

# 紫薯黄冠梨复合果酒酿制工艺研究

储渊明,李文,王陶,高兆建,崔珏,薛青青,尤建民

(徐州工程学院,江苏省食品资源开发与质量安全重点实验室,江苏徐州 221018)

**摘要:**以紫薯、黄冠梨为主要原料,经淀粉酶液化,果胶酶和糖化酶糖化,添加白砂糖,经酵母菌发酵,制得紫薯梨复合果酒,采用单因素实验和正交试验优化制备工艺。结果表明,淀粉酶对紫薯液化过程的最佳条件为酶添加量0.12%,酶解pH值6.0,酶解温度50℃,酶解时间30min,此时出汁率为68.00%。果胶酶、糖化酶对混合果汁酶解过程的最佳条件为酶添加量0.10%,酶解pH值4.0,酶解温度50℃,酶解时间90min,此时混合果汁的出汁率为70.65%,最优配方及发酵工艺条件为:物料比1:5,紫薯:梨为1:1,酵母添加量4%,白砂糖添加量15%,28℃发酵5天,制得紫薯梨复合果酒,测得复合果酒的酒精度为12.8%。

**关键词:**黄冠梨;紫薯;复合果酒;酶解工艺;发酵工艺

中图分类号:S 816.7;Q 933 文献标识码:A 文章编号:1007-7561(2017)06-0061-04

## Brewing technologic of compound fruit wine with Huangguan pear and purple sweet potato

CHU Yuan-ming, LI wen, WANG tao, GAO Zhao-jian, CUI Jue, XUE Qing-qing, YOU Jian-min

(Key Laboratory of Food Resource Development and Quality Safety of Jiangsu Province, Xuzhou Institute of Technology, Xuzhou Jiangsu 221018)

**Abstract:** Huangguan pear and purple sweet potato were selected as main raw materials to make compound fruit wine by liquefying with amylase, saccharifying with pectinase and saccharifying enzyme, adding sugar and fermenting with inoculating yeast. The process was optimized by single-factor and orthogonal tests. The results showed that the optimal condition for liquefaction process of purple sweet potato was the amount of amylase 0.12%, pH value 6.0, temperature 50℃, and time 30 min, then the juice yield was 68.00%; the optimal condition for saccharification of the mixed juice was 0.1% of pectinase and glucoamylase (1:1), pH value 4.0, temperature 50℃ and time 90 min, then the juice yield was 70.65%; the optimal formula and fermentation condition was ratio of material to solution 1:5, ratio of purple sweet potato to pear 1:1, 15% of sugar, inoculum concentration 4%, incubation temperature 28℃, and fermentation time 5 days, then the alcohol content was up to 12.8%.

**Key words:** Huangguan pear; purple sweet potato; compound fruit wine; enzyme hydrolytic technology; fermentation technology

紫薯,本来称作川山紫,也称紫番薯、紫红薯、紫甘薯,因为其薯皮呈紫红色甚至接近淡黑色,肉呈紫色甚至深紫色而得名,由于紫薯含有丰富的膳食纤维以及营养价值,并且还含有花青素、碘、硒以及锌等微量活性元素,具有抗氧化作用,延缓人体衰老,还具有抗癌、抗突变的作用,其应用范围越来

越广泛<sup>[1-6]</sup>。我国的紫薯产量高但是利用率很低,深加工更是不足,因此浪费严重。

梨的营养丰富,素有百果之宗的美称,在果品中具有重要的地位<sup>[7-8]</sup>。含有蛋白质,脂肪,碳水化合物,粗纤维等营养成分,且含有钙、磷、铁等矿物质,还有一定量的维生素B<sub>2</sub>族、维生素B<sub>1</sub>族、胡萝卜素、苹果酸和多种人体必需氨基酸等<sup>[9]</sup>。虽然我国是梨的生产大国,但梨的深加工产品市场占有率却较低,因而造成了产业结构不合理、资源浪费等现象<sup>[10]</sup>。

在我国的果酒产业中,葡萄酒所占份额比较

收稿日期:2017-04-14

基金项目:江苏省“333”工程项目(BRA2016274);江苏省高校自然科学基金面上项目(15KJD550002);国家大学生创新创业训练计划项目(xcx2016009);江苏省重点研发计划项目(BE2016316)

