

青梅果酒发酵工艺优化

李阿娜, 张伟伟, 王 明, 盛 侠, 丁之恩

(安徽农业大学, 安徽 合肥 230036)

摘 要: 以青梅为原料, 在料液比为 1:2 的条件下, 采用单因素试验和正交实验, 进行青梅果酒人工发酵工艺优化。实验结果表明, 青梅在 1:2 的料液比条件下, 酵母接种量为 5%, 氯化铵添加量为 0.4%, 果糖添加量为 2.5%, 果胶酶用量 80 mg/kg, SO_2 用量 80 mg/L, 发酵液 pH 3.5, 28 °C 发酵, 静止发酵 7 d, 青梅出酒率为 260.1%, 酒精度 10.2 %vol, 黄酮类化合物含量达 141.48 mg/L, 成品酒呈浅黄色, 具有青梅自然色泽和清新浓郁的青梅果实天然香气, 口味纯正、透明清澈、总黄酮含量高、营养丰富。

关键词: 青梅酒; 发酵工艺优化; 出酒率; 酒精度; 黄酮含量

中图分类号: TS262.7; TS261.4

文献标识码: A

文章编号: 1001-9286(2010)02-0091-06

Optimization of Fermentation Process of Plum Fruit Wine

LI A-na, ZHANG Wei-wei, WANG Ming, SHENG Xia and DING Zhi-en

(Anhui Agricultural University, Hefei, Anhui 230036, China)

Abstract: Plum was used as raw materials and the ratio of raw materials to solution was 1:2. Under the above conditions, the fermentation process of plum fruit wine were optimized by single factor test and orthogonal experiments and the best fermentation conditions were summed up as follows: 5 % yeast inoculation quantity, the addition level of ammonium chloride was 0.4 %, the addition level of levulose was 2.5 %, the use levels of pectinase and sulfur dioxide were 80 mg/kg and 80 mg/L respectively, pH value of fermenting liquid was 3.5, fermentation temperature was at 28 °C, and 7 d static fermentation. As a result, wine yield could reach 260.1 % and wine alcoholicity was 10.2 %vol and flavonoids content was 141.48 mg/L. The product wine was light yellow in color with natural plum color and fresh plum aroma. Besides, it had pure taste and was clear and transparent with rich nutrition due to its high flavonoids content.

Key words: plum fruit wine; fermentation process optimization; wine yield; alcoholicity; flavonoids content

青梅是一种温带蔷薇科樱桃属植物梅, 又名梅果、干枝梅, 是一种药食两用资源^[1]。青梅营养丰富、药用价值高。青梅含有大量的次生代谢物^[2], 如具有生物活性的谷甾醇、齐墩果酸样物质, 及对防治心血管病、肿瘤疾病有一定功效作用的黄酮成分^[3-4]。据文献报道, 青梅的特性是低糖高酸, 含有 16 种氨基酸, 其中 7 种为必需氨基酸; 其次, 青梅的 Ca/P 比约为 1:1, 较合理, 是开发老年和儿童保健食品的最佳食物^[5-6]。青梅是一种碱性食物^[7], 用其酿造和浸泡的梅酒能有效调节人体内的酸碱平衡, 保持人体健康; 梅酒不仅具有开胃功效, 有助于治疗消化不良、食欲不振等症; 而且还能促进唾液腺分泌更多的腮腺激素, 腮腺激素具有使血管及全身组织年轻化作用, 并能促进皮肤细胞新陈代谢^[7], 使人体避免粉刺等症状的出现, 起到美肤的效果。

目前, 对青梅的开发利用已有不少报道, 青梅主要用于加工成话梅、咸梅干、青梅浸泡原酒、青梅果醋、青梅含

片、青梅胶囊等一些保健品, 从青梅中提炼出的梅精添加到洗洁精、洗发水中可以很好的达到除污的作用。而在青梅发酵酒方面以出酒率、总黄酮含量为考查指标并无详细的报道。本研究以安徽宣城青梅——长农十七为原料, 对其发酵方式进行优化研究, 旨在选出最佳的发酵工艺参数, 提高青梅酒黄酮类化合物的保存, 获得优质的青梅酒, 以期提高青梅资源利用率, 提高产品附加值, 促进农业经济的发展。

