ZHU Shuang, CHEN Qing-jin, MAI Xin-yun

(College of Agriculture and Food Engineering, Baise University, Baise 533000, Guangxi, China)

Abstract: The main fermentation technology was optimized by signal factor and orthogonal tests, with fresh tomatoes as raw material. Types of yeast, yeast dosage, the concentration of SO_2 , sugar adding quantity and fermentation temperature influence on cherry tomatoes main fermentation process were researched. The results showed that the cherry tomatoes main fermentation better process conditions were yeast for grape wine yeast, yeast addition of 0.02 %, SO_2 concentration of 70 mg/L, fermentation temperature 20 $^{\circ}\text{C}$ and the amount of sugar added to 25 %. Under the condition of the better would be delicious cherry fruit wine.

Key words: cherry tomato; cherry tomato wine; fermentation; orthogonal test

引文格式:

黄娇丽, 罗程, 朱双, 等. 圣女果酒加工工艺研究[J]. 食品研究与开发, 2019, 40(5): 111-117

HUANG Jiaoli, LUO Cheng, ZHU Shuang, et al. Research on the Processing Technology of Cherry Tomato Wine [J]. Food Research and Development, 2019, 40(5): 111-117

圣女果又可叫小西红柿, 中文名为樱桃番茄^[1], 圣女果可以作为菜类食用又可以作为生果, 果肉的味道酸甜可口、营养丰富, 颜色艳丽饱满, 果实内部包含全部普通番茄里含有的营养, 它的维生素类成分含量相对普通番茄要高, 被联合国粮农组织列为优先推广的“四大水果”之一^[2]。圣女果是一种高营养类型的蔬果, 圣女果果肉中含有糖分、果胶、番茄红素^[3]、矿物质^[4]、胡萝卜素、蛋白质、以及维生素 B₁、维生素 B₂^[5]。以圣女果为原料, 研究酵母菌种及添加量、白砂糖添加量、 SO_2

浓度和发酵温度对圣女果酒发酵的影响, 为圣女果酒在倍受青睐的保健类绿色果酒领域里占有一席之地打下基础, 提高经济效益。

1 材料与仪器

1.1 材料

圣女果、白砂糖: 市售; 甜酒曲、葡萄酒酵母、活性干酵母: 安琪酵母股份有限公司; 调硫片: 烟台帝伯仕自酿机有限公司。

1.2 仪器与设备

HH-S6 电热恒温水浴锅: 常州国华电器有限公司; DHG-9030A 电热恒温干燥箱、LRH-1000F 生化恒温培养箱: 上海一恒科学仪器有限公司; WAY-2W 阿

基金项目: 广西自然科学基金项目(2017JJB130027); 广西教育厅项目(2018KY0576)

作者简介: 黄娇丽(1988—), 女(壮), 讲师, 硕士研究生, 研究方向: 农产品加工及贮藏。

贝折射仪:上海天垒仪器仪表有限公司;JYL-C93T 榨汁机:九阳;XY-M 系列精密电子台秤:上海高致精密仪器有限公司;数显 PHS-25:上海雷磁仪器有限公司;L6S 紫外可见分光光度计:上海仪电分析仪器有限公司。

2 方法

2.1 圣女果酒主发酵工艺流程

圣女果→清洗→去梗→烫漂→组织破碎→50℃果胶酶处理4h醇解活化→过滤→调配→灭菌→添加酵母→主发酵→装瓶→后发酵→陈酿

2.1.1 操作要点

2.1.1.1 圣女果的筛选

选择新鲜成熟无病害的鲜红的圣女果,以保证成品酒的品质。

2.1.1.2 圣女果汁的制取

根据 SO_2 浓度大小向榨出来的圣女果汁中加入调硫片,以质量分数为 0.025% 的比例添加果胶酶,将两者充分溶于 10 mL 水中,加入榨汁破碎机中。取清洗好的圣女果称好重量后加入榨汁破碎机中,通电榨成浆水,调节恒温水浴锅温度为 50℃,并将果汁放在水浴中保温 4 h 后,利用滤布滤去果渣,获取澄清的原果汁。

