

丁岙杨梅果酒发酵工艺的优化

Study on the processing technology of Ding'ao *myrica rubra* wine

李彦坡¹ 黄高弟² 张阳¹ 徐静¹

LI Yan-po¹ HUANG Gao-di² ZHANG Yang¹ XU Jing¹

(1. 温州科技职业学院, 浙江 温州 325006; 2. 温州康隆杨梅专业合作社, 浙江 温州 325006)

(1. Wenzhou Vocational College of Science and Technology, Wenzhou, Zhejiang 325006, China;

2. Wenzhou Kanglong Myrica Rubra Cooperative, Wenzhou, Zhejiang 325006, China)

摘要:以温州丁岙杨梅为原料,采用单因素试验和 Box-Behnken 响应面设计优化杨梅果酒的发酵工艺条件。重点探讨果浆含量、发酵时间、发酵温度、果汁含糖量及酵母添加量对杨梅果酒发酵效果的影响。结果表明,丁岙杨梅果酒最佳工艺参数为:果浆含量 50%,发酵时间 5 d,发酵温度 27℃,果汁含糖量 18.6%,酵母培养液添加量 5.36%。该条件下制得的杨梅果酒较好地保持了丁岙杨梅特有的风味和色泽,酒体澄清透明,口感清新。

关键词:丁岙杨梅;果酒;发酵工艺

Abstract: Taking Ding'ao *myrica rubra* as materials, the process parameters of wine were optimized by single factor test and Box-Behnken response surface design. The effects were studied, such as juice content, fermentation time, fermentation temperature, sugar content and yeast adding amount. The results showed the optimal parameters that the juice content was 50%, fermentation time 5 d, fermentation temperature 29℃, sugar content 18.9% and yeast adding amount 5.15%, the *myrica rubra* wine has a unique aroma and color, the wine is clear and transparent, refreshing taste.

Keywords: Ding'ao *myrica rubra*; wine; fermentation process

杨梅已成为温州第一大水果,其产量占浙江杨梅的 1/4,占中国杨梅的 1/7^[1,2]。作为地理标志产品,丁岙杨梅是温州杨梅的主要品种,也是浙江省“四大杨梅”优良品种之一,具有独特的长果柄、蒂部有红色突起的“红盘绿蒂”,外观美丽。成熟的丁岙杨梅果实表面呈现紫红至黑紫色,肉柱顶端圆钝,肉质柔软多汁,酸甜适口,果汁可溶性固形物可达 10.5%以上^[3,4]。

杨梅属于浆果类水果,成熟期集中在夏季高温多雨季

节,采摘期短,极易变质,不耐贮运,有“一日味变,二日色变,三日质变”的说法,常温货架期仅 2~3 d,采后损耗严重,商品率低,鲜果上市期和銷售范围都受到很大的限制。尽管近年来低温冷库等贮藏保鲜得到一定发展,杨梅电商销售也逐步开展,但受杨梅鲜果上市期和銷售范围的限制,丰产区杨梅滞销现象越来越凸显^[5,6]。温州一带民间将杨梅浸酒饮食,可去暑解闷,而且对心胃气痛、肌肉关节酸痛和痢疾肠炎有较好的食疗效果^[7]。由于浸泡法对杨梅活性成分提取效率较低,而将杨梅鲜果经过清洗、破碎等处理后的果浆,进行直接发酵制得杨梅发酵酒,可以充分提取杨梅中的功效成分,且酒精含量较浸泡酒低,符合现代人们对“健康、保健”的需要。

目前关于杨梅发酵型果酒的相关报道较少,且发酵型杨梅果酒采用的酵母均为葡萄酒专用酵母或酿酒活性干酵母或实验室普通酵母^[8-11]。本试验拟从温州地区自然发酵杨梅汁中筛选适宜杨梅发酵的耐酸性好的优良酵母菌株,将其应用于温州杨梅果酒发酵,并优化其发酵工艺条件,旨为杨梅产业精深加工提供指导。

1 材料与方法

1.1 试验材料

新鲜杨梅:由温州康隆杨梅专业合作社提供,要求成熟,新鲜,无腐烂;