1 材料与方法

1.1 试验材料

青梅, 充分成熟, 品种为长农十七, 2008 年 5 月下旬采于安徽省泾县榔桥镇浙溪青梅基地; 果胶酶: 诺维信公司生产的 Pectinex BE XXL 果胶酶 (标称活力: 16000 PECTU/mL); 酵母: 安琪牌酿酒高活性干酵母 (湖北省宜昌市安琪酵母股份公司); 食用级白砂糖, 市售; 黄豆芽,

基金项目: 国家自然科学基金 (“山核桃等经济林木生物活性成分及抗氧化特性研究” (30571520)) 和安徽省高校“拔尖人才”项目。

收稿日期: 2009-12-02

作者简介: 李阿娜 (1984-), 女, 硕士研究生。

通讯作者: 丁之恩, 男, 博士, 教授, 博士生导师, E-mail: dingze08@hotmail.com。

市售。

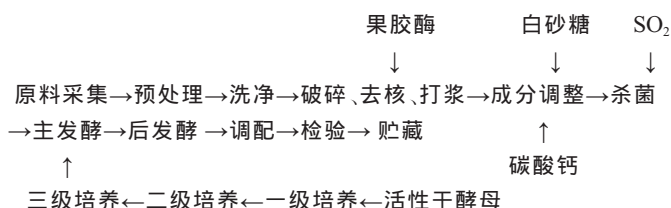
1.2 主要试剂

乙醇、偏重亚硫酸钠、碳酸钙、碳酸氢铵、硫酸铵、磷酸氢二铵、氯化铵、麦芽糖、葡萄糖、蔗糖、果糖、芦丁标准品、乙酸乙酯、亚硝酸钠、硝酸铝、氢氧化钠、琼脂。

1.3 试验主要仪器与设备

T6-新世纪紫外可见分光光度计、RE-52AA 旋转蒸发仪、SHB-III 循环水多用真空泵、万分之一电子天平、恒温水浴锅、恒温培养箱、超净工作台、高压蒸汽灭菌锅、手持糖度计(WYT-4 型)、精密级数字式酸度计(pHS-3C 型,上海雷磁仪器厂)、酒精蒸馏装置、膜过滤机、显微镜等。

1.4 主要工艺流程



1.5 试验方法

1.5.1 培养基配制与菌种的扩大培养

先将活性干酵母复水活化,恢复活力,然后投入发酵使用。由于活性干酵母有潜在的发酵活性和生长繁殖能力,为了提高使用效果,减少活性干酵母的用量,本试验采用:将复水活化后的酵母进行扩大培养,制成酒母使用;豆芽汁葡萄糖培养基作为一种良好的培养基,能够给酵母提供足够的营养成分,有助于其恢复全部的潜在能力,作为复水活化后的酵母的扩大培养生长的培养基。

1.5.1.1 豆芽汁葡萄糖培养基的制备^[8-9]

① 固体培养基成分

黄豆芽 10 g;葡萄糖 5 g;琼脂 1.5~2 g;水 100 mL;自然 pH。

② 液体培养基的成分

黄豆芽 10 g;葡萄糖 5 g;水 100 mL;自然 pH。

1.5.1.2 活性干酵母的扩大培养^[10-14]

① 活性干酵母的复水活化及培养

称量约 1 g 活性干酵母加入到 20 mL 的无菌水中,于 35 °C 恒温水浴中活化 30 min,取已活化的酵母液,在超净工作台上涂布平板,于 28 °C 的恒温培养箱中培养 48 h,长出酵母菌斑后,挑出饱满、形状规则、有光泽度的菌斑进行斜面划线培养,再于 28 °C 的恒温培养箱中培养 48 h 后,放于冰箱低温保藏,待酵母扩大培养用。

② 活性干酵母的扩大培养

取 10 mL 按 1.5.1 中的豆芽汁葡萄糖液体培养基加到 25 mL 试管中,然后在超净工作台上接种斜面培养基保存的酵母菌 2 菌环,轻轻摇匀,入 28 °C 的恒温培养箱中培养 48 h,此为酵母的一级培养;由于复水活化后的活

性干酵母液的扩大培养的比例为 1:10,将一级培养液倒入 100 mL 豆芽汁葡萄糖液体培养基中,于 28 °C 的恒温培养箱中继续培养 48 h,此为二级培养;再将二级培养液倒入 1000 mL 豆芽汁葡萄糖液体培养基中,28 °C 恒温培养 48 h 后,即得到三级培养液,经显微镜检测酵母细胞数达到 5×10^7 个/mL,作为发酵备用。