2.1.1.3 圣女果汁的调配

圣女果含糖质量分数基本维持在 6.30%~7.88%,若圣女果仅依靠自身发酵则糖度较低。合理添加白糖提高发酵的酒度。可在加热的水中添加白糖并不断地搅拌制成糖浆:将 5 g 纯净水倒入 250 mL 烧杯中,煮沸后一边搅拌一边加白糖,直到使其完全溶解并形成糖浆;同时,糖与柠檬酸按 100:1(质量比)的比例进行添加,待糖全部消融后,加入澄清的圣女果汁,搅拌使其消融^[6]。pH 值范围为 5~6 时,更适合酵母的生长^[7],统一调节 pH 值为 5,在这样的 pH 值环境下酵母生长、繁衍和发酵都很快。在 pH 值过低时加入食用小苏打进行调整,pH 值过高时加入柠檬酸进行调整^[8]。

2.1.1.4 添加酵母

将浓度为 60 mg/L 的 SO_2 通入圣女果汁发酵液中,各自分别按 0.05% 的比例添加甜酒曲、葡萄酒酵母和活性干酵母,糖的添加量为 20%,做好防护措施,置于 25℃ 的生化培养箱中进行发酵,依据发酵液中相关的理化指标变化,来确定最适合的发酵剂种类。

2.1.1.5 主发酵

将添加发酵剂后的圣女果汁放入 20℃~30℃ 的生化培养箱中发酵,发酵 7 d,隔天测定发酵醪的 pH 值、

可溶性固形物含量、还原糖含量和乙醇含量。

2.2 品质鉴定

2.2.1 pH 值的测定

pH 值的测定采用 pH 计进行测定(pH 值测定法)^[9]。

2.2.2 可溶性固形物含量的测定

可溶性固形物含量采用 WAY-2W 阿贝折射仪(折光仪法)进行测定^[10]。

2.2.3 还原糖含量的测定

还原糖含量采用紫外可见分光光度计(3,5-二硝基水杨酸法)^[11]进行测定。

2.2.4 乙醇含量的测定

乙醇含量采用紫外可见分光光度计(重铬酸钾法)^[12]进行测定。

2.2.5 感官评定

邀请 5~10 名品酒员(酒精不过敏的男女)对圣女果酒主发酵的每个产品进行感官评价:观、嗅、尝,并按表 1 所给的评定标准对果酒的感官品质进行评定和给出建议,再根据其结果计算平均值,从而得出各产品的最终感官得分。

表 1 感官评价评分表

Table 1 Sensory evaluation score

评分标准	分数
酒样澄清,无沉淀悬浮物,果香浓郁,后味浓,柔和爽口,口感很好	9~10
酒样澄清,无沉淀悬浮物,果香较浓,后味较浓,柔和爽口,口感较好	8~8.9
酒样较澄清,无沉淀,无明显悬浮物,果香较浓,柔和爽口,口感较好	7~7.9
酒样澄清,无沉淀悬浮物,果香淡,后味清淡,柔和爽口,口感较好	6~6.9
酒样较澄清,无沉淀,无明显悬浮物,果香淡,无后味,口感一般	5~5.9
酒样较澄清,无明显沉淀、悬浮物,果香淡,无后味,口感一般	4~4.9
酒样略浑浊,有少许沉淀、悬浮物,无果香,无后味,口感较差	3~3.9
酒样浑浊,有较多沉淀、悬浮物,无果香,无后味,口感较差	2~2.9
酒样浑浊,有较多沉淀、悬浮物,无果香,无后味,口感很差	1~1.9
酒样浑浊严重,沉淀、悬浮物多,无果香,有酸败味,无后味,口感很差	0~0.9

2.3 试验设计

2.3.1 单因素试验确定最适的酵母种类、酵母添加量、 SO_2 添加量、发酵温度和糖的添加量

2.3.1.1 发酵剂种类的确定

在发酵温度为 25℃,糖添加量为 20%,调整 pH

值为 5.0,发酵剂添加量为 0.05 %,SO₂ 浓度为 60 mg/L,分别添加甜酒曲、葡萄酒酵母、活性干酵母的条件下进行主发酵 7 d,隔天测定不同种类发酵剂发酵的圣女果酒的 pH 值、可溶性固形物含量、还原糖含量和乙醇含量等指标。