作者简介:储渊明,1996年出生,男,本科生。

通讯作者:李文,1982年出生,女,副教授,博士。

大,严重影响了复合型果酒的研制生产与发展,而且我国是水果生产大国,每年都有很大一部分水果得不到完全的使用,大大浪费了我国的资源,同时在传统果酒的酿制过程中,往往是单一一种水果进行,色泽单一,营养功能缺失。因此,利用水果开发加工新产品特别是以梨、紫薯等水果原料酿造复合型果酒是消化水果的最好出路,既可利用资源优势,又可以果代粮酿酒,节约酿酒用粮,增加果农的经济收入,推动中国酒业的发展。目前果酒发酵工艺一般采取水果榨汁,果汁混合,糖、酸调整,杀菌,然后进行发酵<sup>[11]</sup>,也有添加果胶酶增强澄清效果<sup>[12]</sup>,但没有添加淀粉酶、果胶酶、糖化酶等进行液化和糖化,水果资源利用程度低,出汁率不高。因此,针对徐州丰富的紫薯和梨资源,本文以紫薯与黄冠梨混合果汁为酿造原料,将新鲜紫薯洗涤,破碎,打浆,淀粉酶进行酶解液化,分离上清液,添加新鲜制备的黄冠梨果汁,果胶酶和糖化酶进行酶解,液化,糖化,利用实验室筛选得到的库德里阿兹威氏毕赤果酒酵母进行发酵工艺优化,获得紫薯黄冠梨复合果酒。这样既可以提高农产品的附加值,又增加了果农收入,同时为酒类市场提供一个新的品种,具有较好的经济效益和社会效益。

## 1 材料与方法

### 1.1 材料与试剂

黄冠梨,紫薯采购于徐州超市;果酒酵母(*Pichia kudriavzevii*):从四川万源富硒猕猴桃中筛选得到; $\alpha$ -淀粉酶、果胶酶和糖化酶:上海源叶生物科技有限公司;无水乙醇:分析纯,国药集团化学试剂有限公司;其他试剂均为分析纯。

### 1.2 仪器与设备

循环水式多用真空泵:郑州长城科工贸有限公司;飞利浦搅拌机:珠海经济特区飞利浦家庭电器有限公司;酸度计,上海市羲精密仪器有限公司;HH. B11. 600-S-II 型电热恒温培养箱上海跃进医疗器械厂;DL-5 低速大容量离心机上海安亭科学仪器厂。

### 1.3 工艺过程

新鲜紫薯→洗涤→破碎→打浆→淀粉酶(酶解)  
 →分离→上清液→糖化酶、果胶酶(酶解)→酒精发酵  
 ↑ ↑  
 梨汁 酵母菌  
 →过滤→调配→灭菌→成品

### 1.4 实验方法

#### 1.4.1 原材料的选择和预处理

选择优质的新鲜紫薯,洗净后先切成块状放入 1% 的柠檬酸亚锡二钠溶液中浸泡 46 min,进行护色;将经过护色的紫薯块继续切成片状,放入 98 °C 的热水中漂烫 10 min,捞出冷却,放入打浆机中粉碎成泥状,将新鲜黄冠梨清洗完去皮去核后放在榨汁机里,榨汁,分别得紫薯泥和黄冠梨果汁。

水中漂烫 10 min,捞出冷却,放入打浆机中粉碎成泥状,将新鲜黄冠梨清洗完去皮去核后放在榨汁机里,榨汁,分别得紫薯泥和黄冠梨果汁。

#### 1.4.2 淀粉酶对紫薯液化过程的影响

取 20 g 薯泥,加入 100 mL 蒸馏水,转到 250 mL 的锥形瓶中制样液,正交试验考察酶解温度、酶解时间、酶添加量和 pH 对紫薯液化的影响。

#### 1.4.3 果胶酶、糖化酶对紫薯梨混合果汁酶解糖化过程的影响

取 10 g 薯泥(液化后的),加入 10 g 梨汁,混合,加入 100 mL 蒸馏水,转到 250 mL 的锥形瓶中制样液,正交试验考察酶解温度、酶解时间、酶添加量和 pH 对紫薯梨混合果汁液化的影响。

#### 1.4.4 果酒酵母种子液的制备

库德里阿兹威氏毕赤果酒酵母在 YPD 培养基(酵母浸膏 1%、蛋白胨 2%、葡萄糖 2%)进行活化,活化培养基装液量为 150 mL/250 mL,取库德里阿兹威氏毕赤果酒酵母 2 匙(3 mL)放于液体培养基中,30 °C,120 r/min 培养 24 h,控制菌数在  $10^7$  个/mL,得果酒酵母一级培养液;按照 3% 的接种量将一级培养液加入到麦芽汁培养基中,30 °C,120 r/min 培养 24 h,控制菌数在  $10^7$  个/mL 左右,即得果酒酵母种子液。