1.5.2 破碎打浆

将清洗沥干后的青梅果实按 1:2 (青梅和水的质量比)注入净化水打浆,按照 1.5.10 中的试验方法加入果胶酶和 SO_2 (以偏重亚硫酸钠计算其用量),于 45 °C 水浴保温 3 h。

1.5.3 成分调整

青梅是低糖、高酸类果实,本试验添加白砂糖和碳酸钙对其糖度和酸度进行调整。将青梅果浆的糖度调节到 18 % 左右,pH 值调到 3.5。pH 3.5 对酵母的繁殖有利,对其他杂菌起抑制作用。

1.5.4 主发酵

以容积 500 mL 的三角瓶为发酵容器,装液量 70 %,酵母菌的接种量为 5 %,将酒母接入 1.5.3 中的发酵醪中,用已灭菌的棉塞封口,于 28 °C 的恒温培养箱中进行静止发酵,每天测定含糖量、pH 值,以保证发酵正常进行。经过 7 d,主发酵结束。

1.5.5 后发酵

将主发酵结束后的酒体和酒渣迅速分离,在 22 °C 条件下进行后发酵,约 15 d。期间,用同类酒添满容器,装满度为 95 %,严密封口,保持发酵罐内无空隙,尽量缩小原酒与空气接触面,避免杂菌侵入,使发酵液败坏^[16]。

1.5.6 调配

根据不同的口感、风味需要,对糖度和酸度进行调配,糖度一般用白砂糖调整,酸度可用碳酸钙调整。调整后的酒体用膜过滤机过滤。

1.5.7 检验

按照 1.5.10 中的方法对梅酒进行检验。

1.5.8 贮藏

空瓶消毒,梅酒精滤后,灌装,密封,置于 65~70 °C 热水中杀菌 20 min,取出冷却,即得成品;成品酒应置于 10 °C 左右低温条件下保存^[15]。

1.5.9 发酵方式^[16-19]

1.5.9.1 单因素试验

果胶酶添加量的选择:取上述 1.1 中的果胶酶(标称活力:16000 PECTU/mL),按照下述质量比[果胶酶(mg):青梅(kg)]为 0 mg/kg、40 mg/kg、80 mg/kg、120 mg/kg、180 mg/kg 分别添加。同时,加入 80 mg/kg SO_2 ,5 % 的酵母菌,2.5 % 的果糖,0.4 % 的氯化铵,在 28 °C 的恒温培养箱中进行发酵。每个重复 3 次。并以酒精度、酒体颜色、口感风味为指标进行测定,比较发酵效果。

发酵温度的选择:温度设为 5 个水平,分别为 20 °C、

25℃、28℃、32℃、35℃,同时,加入 80 mg/kg SO₂,80 mg/kg 的果胶酶,5 %的酵母菌,2.5 %的果糖,0.4 %的氯化铵,在恒温培养箱中进行发酵。每个重复 3 次。并以酒精度、口感风味为指标进行测定,比较发酵效果。

不同种类氮源的选择:分别添加 0.4 %的碳酸氢铵、硫酸铵、磷酸氢二铵、氯化铵,同时,加入 80 mg/kg SO₂、80 mg/kg 的果胶酶、2.5 %的果糖,添加 5 %的酵母菌,在 28℃的恒温培养箱中进行发酵。每个重复 3 次。并以酒精度、口感风味为指标进行测定,比较发酵效果。

不同种类碳源的选择:分别添加 2.5 %的麦芽糖、葡萄糖、蔗糖、果糖,同时,加入 80 mg/kg SO₂、80 mg/kg 的果胶酶和 0.4 %的氯化铵,添加 5 %的酵母菌,在 28℃的恒温培养箱中进行发酵。每个重复 3 次。并以酒精度、口感风味为指标进行测定,比较发酵效果。

1.5.9.2 正交试验因素水平的选择

通过单因素试验和数据分析,制订以果胶酶的不同添加量(A)、温度(B)、相同浓度(0.5 %)的不同种类的氮源(C)、相同浓度(2.5 %)的不同种类的碳源(D),4 因素 3 水平进行正交优化设计,并以酒精度、总黄酮含量、产酒率为指标进行测定,比较发酵效果。正交试验因素水平设计见表 1。