2.3.1.2 发酵剂添加量的确定

在发酵温度为 25 ℃,糖添加量为 20 %,调整 pH 值为 5.0,SO₂ 浓度为 60 mg/L,发酵剂为葡萄酒酵母,葡萄酒酵母的接种量为别为 0.02 %、0.05 %、0.08 %的条件下进行主发酵 7 d,隔天测定不同种类发酵剂发酵的圣女果酒的 pH 值、可溶性固形物含量、还原糖含量和乙醇含量等指标。

2.3.1.3 SO₂ 添加量的确定

在发酵温度为 25 ℃,糖添加量为 20 %,调整 pH 值为 5.0,发酵剂为葡萄酒酵母,葡萄酒酵母的接种量为 0.05 %,SO₂ 浓度分别为 50、60、70 mg/L 的条件下进行主发酵 7 d,隔天测定不同种类发酵剂发酵的圣女果酒的 pH 值、可溶性固形物含量、还原糖含量和乙醇含量等指标。

2.3.1.4 发酵温度的确定

在糖添加量为 20 %,酵母剂为葡萄酒酵母,调整 pH 值为 5,发酵剂添加量为 0.05 %,SO₂ 浓度为 60 mg/L,发酵温度分别为 20、25、30 ℃的条件下进行主发酵 7 d,隔天测定不同种类发酵剂发酵的圣女果酒的 pH 值、可溶性固形物含量、还原糖含量和乙醇含量等指标。

2.3.1.5 糖添加量的确定

在发酵温度为 25 ℃,SO₂ 浓度为 60 mg/L,发酵剂为葡萄酒酵母,调整 pH 值为 5,发酵剂添加量为 0.05 %,糖的添加量分别为 15 %、20 %、25 %的条件下进行主发酵 7 d,隔天测定不同种类发酵剂发酵的圣女果酒的 pH 值、可溶性固形物含量、还原糖含量和乙醇含量等指标。

2.3.2 正交试验优化圣女果酒主发酵工艺参数

为确定圣女果酒发酵的工艺参数,在单因素基础上以生成的乙醇含量和感官评定作为试验指标,通过三因素三水平正交试验优化白砂糖含量、SO₂ 含量、发酵剂添加量、发酵温度参数。因素水平见表 2。

表 2 正交试验因素表

Table 2 Factors and levels used in orthogonal array design

水平	A 白砂糖 添加量/%	B SO ₂ 添加 量/(mg/L)	C 酵母 添加量/%	D 发酵 温度/℃
1	15	50	0.02	20
2	20	60	0.05	25
3	25	70	0.08	30

3 结果与分析

3.1 发酵剂种类的确定

选择合适的发酵剂对酿出优良酒质的果酒有重要意义^[13]。判断是否是合适的发酵酵母的依据是具有发酵底物能力强,发酵启动快,酒精产率高,酿造的果酒有良好的风味等特征^[14]。甜酒曲、葡萄酒酵母、活性干酵母 3 种发酵剂试验结果见图 1、表 3。