酵母菌:本实验室分离的杨梅果酒专用酵母,保藏于中国典型培养物保藏中心(CCTCC NO: M 2015021);

白砂糖:市售;

WL 琼脂培养基、YPD 液体培养基:青岛高科园海博生物技术有限公司;

麦芽汁培养基:杭州百思生物技术有限公司。

1.2 仪器与设备

恒温培养箱:MJP-150 型,上海精宏实验设备有限公司;

无菌工作台:BCM-1300A 型,苏州宝泰空气技术有限

基金项目:温州市龙湾区科技发展计划项目(编号:2013YN03)

作者简介:李彦坡(1983—),男,温州科技职业学院讲师,硕士。

E-mail: liyanpo2003@126.com

通讯作者:徐静

收稿日期:2014-09-15

变化。50%果浆发酵的杨梅酒保持了杨梅鲜艳的色泽和浓郁果香,果酒色泽透亮。由于酸度的降低,也使果酒的发酵度得到提高,酒精含量升高。但随着果浆含量的降低,发酵果酒的杨梅色泽和果香也迅速减弱,果浆含量为 33.3%时,杨梅色泽变淡,无杨梅果香,果酒质量下降。综合考虑,选用 50%果浆含量的杨梅汁进行后续试验。

2.1.2 发酵时间对杨梅果酒发酵的影响 随着发酵的进行,酵母利用果汁中的糖代谢不断产生酒精。由图 2 可知,随发酵时间的延长,果酒中的残余糖度逐渐下降,酵母降糖速度出现由快速降糖至缓慢降糖的过程,果酒酒精度也相应逐渐升高,酸度基本不变。果酒发酵 5 d 后,果酒中残余糖度降至 5%~6%,已不足以满足所有酵母的代谢,部分酵母衰退,使降糖的速度明显减缓,果酒进入后发酵阶段。因此,发酵时间选择 5 d 较好。

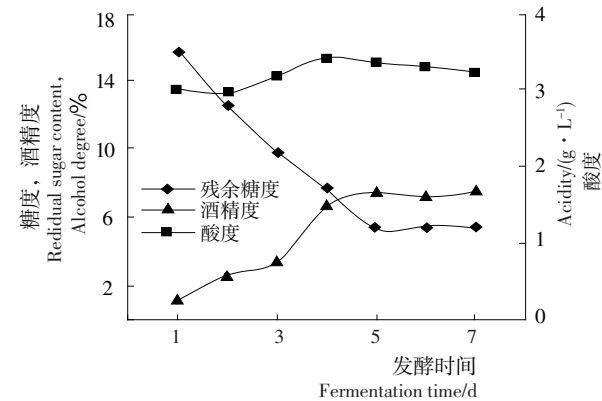


图 2 发酵时间对杨梅果酒发酵的影响

Figure 2 Effect of fermentation time on *myrica rubra* wine

2.1.3 发酵温度对杨梅果酒发酵的影响 温度对生化反应的速度和酶的活性有重要的影响。一般来说,温度升高时,可加速生化反应的速度,提高生物酶的活性。但温度过高时,又会钝化酶的活性,甚至使酶变性,阻碍生化反应的进行。由图 3 可知,随着发酵温度的升高,产生酒精的量逐渐增加;但当温度超过 35℃时,高温抑制了酵母的活性和生化反应的速度,生成酒精的量降低,对应的果酒中残余糖度增加,