表 1 发酵工艺因素水平设计表

水平	因 素			
	A: 果胶酶添加量(mg/kg)	B: 温度(℃)	C: 氮源(0.4 %)	D: 碳源(2.5 %)
1	40	25	硫酸铵	葡萄糖
2	80	28	磷酸氢二铵	蔗糖
3	120	32	氯化铵	果糖

1.5.10 测定指标与方法

可溶性固形物:手持折光仪法 GB12295—1990;酒度:蒸馏法 GB/T 15038—94;pH 值:pH 计法^[20];总酸:酸碱滴定法,以柠檬酸计^[21];水分:重量法;蛋白质:凯氏定氮法^[22];果胶:咔唑比色法^[23]。

出酒率:酿制成的青梅酒体积(L)与酿造这些青梅酒所用的原料质量(kg)之比^[24]。

$$\text{出酒率} = \frac{\text{青梅酒体积(L)}}{\text{酿造原料质量(kg)}} \times 100\%$$

具体方法:取主发酵和后发酵结束后原酒,分别经过布氏漏斗、溶剂过滤器进行过滤,取已灭菌的干燥、洁净量筒用重复试验的原酒润洗后,量取梅酒,待酒体液面平静静止时读数,记下青梅酒体积。将测得的数据带入上述公式计算,结果即为青梅酒的出酒率。

总黄酮含量^[25-26]:铝离子络合比色法。

1.5.10.1 发酵前青梅果浆中总黄酮的提取

取发酵前青梅果浆放于恒温干燥箱干燥到恒重,用研钵研磨至粉末,得到均匀的青梅果浆粉末。放于干燥器贮存备用。准确称取干燥后的青梅果浆粉末 3.0016 g,置

于索氏提取器中,加入石油醚适量,去脂,加热回流至提取液无色,弃去石油醚液。青梅渣放冷,然后加入预先配制好的 60 %vol 乙醇溶液,加热回流至提取液无色,浓缩。用少量 60 %vol 乙醇洗涤容器,移置 100 mL 容量瓶中,洗涤液并入容量瓶中,加 60 %vol 乙醇至刻度,摇匀,待测。

1.5.10.2 梅酒中总黄酮的提取

精密量取主发酵和后发酵结束后原酒 25 mL,水浴(80+1)℃蒸发至无醇味,分别用 10 mL、8 mL、8 mL 乙酸乙酯提取 3 次,合并提取液,旋转蒸发仪于 45℃挥发去除乙酸乙酯后,用 60 %vol 乙醇溶解过滤,滤液定容至 10 mL。待测。

1.5.10.3 芦丁标准曲线的制作

取对照品约 15 mg,精密称定,置 50 mL 容量瓶中,用 60 %vol 乙醇溶解后,加溶剂至刻度摇匀即得。精密量取对照品储备液 1.0 mL、2.0 mL、2.5 mL、3.0 mL、3.5 mL 和 4.0 mL,分别置于 5 mL 容量瓶中,各加 60 %vol 乙醇稀释至刻度,摇匀,浓度分别为:60 mg/L、120 mg/L、150 mg/L、180 mg/L、210 mg/L 和 240 mg/L。分别从中量取 2.0 mL,置于 10 mL 刻度管中,加入 60 %vol 乙醇 3 mL,加入 5 %亚硝酸钠试液 0.3 mL,摇匀放置 6 min,加 10 %硝酸铝试液 0.3 mL,摇匀放置 6 min,加 4.3 %氢氧化钠试液 4 mL,加 60 %vol 乙醇至刻度,摇匀放置 15 min,以 60 %vol 乙醇为空白对照,于 510 nm 波长比色,读取 OD 值。以芦丁浓度对 OD 值作标准曲线,并计算回归方程。用 Excel 处理所得数据,得线性回归方程和相关系数,并以芦丁浓度为横坐标,OD 值为纵坐标,绘出标准曲线,见图 1。