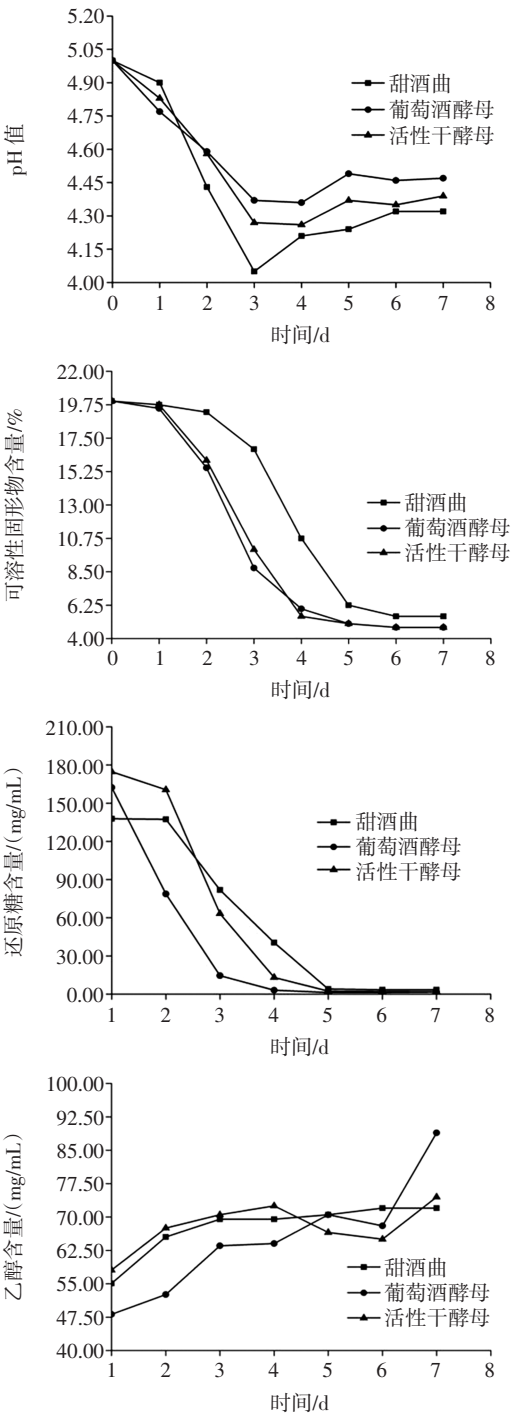


图 1 发酵剂种类对圣女果酒主发酵的影响

Fig.1 Effect of yeast species on the primary fermentation of cherry tomato wine

表3 不同发酵剂种类发酵性能比较

Table 3 Comparison of fermentability of different yeast species

发酵剂种类	发酵时间/d	乙醇含量/(mg/mL)	感官评分
甜酒曲	7	71.99	7.42
葡萄酒酵母	7	88.91	8.00
活性干酵母	7	74.48	7.38

由图1、表3可知,随着发酵时间的延长,酵母数量的增加,发酵液中的糖含量降低,乙醇含量逐渐升高。葡萄酒酵母在2 d~3 d之间糖含量减少幅度增大,而乙醇含量增加幅度提高,说明发酵启动快,发酵至第7天,乙醇含量在3种酵母发酵中最高,说明发酵底物能力强,酒精产率高,感官评价评分最高,说明发酵的果酒具有良好的风味。因此,选用葡萄酒酵母作为发酵圣女果酒的发酵菌种。

3.2 发酵剂添加量的确定

圣女果若不添加酵母,亦可自然发酵成果酒,但圣女果自然携带的酵母不易控制,发酵的不同批次的果酒质量不稳定,为获得质量稳定一致的圣女果酒,应添加优良的纯酵母进行培养发酵^[5]。不同的发酵剂添加量对果酒发酵的影响也不一样。不同发酵剂添加量的发酵结果比较见表4,酵母添加量对圣女果酒主发酵的影响见图2。

由图2可知,其中0.08%发酵剂添加量的pH值变化、还原糖含量变化都明显于其他两种发酵剂添加量的发酵数据变化,且发酵最为迅速。0.02%酵母添加量和0.05%发酵剂添加量的发酵数据变化相对接近,

表4 不同发酵剂添加量的发酵结果比较

Table 4 Comparison of fermentability of different yeast addition levels

发酵剂添加量/%	发酵时间/d	乙醇含量/(mg/mL)	感官评分
0.02	7	77.96	8.03
0.05	7	62.54	7.87
0.08	7	69.50	7.88

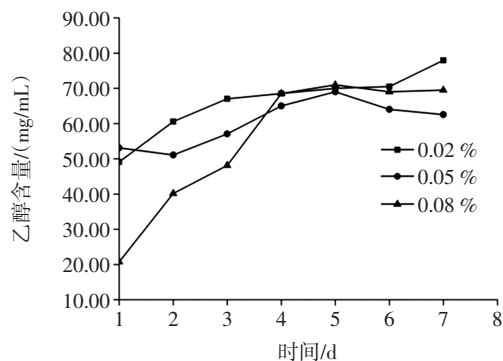
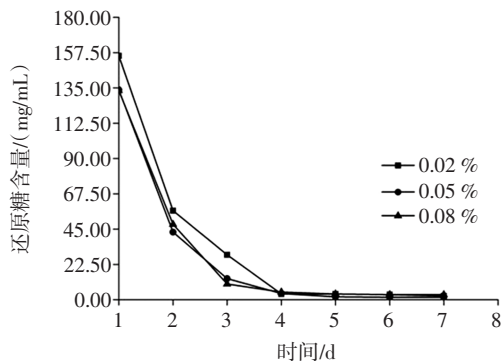
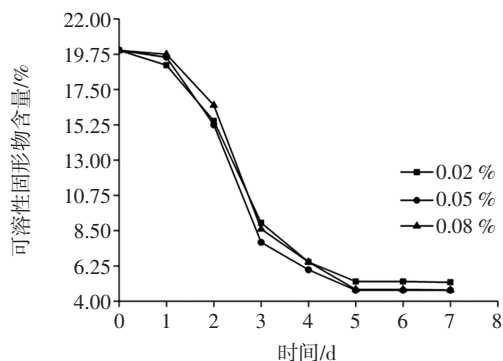
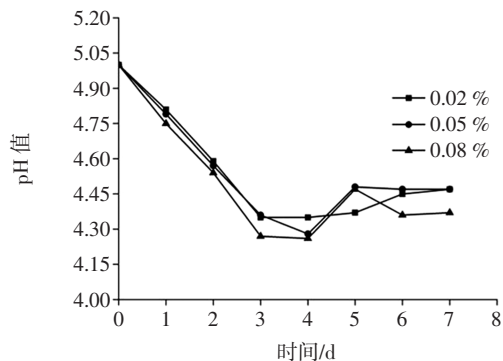