#### 1.4.5 酒精发酵工艺正交优化

对发酵时间、发酵温度、酵母添加量、加糖量四个因素按照  $L_9(3^4)$  进行正交试验设计以确定紫薯梨混合果汁的最佳酒精发酵条件。

## 1.5 分析方法

酒精度测定:GB/T 15038—2006(葡萄酒、果酒通用分析方法)酒精计法;总糖、还原糖测定:GB/T 15038—2006 斐林试剂直接测定法;pH 值测定:pH 酸度计;总酸测定:GB/T 12456—2008;微生物指标检测 GB/T 4789—2010:细菌菌落总数、大肠菌群、致病菌。

## 2 结果与分析

### 2.1 淀粉酶对紫薯液化过程的正交优化

结合单因素实验,选择酶解温度、酶解时间、酶添加量及酶解 pH 为影响因素,选用  $L_9(3^4)$  正交表进行试验,因素水平如表 1 所示,正交试验结果如表 2 所示。

表 1 正交试验因素水平

水平	因素			
	酶解温度 /°C	酶解时间 /min	酶添加量 /%	pH
	A	B	C	D
1	50	20	0.10	5.5
2	55	30	0.12	6.0
3	60	60	0.14	6.5

表2 淀粉酶对紫薯液化过程的正交优化

编号	A	B	C	D	出汁率/%
1	1	1	1	1	62.00
2	1	2	2	2	68.00
3	1	3	3	3	31.79
4	2	1	2	3	39.10
5	2	2	3	1	44.33
6	2	3	1	2	39.44
7	3	1	3	2	42.06
8	3	2	1	3	45.17
9	3	3	2	1	36.16
均值1	53.930	47.720	48.870	47.497	
均值2	40.957	52.500	47.753	49.833	
均值3	41.130	35.797	39.393	38.687	
极差	12.973	16.703	9.477	11.146	
因素主次	B > A > D > C				
最优方案	A <sub>1</sub> B <sub>2</sub> C <sub>1</sub> D <sub>2</sub>				

由表2可知,各因素对紫薯液化过程的影响顺序是:因素B(酶解时间) > 因素A(酶解温度) > 因素D(酶解pH) > 因素C(酶添加量)。比较均值的大小可以看出,四因素的最佳组合为:A<sub>1</sub>B<sub>2</sub>C<sub>1</sub>D<sub>2</sub>,即酶解温度为50℃,酶解时间为30min,酶添加量为0.10%,酶解pH为6.0。由于最佳组合不在正交试验设计中,需做验证试验。按照正交试验优选组合A<sub>1</sub>B<sub>2</sub>C<sub>1</sub>D<sub>2</sub>和试验设计中的最优组合A<sub>1</sub>B<sub>2</sub>C<sub>2</sub>D<sub>2</sub>,平行3次,进行验证,正交试验优选组合A<sub>1</sub>B<sub>2</sub>C<sub>1</sub>D<sub>2</sub>的出汁率均值为65.32%,而试验设计中的最优组合A<sub>1</sub>B<sub>2</sub>C<sub>2</sub>D<sub>2</sub>的出汁率均值为68.00%,显著高于正交设计优选组合的出汁率(P < 0.01)。

因此,淀粉酶对紫薯液化过程的最佳优选组合为A<sub>1</sub>B<sub>2</sub>C<sub>2</sub>D<sub>2</sub>,即酶解温度为50℃,酶解时间为30min,酶添加量为0.12%,酶解pH为6.0,在此最优组合下,淀粉酶对紫薯液化过程的出汁率为68.00%。

### 2.2 果胶酶、糖化酶对混合果汁酶解糖化过程的正交优化

结合单因素实验,选择酶解温度、酶解时间、酶添加量(果胶酶、糖化酶按照1:1)及酶解pH为影响因素,选用L<sub>9</sub>(3<sup>4</sup>)正交表进行试验,因素水平表如表3所示,正交试验结果如表4所示。

表3 正交试验因素水平

水平	因素			
	酶解温度/℃	酶解时间/min	酶添加量/%	pH
	A	B	C	D
1	45	30	0.10	3.0
2	50	60	0.12	4.0
3	55	90	0.14	5.0