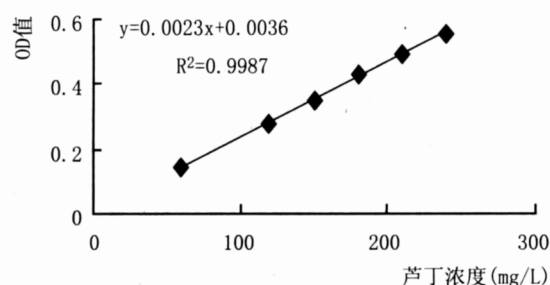


图 1 芦丁标准曲线

1.5.10.4 发酵前青梅果浆中总黄酮的测定

精密吸取本节 1.5.10.1 中样液 5 mL,置于离心管中,转速 4000 r/min,离心 10 min,取上清液 2.0 mL,置于 10 mL 刻度管中,参照本节 1.5.10.3 中标准曲线的制作方法,测出 OD 值。

1.5.10.5 梅酒中总黄酮的测定

吸取本节 1.5.10.2 中待测液 2.0 mL,置于 10 mL 刻度管中,参照本节 1.5.10.3 中标准曲线的制作方法,测出 OD 值。

1.5.10.6 样液中总黄酮含量的计算

样液中总黄酮含量(mg/L)

$=[(OD \text{ 值}-0.0036)/0.0116] \times \text{样品稀释倍数}$

感官评定:GB/T 15037; 微生物指标:GB/T 4789—2003。

2 结果与分析

2.1 发酵前青梅果浆的主要成分

青梅酒发酵前,对发酵用青梅原料的主要营养成分、活性物质(黄酮类化合物)进行分析测定,结果见表2。

表2 发酵前青梅果浆主要营养成分

成分	含量
糖度(°Bx)	2.0
总酸(%)	6.21
有效酸(pH)	2.588
总黄酮含量(mg/L)	235.39
水分(%)	83.8
蛋白质(干基, %)	0.52
果胶(干基, %)	4.3

由表2可知,发酵前的青梅果浆糖度非常低,酸度较高(达6.21%),不适宜酵母菌的生长、繁殖和发酵,不能直接用来发酵,需要对青梅果浆进行调整和改良。青梅果浆中黄酮类化合物和蛋白质的存在对梅酒的营养、保健价值有极大意义。此外,青梅中果胶的大量存在会影响青梅的出汁率,本研究中加入果胶酶来提高其出汁率。

2.2 果胶酶添加量对青梅酒精发酵的影响

对发酵过程添加果胶酶量对青梅酒精发酵的影响进行分析,结果见表3。

表3 不同果胶酶添加量下的发酵结果

果胶酶添加量(mg/kg)	酒精度(%vol)	酒体颜色及口感
0	8.6	酒液浑浊,无光泽,颜色黄,浑浊物多,异味重
40	8.8	酒液较浑浊,颜色偏暗黄,浑浊物较多,果香、酒香一般,口感一般
80	10.0	酒液较清,酒体较透明,颜色亮黄,较明亮,絮状物偏少,果香、酒香突出,口感较好
120	10.2	酒液清澈,酒体透明,颜色浅黄近无色,絮状物较少,果香、酒香突出,口感较好
180	10.5	酒液清澈,酒体透明,颜色浅黄近无色,几乎无絮状物,有果香、酒香,口感一般

由表3可知,果胶酶的添加量为0时,酵母产酒精度不高,梅酒的颜色和口感均较差,这是因为发酵过程果胶等多糖类物质没有被彻底降解,会产生较多的浑浊物,影响酒的色泽和口感。果胶酶的添加量在40 mg/kg时,酒体、酒香较空白有所改善。果胶酶的添加量在80 mg/kg、120 mg/kg和180 mg/kg时,果胶等多糖物质被大量降解,汁液渗出细胞壁被充分发酵利用,酒的香味和色泽较

理想,但出于对节约试验成本的考虑,选用40 mg/kg~120 mg/kg范围用于正交试验。

2.3 不同发酵温度对青梅酒精发酵的影响

对发酵温度对青梅果浆发酵过程酒精度的影响进行分析,结果见表4。

表4 不同温度条件下的发酵结果

温度(°C)	酒精度(%vol)	风味及口感
20	8.5	有青梅果实香气,酒香不明显,异味明显,口感差
25	10.3	具青梅果实香气,酒香浓郁,口感较好,酸味明显
28	10.7	具青梅果实香气,酒香浓郁,口感较好,酸味明显
32	10.0	具青梅果实香气,酒香一般,口感一般,酸味明显
35	10.0	异味重,口感寡淡、粗糙