图2 发酵剂添加量对圣女果酒主发酵的影响

Fig.2 Effect of yeast addition levels on the primary fermentation of cherry tomato wine

皆在第4天之后反应进程逐渐稳定,发酵剂发酵接近尾声。由表4可知,当发酵剂添加量为0.02%时,其果酒的乙醇含量相对较高,感官评分也最高。

3.3 SO₂添加量的确定

不同SO₂添加量的发酵结果比较见表5,SO₂添加量对圣女果酒主发酵的影响见图3。

表5 不同SO₂添加量的发酵结果比较Table 5 Comparison of fermentability of different SO₂ addition levels

SO ₂ 添加量/(mg/L)	发酵时间/d	乙醇含量/(mg/mL)	感官评分
50	7	81.94	8
60	7	80.45	7.5
70	7	65.52	8.07

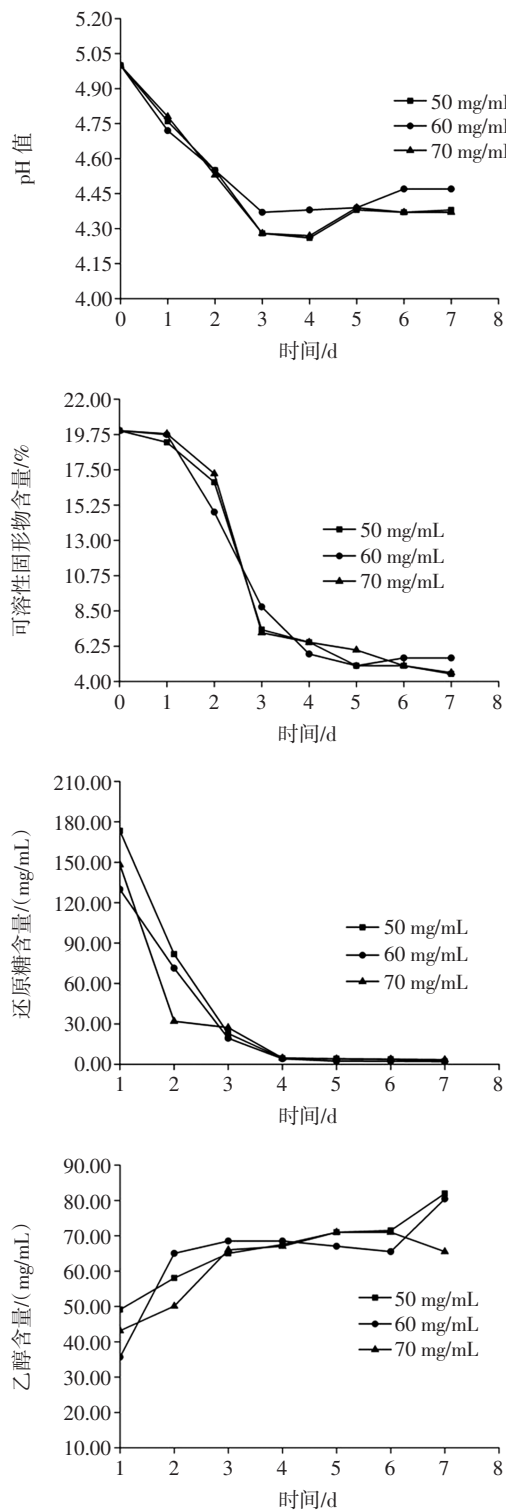


图3 SO₂添加量对圣女果酒主发酵的影响

Fig.3 Effect of SO₂ addition levels on the primary fermentation of cherry tomato wine