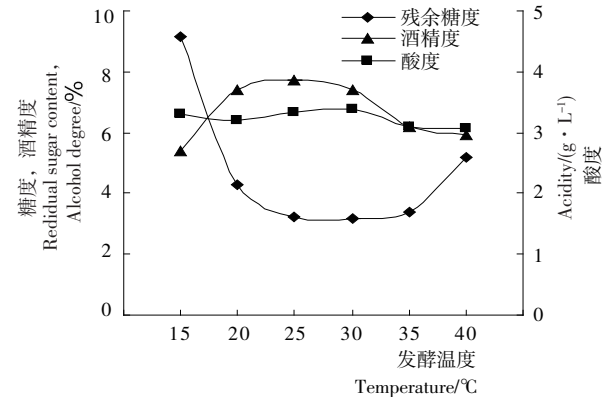


图 3 发酵温度对杨梅果酒发酵的影响

Figure 3 Effect of temperature on *myrica rubra* wine

同时高温对于杨梅果酒风味也有较大的影响。随着发酵温度的变化,杨梅果酒的酸度也呈现逐渐降低的趋势。发酵温度为 20~30℃时,产生酒精的量较高。但考虑到能源消耗、果酒风味等因素,发酵温度控制在 25℃左右为宜。

2.1.4 果汁含糖量对杨梅果酒发酵的影响 果汁中的含糖量对酵母活性及发酵果酒的最终酒精度有重要影响。由图 4 可知,随着果汁含糖量的增加,果汁中可被酵母利用的糖增加,酒精生成量升高,残余糖含量升高,酸度基本不变。当果汁含糖量为 18%时,酒精度可达到 7.9%。但当糖度超过 18%时,过高的糖含量会抑制酵母的活性,使酵母利用糖生成酒精量降低。因此,果汁含糖量控制在 18%左右为宜。

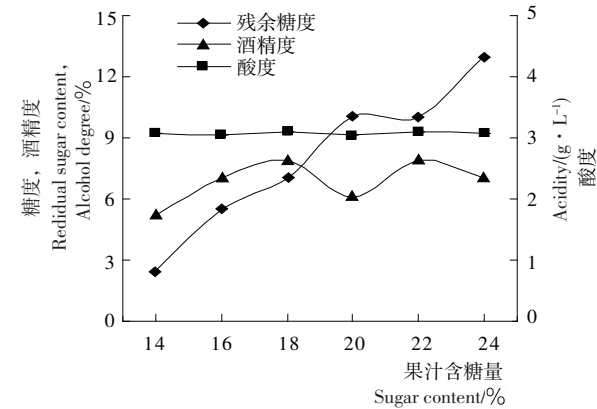


图 4 果汁含糖量对杨梅果酒发酵的影响

Figure 4 Effect of sugar content on *myrica rubra* wine

2.1.5 酵母添加量对杨梅果酒发酵的影响 随着酵母添加量的增加,酵母可短时间内上升到较大数量从而进入主发酵期,加快了酒精生成的速度,但酵母添加量过高时,酵母老化速度也将加快。由图 5 可知,随着酵母添加量的增加,果酒的酸度基本不变,果酒中的残余糖随酵母添加量的增加而降低。当酵母添加量为 5%时,杨梅发酵酒的酒度可达 10.7%,当酵母添加量进一步增加时,生成酒精量反而降低。