表4 果胶酶、糖化酶对混合果汁酶解过程的正交优化

编号	A	B	C	D	出汁率/%
1	1	1	1	1	55.30
2	1	2	2	2	5.458
3	1	3	3	3	60.21
4	2	1	2	3	49.40
5	2	2	3	1	62.30
6	2	3	1	2	70.65
7	3	1	3	2	52.95
8	3	2	1	3	54.85
9	3	3	2	1	
均值1	57.987	52.550	60.267	57.000	
均值2	60.783	58.533	53.750	60.683	
均值3	53.733	61.420	58.487	54.820	
极差	7.050	8.870	6.517	5.863	
因素主次	B > A > C > D				
最优方案	A <sub>2</sub> B <sub>3</sub> C <sub>1</sub> D <sub>2</sub>				

由表4可知,各因素对果胶酶、糖化酶混合果汁酶解过程的影响顺序是:因素B(酶解时间) > 因素A(酶解温度) > 因素C(酶添加量) > 因素D(酶解pH)。比较均值的大小可以看出,四因素的最佳组合为:A<sub>2</sub>B<sub>3</sub>C<sub>1</sub>D<sub>2</sub>,即酶解温度为50℃,酶解时间为90min,酶添加量为0.10%,酶解pH为4.0。此组合在正交试验的9种组合里面恰好也是出汁率最高的,由此确定果胶酶、糖化酶对混合果汁酶解过程的最佳组合方式为:A<sub>2</sub>B<sub>3</sub>C<sub>1</sub>D<sub>2</sub>,在此条件下,混合果汁的出汁率为70.65%。

### 2.3 酒精发酵工艺的正交优化

在最佳紫薯梨配比及最佳酶解液化糖化工艺条件下,结合单因素实验,选择发酵温度、发酵时间、酵母接种量及加糖量为影响因素,选用L<sub>9</sub>(3<sup>4</sup>)正交表进行试验,因素水平如表5所示,正交试验结果如表6所示。

表5 正交试验因素水平

水平	因素			
	发酵时间/d	发酵温度/℃	酵母添加量/%	加糖量/%
	A	B	C	D
1	3	24	3	15
2	4	26	4	20
3	5	28	5	25

表6 发酵条件的正交优化

编号	A	B	C	D	20℃下酒精度/%
1	1	1	1	1	10.9
2	1	2	2	2	9.1
3	1	3	3	3	10.5
4	2	1	2	3	11.4

续表6

编号	A	B	C	D	20℃下酒精度/%
5	2	2	3	1	8.6
6	2	3	1	2	7.2
7	3	1	3	2	11.8
8	3	2	1	3	9.5
9	3	3	2	1	12.7
均值1	10.167	11.367	9.200	10.733	
均值2	9.067	9.067	11.067	9.367	
均值3	11.333	6.133	10.300	10.467	
极差	2.266	2.300	1.867	1.366	
因素主次	B > A > C > D				
最优方案	A <sub>3</sub> B <sub>1</sub> C <sub>2</sub> D <sub>1</sub>				

由表6可知,各因素对混合果汁的酒精发酵的影响顺序是:因素B(发酵温度) > 因素A(发酵时间) > 因素C(酵母添加量) > 因素D(加糖量)。比较均值的大小可以看出,四因素的最佳组合为:A<sub>3</sub>B<sub>1</sub>C<sub>2</sub>D<sub>1</sub>,即发酵时间为5 d,发酵温度为24℃,酵母添加量为4%,加糖量为15%。此组合在正交试验的9种组合里面没有出现,需做验证试验。按照正交试验优选组合A<sub>3</sub>B<sub>1</sub>C<sub>2</sub>D<sub>1</sub>和试验设计中的最优组合A<sub>3</sub>B<sub>3</sub>C<sub>2</sub>D<sub>1</sub>,平行3次,进行验证,正交试验优选组合A<sub>3</sub>B<sub>1</sub>C<sub>2</sub>D<sub>1</sub>的酒精度均值为11.8%,而试验设计中的最优组合A<sub>3</sub>B<sub>3</sub>C<sub>2</sub>D<sub>1</sub>的酒精度均值为12.8%,显著高于正交设计优选组合的出汁率(P < 0.05)。因此,紫薯梨复合果酒发酵过程中的最佳优选组合为A<sub>3</sub>B<sub>3</sub>C<sub>2</sub>D<sub>1</sub>,即发酵时间为5 d,发酵温度为28℃,酵母添加量为4%,加糖量为15%,在此最佳组合下,紫薯梨混合果汁的酒精度为12.8%。