由图3可知,SO₂浓度为50 mg/L和70 mg/L的数据变化相对接近,而SO₂浓度为60 mg/L时发酵果汁产酸的速率略微低于其他两种浓度;SO₂浓度对糖的利用无明显区别,而SO₂浓度为70 mg/L利用还原糖的速率

较其他两种浓度略高。整个发酵在第4天之后逐步减慢并趋于稳定状态而停止。当SO₂浓度为70 mg/L,在第6天~第7天期间酒精量略有下降,可能的原因为检测过程中酒精的自然蒸发。SO₂浓度为60 mg/L时产酒精的速率为最高,SO₂浓度为50 mg/L和60 mg/L最终产出的酒精量基本一致,而SO₂浓度为50 mg/L时产出的酒精量最多。可见该范围内的SO₂浓度对果汁发酵并无太大影响。经品鉴员对3瓶酒样进行品尝,当SO₂浓度为70 mg/L时综合得分为8.07,在这三者中为最高。

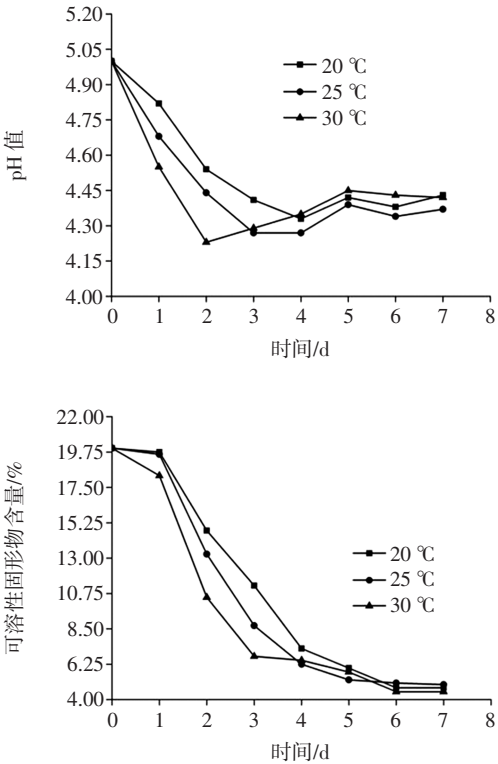
3.4 发酵温度的确定

不同发酵温度的发酵结果比较见表6,发酵温度对圣女果酒主发酵的影响见图4。

表6 不同发酵温度的发酵结果比较

Table 6 Comparison of fermentability of different fermentation temperatures

发酵温度/℃	发酵时间/d	乙醇含量/(mg/mL)	感官评分
20	7	73.98	7.5
25	7	66.02	7.18
30	7	69.00	7.83



由图4可以知,当发酵温度为30 °C时,果汁产酸、耗糖速度以及产酒精的速度是最快的,发酵反应也最为剧烈,此中温度为20 °C时整个果汁的发酵过程最慢,但最终产生的酒精量最多。整个发酵在第4天之

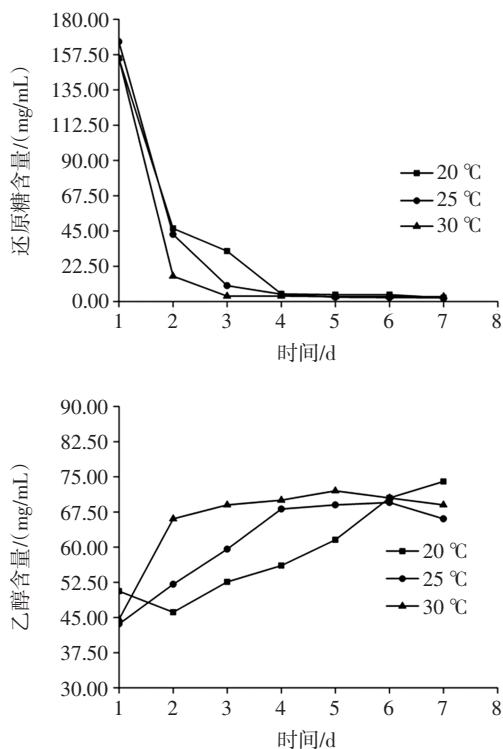


图4 发酵温度对圣女果酒主发酵的影响

Fig.4 Effect of fermentation temperatures on the primary fermentation of cherry tomato wine