2.1.6 杨梅果酒发酵工艺的响应面优化 根据单因素试验得出的杨梅果酒较优发酵工艺参数,在杨梅果浆浓度为 50%,

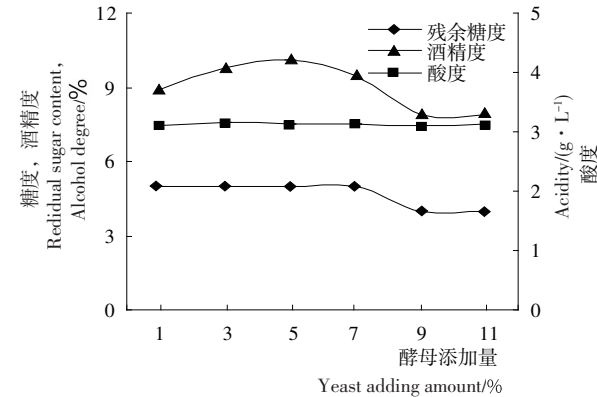


图 5 酵母添加量对杨梅果酒发酵的影响

Figure 5 Effect of yeast adding amount on *myrica rubra* wine

发酵5 d的条件下,以杨梅果酒酒精度为指标,应用 Box-Benhknen 试验设计确定杨梅果酒发酵最佳工艺。响应面因素设计见表 1,结果见表 2。

表 1 响应面试验因素水平表

Table 1 Coded values of the parameters in response surface analysis

编码	X ₁ 温度/℃	X ₂ 含糖量/%	X ₃ 酵母添加量/%
—1	20	16	3
0	25	18	5
1	30	20	7

表 2 响应面设计与结果分析表

Table 2 Experimental design and results of response surface analysis

编号	X ₁	X ₂	X ₃	酒精度/%
1	—1	—1	0	7.8
2	—1	1	0	8.3
3	1	—1	0	7.8
4	1	1	0	9.8
5	0	—1	—1	6.8
6	0	—1	1	7.5
7	0	1	—1	8.0
8	0	1	1	9.0
9	—1	0	—1	7.8
10	1	0	—1	8.3
11	—1	0	1	7.6
12	1	0	1	9.8
13	0	0	0	10.5
14	0	0	0	11.0
15	0	0	0	10.8

对响应面试验结果进行数据分析,建立二次响应面回归模型,对模型进行方差分析,见表 3。由表 3 可知,模型方程极显著,失拟项不显著,说明回归模型拟合性较好。将模型中对响应值不显著项去除,可得丁香杨梅果酒发酵的二次回归模型为:

$$Y=10.766\ 7+0.525\ 0X_1+0.650\ 0X_2+0.375\ 0X_3-0.895\ 8X_1^2+0.375\ 0X_1X_2+0.425\ 0X_1X_3-1.445\ 8X_2^2-1.495\ 8X_3^2$$

(1)

由表 3 还可知,X₁和 X₂、X₁和 X₃的交互作用显著,其响应面图见图 6、7。

由图 6 可知,在试验范围内,发酵温度不变时,酒精度随含糖量增加呈明显上升趋势,之后下降,主要原因为酵母可利用糖的增加使酵母产酒精量增加,但果汁含糖量过高时,由于高糖含量形成的渗透压会抑制酵母繁殖与代谢;当果汁含糖量不变时,酒精度随发酵温度的增加呈现先增加后下降趋势,主要原因为温度影响酵母活性,随温度的升高,酵母活性增强,代谢旺盛,过高的温度会使酵母细胞活性受到抑制甚至死亡。由此可知,含糖量与温度的交互作用对果酒酒精度有较大影响。

由图 7 可知,发酵温度与酵母添加量的交互作用对果酒

酒精度有较大影响。在试验范围内,当发酵温度不变时,酒精度随酵母添加量的增加先升高后缓慢下降;当酵母添加量不变,酒精度随发酵温度的增加呈现出逐渐增大而后缓慢下降的过程。主要是因为酵母添加量较低时,适当提高温度可加速酵母细胞的繁殖,而温度过高时又会抑制酵母繁殖代谢。发酵温度一定时,发酵初始酵母数的增多使酵母代谢产生酒精的速度加快,但酵母添加量的过高反而使果汁中的糖较多用于酵母的增殖而使酒精产量下降。

为求得回归方程的最大值,对回归方程的 X₁、X₂、X₃分别求一阶偏导等于零,可得含 X₁、X₂、X₃的方程组(2):

$$\begin{cases} 0.525\ 0-1.791\ 6X_1+0.375\ 0X_2+0.425\ 0X_3=0 \\ 0.650\ 0+0.375\ 0X_1-2.891\ 6X_2=0 \\ 0.375\ 0+0.425\ 0X_1-2.991\ 6X_3=0 \end{cases}$$

(2)

求解后可知 X₁=0.393 8,X₂=0.275 9,X₃=0.181 3 时,二次回归方程在范围内可得最大值。换算代码后即得温度为 27℃,果汁含糖量为 18.6%,酵母培养液添加量为 5.36%时,杨梅果酒发酵后酒度最高,理论预测最大值为 11.1%。

将响应面试验优化后的工艺参数进行 3 次验证实验,测得丁香杨梅果酒的酒精度平均值为 10.5%,与回归方程预测值基本一致,可见该二次回归模型能较好地预测杨梅果酒发酵结果。