由表4可知,20℃时温度过低,酵母代谢不旺盛,发酵活力低,酵母利用青梅的营养物质的能力下降,酵母产酒精能力不高,对于带渣发酵的青梅而言,发酵出的梅酒质量低,风味不理想。25~32℃产酒率较高,梅酒果香、酒香、口感均较好。35℃高温发酵剧烈,易带走香气,影响口感。因此选用25~32℃范围进行正交试验。

2.4 氮源对青梅酒精发酵的影响

添加不同种类的氮源进行青梅酒精发酵,分析氮源对青梅酒精发酵的影响,结果见表5。

表5 不同种类的氮源对发酵结果的影响

氮源	酒精度(%vol)	风味及口感
碳酸氢铵	9.3	有青梅果实香气、略淡,酒香不明显,有异味,口感粗糙
硫酸铵	10.0	具青梅果实香气,酒香较浓郁,口感较好,酸味明显
磷酸氢二铵	10.2	具青梅果实香气,酒香浓郁,口感好,具青梅酸味
氯化铵	10.3	具青梅果实香气,酒香浓郁,口感好,具青梅酸味

由表5可知,碳酸氢铵的添加使发酵过程中产生了部分CO₂,会带走一部分香气,有异味,果酒风味不佳。硫酸铵、磷酸氢二铵、氯化铵的添加充分补充了酵母的营养物质,酵母产酒精能力强,是酵母常用的营养氮源物质。因此,是用于正交试验的因素。

2.5 碳源对青梅酒精发酵的影响

添加不同种类的碳源进行发酵,分析碳源对青梅酒精发酵的影响,结果见表6。

由表6可知,虽然麦芽糖和蔗糖都是酵母菌可以利用的二糖,但本研究结果说明了蔗糖易转化为葡萄糖,而麦芽糖转化比较缓慢,因此被酵母利用的过程也缓慢,产酒精能力低,用其发酵产出的梅酒风味及口感不如其他

表 6 添加不同种类碳源的发酵结果

碳源	酒精度 (%vol)	风味及口感
麦芽	9.0	有青梅果实香气、略淡,酒香不明显,口感粗糙、酸涩
葡萄	10.5	具青梅果实香气,酒香一般,口感一般,具青梅酸味
蔗糖	10.3	具青梅果实香气,酒香浓郁,口感较好,具青梅酸味
果糖	10.2	具青梅果实香气,酒香浓郁,口感较好,具青梅酸味

碳源,且成本高。葡萄糖、蔗糖、果糖是酵母发酵常利用的碳源,成本低,因此用于正交试验。

2.6 正交试验结果分析

按 L_93^4 进行正交试验,结果见表 7。

综合出酒率、酒精度、总黄酮含量 3 因素,进行正交数据分析。9 组试验中,第 6 组出酒率最高,为 260.1%;第 9 组次之,为 236.6%;第 5 组最低,为 175.0%。极差分析表明,各因素主次顺序为 B(温度)>D(碳源)>C(氮源)>A(果胶酶添加量),最佳组合是 $A_2B_3C_1D_2$,即添加 80 mg/kg 果胶酶、温度 32 °C、硫酸铵、蔗糖。

发酵最终酒精度,第 7 组最高,为 10.2 %vol;第 6 组次之,为 10.0 %vol;第 8 组最低,为 7.0 %vol,其极差分析表明,各因素主次顺序为 D(碳源)>B(温度)>C(氮源)>A(果胶酶添加量),最佳组合为 $A_3B_1C_3D_2$,即添加 120 mg/kg 果胶酶、温度 25 °C、氯化铵、蔗糖。

总黄酮含量结果:第 4 组最高,为 141.48 mg/L;第 3 组次之,为 133.22 mg/L;第 7 组最低,为 70.61 mg/L。其极差分析表明,各因素主次顺序为 D(碳源)>B(温度)>A(果胶酶添加量)>C(氮源),最佳组合为 $A_2B_1C_2D_3$,即添加 80 mg/kg 果胶酶、温度 25 °C、磷酸氢二铵、果糖。