## 2.4 紫薯梨复合果酒质量标准

### 2.4.1 感官指标

色泽:质地细腻、稳定,颜色均匀,澄清透明,具有紫薯的酒红色;香气:具有紫色红薯和梨的芳香,酒体丰满,果香酒香优雅;滋味:酸甜适宜,爽口。

### 2.4.2 理化指标

紫薯梨混合果汁发酵,酒精度(20℃,酒精计):12%~13%;总糖(以葡萄糖计)≤35 g/L;总酸(以柠檬酸计)4 g/L~6 g/L;总SO<sub>2</sub>浓度≤25 mg/L。

### 2.4.3 卫生指标

细菌总数35 CFU/mL,大肠菌群 < 3 mpn/100 mL,致病菌未检出。

## 3 结论

以紫薯、梨为研究对象,研究紫薯梨复合果酒的制备工艺。通过单因素试验,确定淀粉酶对紫薯液化过程的影响,以单因素试验为基础,进行正交试验获得紫薯液化最优组合,即酶解温度为50℃;

酶解时间30 min;酶添加量0.12%;酶解pH为6.0,在此最佳酶解组合下,紫薯液化出汁率为68.00%。通过单因素试验,确定果胶酶、糖化酶对紫薯梨混合果汁酶解过程的影响,以单因素试验为基础,进行正交试验获得紫薯梨混合果汁糖化最优组合,即酶解温度为50℃;酶解时间为90 min;酶添加量为0.10%;酶解pH为4.0,在此最佳酶解组合下,紫薯梨混合果汁糖化出汁率为70.65%。对酒精发酵过程中的各因素(发酵时间、发酵温度、酵母添加量、加糖量)进行优化后,得到复合果酒的最佳发酵时间为5 d,发酵温度为28℃,酵母添加量为4%,加糖量为15%。在最优条件下,紫薯梨复合果酒的酒精度为12.8%。制备的紫薯黄冠梨复合果酒感官指标、理化指标和微生物指标均达到国标要求,是一种保健价值高、应用范围的新型低度酒饮品。

## 参考文献:

- [1] 叶雪英,刘功德,梁立娟,等.紫薯饮料的研究进展,产业化现状及展望[J].农业研究与应用,2013,(6):69-71.
- [2] Kinoshita O, Norihiko T, Norio S. Chemical structures of two anthocyanins from purple sweet potato [J]. Phytochem, 1992, 31(6): 2127-2130.
- [3] 余燕影,王杉,曹树稳,等.川山紫薯色素提取分离及主要组成成分分析[J].食品科学,2004,25(11):167-170.
- [4] Ji - Eun Chun, Moo - Yeol Baik, Byung - Yong Kim. Manufacture and quality evaluation of purple sweet potato Makgeolli vinegar using a 2 - stage fermentation [J]. Food Science and Biotechnology, 2014, 23(4): 1145 - 1149.
- [5] Shu - Mei Wang, Dong - Jin Yu, Kyung Bin Song. Quality characteristics of purple sweet potato (Ipomoea batatas) slices dehydrated by the addition of maltodextrin [J]. Horticulture, Environment, and Biotechnology, 2011, 52(4): 435 - 441.
- [6] 吴骏,夏道宗,吴晓敏,等.紫薯原花青素复合功能性饮料的研制[J].现代食品科技,2012,28(12):1739-1742.
- [7] 赵小峰,王治业,王洁,等.共固定化复合菌种混合发酵冬果梨果醋工艺研究[J].食品研究与开发,2008,29(4):117-119.
- [8] Verzelli E, Tagliacucchi D, Conte A. Relationship between the antioxidant properties and the phenolic and flavonoid content in traditional balsamic vinegar [J]. Food Chemistry, 2007, 105(2): 564-571.
- [9] 谢定,钟海雁,崔涛,等.响应面法优化水晶梨果醋发酵工艺条件[J].中国食品学报,2009,9(2):92-98.
- [10] 郝瑶,李文,成萌,等.响应面优化皇冠梨果醋发酵工艺[J].食品工业,2016,37(5):35-41.
- [11] 王汉屏.营养型苹果枣复合果酒发酵工艺的研究[J].食品工业科技,2009,30(7):173-175.
- [12] 徐安书,郭健,汪海英.杨梅果酒发酵工艺的研究[J].食品研究与开发,2015,36(3):67-71.