后逐步减慢并趋于稳定状态而停止。经感官评价,当发酵温度为 30 °C 时综合得分为 7.83,在这三者中为最高。

3.5 糖添加量的确定

不同白糖添加量的发酵结果比较见表 7,不同白糖添加量对圣女果酒主发酵的影响见图 5。

表 7 不同白糖添加量的发酵结果比较

Table 7 Comparison of fermentability of different sugar addition levels

白糖添加量/%	发酵时间/d	乙醇含量/(mg/mL)	感官评分
15	7	51.59	8.1
20	7	85.42	7.53
25	7	113.28	8.25

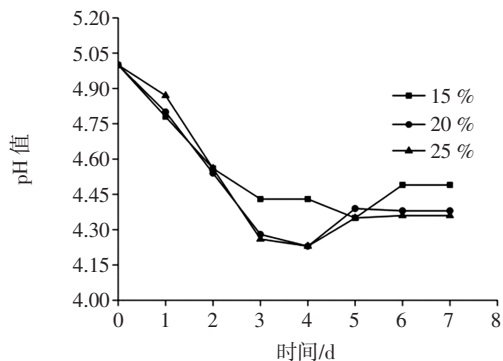


图5 糖添加量对圣女果酒主发酵的影响

Fig.5 Effect of sugar addition levels on the primary fermentation of cherry tomato wine

由图 5 可知,当糖添加量为 20 %或 25 %时,果汁产酸的速率基本相同,而糖添加量为 15 %时产酸的速率最慢;糖添加量为 25 %时耗糖速率最低,而糖添加量为 15 %时耗糖速率最高;糖添加量为 25 %时产酒精的速率最高,最终产酒精量也是最多,而糖添加量为 15 %时产酒精的速率最低且产酒精量为最少。整个发酵在第 5 天之后逐步减慢并趋于稳定状态而停止。经感官评价,当糖添加量为 25 %时综合得分为 8.25,在这三者中为最高。

3.6 主发酵工艺的正交试验结果

优化主发酵工艺的试验结果见表 8。

由表 8 可知,就 A 因素而言,对乙醇和感官评价的影响均排在第一位,属于主要因素,A₃ 发酵的圣女

表 8 圣女果发酵条件正交试验结果分析
Table 8 Analysis of orthogonal test result of the fermentation conditions of cherry tomato

试验号	A 白砂糖添加量/%	B SO ₂ 添加量/(mg/L)	C 酵母添加量/%	D 发酵温度/℃	乙醇含量/(mg/mL)	感官评定得分(满分 10 分)
1	15	50	0.02	20	80.05	6.78
2	15	60	0.05	25	72.09	6.85
3	15	70	0.08	30	72.68	7.50
4	20	50	0.05	30	99.65	7.20
5	20	60	0.08	20	103.08	6.75
6	20	70	0.02	25	113.22	7.20
7	25	50	0.08	25	107.19	7.20
8	25	60	0.02	30	111.46	8.05
9	25	70	0.05	20	128.79	8.33
乙醇含量	K ₁	74.940	95.630	101.577	103.973	
	K ₂	105.317	95.543	100.177	97.500	
	K ₃	115.813	104.897	94.317	94.597	
	R	40.873	9.353	7.260	9.377	
感官评价	K ₁	7.043	7.060	7.343	7.287	
	K ₂	7.050	7.217	7.460	7.083	
	K ₃	7.860	7.677	7.150	7.583	
	R	0.817	0.617	0.310	0.500	

果的酒精含量和感官评价都是最高的,原因可能是圣女果本身的含糖量较低,因此,选择白砂糖的添加量为 25 %。

B 因素对酒精含量的影响排第三位,对感官评价的影响排第二位,属于次要因素,B₃产生的酒精含量和感官评价均最高,所以选择 70 mg/L。

C 因素对酒精含量和感官评价的影响排在第四位,属于最次要因素,C₁产生的酒精含量最高,C₂的感官评价最高,由于 C 是最次要因素,因此选择葡萄酒酵母添加量为 0.02 %最经济。