2.2 产品质量指标

2.2.1 感官指标 杨梅果酒色泽紫红,口感清爽,酒体完整,澄清透明,无悬浮物,具有杨梅特有的香味。

2.2.2 理化指标 酒精度:10%~12%vol;滴定酸(以酒石酸计):≤6.0 g/L;总糖(以葡萄糖计):≤4.0 g/L;

2.2.3 微生物指标 细菌总数:≤50 CFU/mL;大肠菌群:≤3 MPN/mL;致病菌不得检出。

表 3 回归模型方差分析表[†]

Table 3 Analysis of variance for the fitted regression equation

方差来源	自由度	离均差平方和	均方	F 值	P 值	显著性
X ₁	1	2.205 0	2.205 0	33.241 2	0.002 2	**
X ₂	1	3.380 0	3.380 0	50.954 8	0.000 8	**
X ₃	1	1.125 0	1.125 0	16.959 8	0.009 2	*
X ₁ ²	1	2.963 1	2.963 1	44.670 5	0.001 1	**
X ₁ X ₂	1	0.562 5	0.562 5	8.479 9	0.033 3	*
X ₁ X ₃	1	0.722 5	0.722 5	10.892 0	0.021 5	*
X ₂ ²	1	7.718 5	7.718 5	116.359 7	0.000 1	**
X ₂ X ₃	1	0.022 5	0.022 5	0.339 2	0.585 6	
X ₃ ²	1	8.261 6	8.261 6	124.546 8	0.000 1	**
回归模型	9	24.612 3	2.734 7	41.226 7	0.000 4	**
失拟	3	0.205 0	0.068 3	1.078 9	0.514 1	不显著
纯误差	2	0.126 7	0.063 3			
总误差	14	24.944 0				

[†] ** . P<0.01, 差异极显著; * . P<0.05, 差异显著。

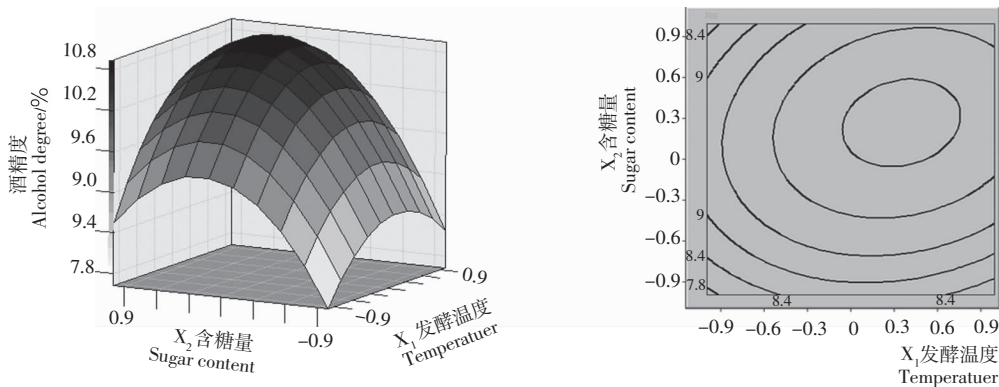


图 6 $Y=f(X_1, X_2)$ 的响应曲面图和等高线
Figure 6 Response surface and contour plots of $Y=f(X_1, X_2)$

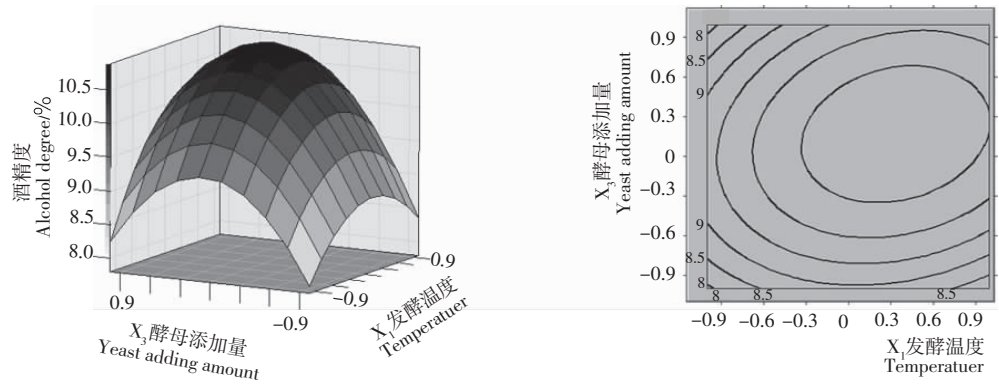


图 7 $Y=f(X_1, X_3)$ 的响应曲面图和等高线
Figure 7 Response surface and contour plots of $Y=f(X_1, X_3)$