为进一步验证以上分析结果,以出酒率为考察对象对其进行方差分析,结果见表 8。由于第 1 个因素均方值较小,因此将其作为误差项计算 F 值。从表 8 中可以看出,4 个因素中 B 因素(温度)和 D 因素(碳源)达极显著水平,为极显著因素。其他两个因素 A(果胶酶添加量)和 C(氮源)均不显著。

表 8 方差分析结果

变异来源	平方和	自由度	均方	F 值	显著性
A	13.1756	2	6.5878		★★
B	4104.6156	2	2052.3078	311.5316	
C	80.3756	2	40.1878	6.1003	★★
D	1165.1622	2	582.5811	88.4333	

注: $F_{0.05}(2, 2)=19.00$, $F_{0.01}(2, 2)=99.0$ 。

为进一步验证以上分析结果,以酒精度为考察对象对其进行方差分析,结果见表 9。由于第 1 个因素均方值较小,因此将其作为误差项计算 F 值。从表 9 中可以看出,4 个因素中 B 因素(温度)和 D 因素(碳源)达显著水平,其他两个因素 A(果胶酶添加量)和 C(氮源)均不显著。

2.7 产品质量标准

表 7 青梅果酒发酵正交试验方案及结果

试验号	试验方案				试验结果		
	A 果胶酶添加量 (mg/kg)	B 温度 (°C)	C 氮源 (0.4%)	D 碳源 (2.5%)	出酒率 (%)	酒精度 (%vol)	总黄酮含量 (mg/L)
1	1	1	1	1	214.8	9.4	78.87
2	1	2	2	2	211.5	9.2	103.65
3	1	3	3	3	240.4	8.7	133.22
4	2	1	2	3	226.1	8.3	141.48
5	2	2	3	1	175.0	8.8	138.43
6	2	3	1	2	260.1	10.0	104.52
7	3	1	3	2	238.1	10.2	70.61
8	3	2	1	3	195.3	7.0	126.70
9	3	3	2	1	236.6	9.4	93.65
出酒率	k_1	222.2	226.3	223.4	208.8		
	k_2	220.4	193.9	224.7	236.6		
	k_3	223.3	245.7	217.8	220.6		
	R_j	2.9	51.8	6.9	27.8		
酒精度	k_1	9.1	9.3	8.8	9.2		
	k_2	9.0	8.3	9.0	9.8		
	k_3	8.9	9.4	9.2	8.0		
	R_j	0.2	1.1	0.4	1.8		
总黄酮含量	k_1	105.25	96.99	103.36	103.65		
	k_2	128.14	122.93	112.93	92.93		
	k_3	96.99	110.46	114.09	133.8		
	R_j	22.89	25.94	10.73	40.87		

表9 方差分析结果

变异来源	平方和	自由度	均方	F 值	显著性
A	0.0867	2	0.0433		
B	2.0067	2	1.0033	23.17	★
C	0.2867	2	0.1433	3.31	
D	5.0400	2	2.5200	58.2	★

注: $F_{0.05}(2, 2)=19.00$, $F_{0.01}(2, 2)=99.0$ 。

2.7.1 感官指标

色泽:浅黄色,具有青梅的自然色泽。
香气:清新浓郁的青梅果实天然香气。
滋味:味偏酸、爽口。
典型性:清爽透明、色泽明亮。

2.7.2 理化指标

酒精度(20℃):10.8 %vol;
总黄酮含量:142.78 mg/L;
总糖:2 g/L(以葡萄糖计);
总酸:9.1 g/L(以柠檬酸计)。

2.7.3 微生物指标

细菌总数:<5 个/mL;
大肠杆菌:未检出;
致病菌:不得检出。

3 结论

3.1 青梅酒发酵最佳工艺路线为:酵母添加量5%,添加果糖0.4%、果胶酶120 mg/kg和氯化铵,在25℃条件下发酵,梅酒口味纯正、色泽悦目、透明清澈、总黄酮含量高、营养丰富。

3.2 青梅果浆酸度太高,不利于酵母生长,发酵前调酸较为关键。本试验采用碳酸钙调酸,因为钙离子可以沉积梅果中单宁类物质,对发酵出的梅酒的风味有极大的改善。

3.3 采用汁、渣混合发酵,主发酵结束后进行酒渣分离,否则,原酒会带有腐败气味,影响梅酒芳香。后发酵期间,装瓶量95%,防止酒体受杂菌污染。

3.4 青梅酒在保存过程中其色泽会有变化,研究其色泽稳定性有重要的意义,有待进一步探讨。

参考文献:

- [1] 林炳芳,陶宁萍.梅果苦杏仁苷酶特性与青梅汁脱苦工艺的研究[J].南京农业大学学报,1996,19(4):87-90.
- [2] Frank Will and Helmut Dietrich. Optimised processing technique for colour and cloud stable plum juices and stability of bioactive substances[J].Eur Food Res Technol,2006,223:419-425.
- [3] 曾凡骏,张月天,陈松波.果梅资源的开发和利用[J].食品工业科技,2002,(2):77-79.
- [4] 李海林.青梅的保健价值及其开发利用[J].食品研究与开发,2004,25(2):101.
- [5] 郑建仙.功能性食品[M].北京:中国轻工业出版社,1999.
- [6] 黄发新,袁宇,黄俊.乌梅苹果蜂蜜醋饮料[J].中国酿造,2000,(4):20-22.
- [7] 杨竞奋,陈家广.青梅的膳药价值及功能[J].食品研究与开发,2001,22(3):50.
- [8] 宋安东,吴坤,陈红歌,等.酿酒酵母220菌株对铅的生物吸附研究[J].微生物学通报,2004,31(3):7.
- [9] 何国庆,贾英民.食品微生物学[M].北京:中国农业大学出版社,2001.41-46.
- [10] 牛天贵.食品微生物实验技术[M].北京:中国农业大学出版社,2002.14-27.
- [11] 傅金泉.酿酒ADY在黄酒生产中的应用[J].中国酿造,2005,(12):45.
- [12] 毛青钟,陈宝良,俞关松,等.机械化黄酒速酿酒母制作工艺[J].酿酒科技,2006,(6):73.
- [13] Whasley Ferreira Duarte, Disney Ribeiro Dias, Gilberto Vini-cius de Melo Pereira, etc. Indigenous and inoculated yeast fermentation of gabioba(*Campomanesia pubescens*) pulp for fruit wine production[J]. J Ind Microbiol Biotechnol,2009,36:558.
- [14] Y. Xu .G.A. Zhao . L.P. Wang. Controlled formation of volatile components in cider making using a combination of *Saccha-romyces cerevisiae* and *Hanseniaspora valbyensis* yeast species [J]. J Ind Microbiol Biotechnol,2006,33:192-196.
- [15] 王嘉祥,韩希凤.沂州木瓜酒酿造工艺技术研究[J].食品科学,2008,29(11):731.
- [16] 张卫佳,蒋其斌.青梅保健酒的研制[J].农产品加工,2007,5(5):60.
- [17] Hua Li . Yong Sheng Tao . Hua Wang .Li Zhang. Impact odor-ants of Chardonnay dry white wine from Changli County (China)[J]. Eur Food Res Technol,2008,227:287-292.
- [18] P.I.AKUBOR,S.O.OBIO,K.A. NWADOMERE& E. OBIOM-AH. Production and quality evaluation of banana wine[J]. Plant Foods for Human Nutrition,2003,58:1-6.
- [19] Kourkoutas,Y.,Douma,M.,Koutinas,A.A.,Kanellaki,M.,Banat,I. M.&Marchant,R.Continuous wine making fermentation using quince-immobilized yeast at room and low temperatures[J]. Process Biochemistry,2002,39,143-148.
- [20] 王福荣. 酿酒分析与检测[M].北京:化学工业出版社,2005.96-118.
- [21] 李记明,马佩选.国际葡萄酒与葡萄汁分析方法汇编[M].北京:中国计量出版社,2005.
- [22] 吴谋成.食品分析与感官评定[M].北京:中国农业大学出版社,2002.69-71.
- [23] 游新侠,仇农学.咔哇比色法测定苹果渣提取液果胶含量的研究[J].四川食品与发酵,2007,43(1):20-22.
- [24] 张宝善,田晓菊,陈锦屏,等.石榴发酵酒加工工艺研究[J].西北农林科技大学学报(自然科学版),2008,36(12):174.
- [25] 褚虹婉,云学英,孙丽鑫,等.糝斗菜中黄酮类化合物的含量测定[J].内蒙古医学院学报,2008,30:1-3.
- [26] 苏银法.雪莲酒中总黄酮的含量测定[J].海峡药学,2002,14(4):52.