D 因素对酒精含量的影响排第二位,对感官评价的影响排第三位,属于次要因素,D₁产生酒精量最高,D₃的感官评价最高,D₁的感官评价排第二位,因此选择发酵温度为 20 ℃。

综合分析,圣女果酒最佳工艺参数为 A₃B₃C₁D₁,经验证试验得到该工艺参数下得到的果酒质量为最优,即圣女果果汁加入 25 %的白砂糖,经过 70 mg/L 的 SO₂ 处理后,加入 0.02 %的葡萄酒酵母,经 20 ℃发酵后得到品质良好的圣女果酒。试验研究结果与叶华^[16]的研究有些差异。

4 结论

通过比较甜酒曲、葡萄酒酵母、活性干酵母对发

酵圣女果酒品质的影响,选择产酒能力较强,耐高浓度 SO₂ 的葡萄酒酵母作为圣女果酒发酵的菌种,可得到品质良好的圣女果酒。

经过单因素和正交试验分析,圣女果酒主发酵的最佳工艺参数为:圣女果果汁加入 25 %的白砂糖,经过 70 mg/L 的 SO₂ 处理后,加入 0.02 %的葡萄酒酵母,经 20 ℃发酵 7 d 后得到品质良好的圣女果酒。

参考文献:

[1] 王天陆.低糖圣女果果酱的研制[J].粮油食品科技,2007(6): 53-54

[2] 孙小凡,郭采平,朱明霞,等.圣女果营养保健豆腐的工艺研究[J].粮油食品科技,2010,18(2): 10-15

[3] László Sipos, Csaba Orbán, Ildikó Bálint, et al. Colour parameters as indicators of lycopene and antioxidant activity traits of cherry tomatoes (*Solanum lycopersicum* L.)[J]. European Food Research and Technology,2017,243(9): 1533-1543

[4] Francelina Costa, Maria de Lurdes Baeta, David Saraiva, et al. Evolution of Mineral Contents in Tomato Fruits During the Ripening Process After Harvest[J]. Food Analytical Methods,2011,4(3): 410-415

[5] 李文斌,孙红艳,沈金艳,等.火龙果-圣女果复合饮料制取工艺研究[J].食品工业,2015,36(5): 109-112

[6] 张志敬.猕猴桃果酒的研制[J].食品研究与开发,2002,23(5): 38-39.

[7] 杨汝德.现代工业微生物学教程[M].北京:高等教育出版社,2006: 91-93

[8] 戴桂芝,王兆玉,李燕.影响果酒发酵质量因素及其控制措施[J].保鲜与加工,2003(4): 56-61

[9] 凌恩伟,赵新华,谢继红.如何正确使用 pH 计[J].计量技术,2002(7): 8-9

[10] 张延滨,秦洪波,魏巍.用阿贝折射仪测定糖浓度[J].黑龙江医药,1996,1(24): 12-13

[11] 赵凯,许鹏举,谷光桦.3,5-二硝基水杨酸比色法测定还原糖含量的研究[J].食品科学,2009(8): 5-7

[12] 林仁权,胡文兰,陈国亮.重铬酸钾氧化分光光度法测定酒中乙醇含量[J].浙江预防医学,2006(18): 5

[13] Sabina Lachowicz, Aneta Wojdylo, Joanna Chmielewska, et al.The influence of yeast type and storage temperature on content of phenolic compounds, antioxidant activity, colour and sensory attributes of chokeberry wine[J].European Food Research and Technology,2017, 243(12): 2199-2209

[14] Dipak Baidya, Ivi Chakraborty, Jayanta Saha. Table wine from tropical fruits utilizing natural yeast isolates[J]. Journal of Food Science and Technology,2016,53(3): 1663-1669

[15] Juan Manuel, Del Fresno, Antonio Morata, et al. Use of non-Saccharomyces in single-culture, mixed and sequential fermentation to improve red wine quality[J]. European Food Research and Technology, 2017,243(12): 2175-2185

[16] 叶华.圣女果酒主发酵工艺研究[J].中国酿造,2011(4): 182-186