3 结论

温州丁 杏杨梅发酵果酒最佳工艺参数为:杨梅果浆中加入等比例水,可有效降低果酒中的酸,发酵温度 27 ℃,果汁含糖量 18.6%,酵母培养液添加量 5.36%。该条件下制得的杨梅果酒保持了杨梅特有的风味和色泽,酒体澄清透明,口感清新,较目前市售杨梅浸泡酒和发酵果酒风味浓郁。

杨梅的高酸度使其深加工产品的口感较差。本研究通过发酵前稀释处理可在一定程度上降低杨梅发酵果酒酸度,但仍需结合化学法对其进行降酸处理。由于化学法降酸会对产品品质造成不利影响,因此在后续的研究中可考虑采用离子交换法^[16]对杨梅发酵果酒进行降酸处理。

参考文献

1 浙江省农技推广中心. 2014 年浙江省杨梅产销形势分析[EB/OL]. (2014—07—08)[2014—11—07]. <http://www.zjagri.gov.cn/html/main/cyzxView/219299.html>.
2 林羽, 陈会杰. 温州杨梅品牌建设的思考[J]. 中国农业信息, 2011(7):100.
3 黄建珍, 黄胜华, 赵友淦. 地理标志产品——丁 杏杨梅标准化生产技术[J]. 中国南方果树, 2009, 38(6): 49~50.
4 黄建珍. 丁 杏杨梅生产现状、存在问题及产业提升对策[J]. 浙江农业科学, 2009(2):275~277.
5 谢焕雄, 王海鸥, 胡志超, 等. 我国杨梅生产与贮藏加工现状

[J]. 食品研究与开发, 2007,28(6): 162~164.
6 苏孝永. 发展特色森林食品,推进城效新农村建设——温州龙湾区杨梅产业建设实践[J]. 江西农业学报, 2007, 19(8): 150~151.
7 夏其乐, 程绍南. 杨梅的营养价值及其加工进展[J]. 中国食物与营养, 2005(6): 21~22.
8 余佶, 麻成金, 黄群, 等. 靖州杨梅干红果酒发酵工艺研究[J]. 食品科学, 2008,29(10):316~319.
9 邢建荣, 杨颖, 夏其乐, 等. 全果发酵生产杨梅果酒工艺条件及品质的研究[J]. 浙江农业学报, 2012,24(6):1 111~1 116.
10 刘锋, 钟瑞敏, 曾庆孝, 等. 固定化细胞酿造杨梅果酒的研究[J]. 食品与机械, 2005,21(1):7~9.
11 徐国军, 陆胜民. 杨梅酒的酿制工艺[J]. 食品与机械, 2002(5): 25,33.
12 林晓姿, 何志刚, 李维新. 杨梅果酒降酸技术研究[J]. 酿酒科技, 2004(1): 89~90.
13 麻成金, 李加兴, 付伟昌, 等. 枇杷果酒酿造工艺研究[J]. 食品与机械, 2006, 22(3):54~56.
14 张陈云, 刘金福, 何新益, 等. 冬枣果酒酿造工艺的研究[J]. 食品与机械, 2010, 26(4):123~125.
15 李彦坡, 徐静, 王青波, 等. 瓯柑南瓜果酒的研制[J]. 食品与机械, 2012, 28(4): 217~221.
16 胡楠, 刘晓兰, 郑喜群, 等. 发酵型五味子果酒离子交换树脂降酸工艺研究[J]. 食品与机械, 2013,29(5): 29~32.