

响应面法优化苦荞干黄酒主发酵工艺

万萍, 张宇, 杨兰, 杨文波, 赵钢*

(成都大学 生物产业学院, 四川 成都 610106)

摘要: 以 1:1 的苦荞米和糯米为原料,通过单因素试验研究了主发酵过程中发酵时间、酒药质量分数、麦曲质量分数、冲缸加水比、发酵温度对苦荞干黄酒主发酵的影响,并以主发酵乙醇体积分数为响应值,采用响应面法对苦荞干黄酒的主发酵工艺进行了优化。结果表明,酒药质量分数 0.6%,麦曲质量分数 3.74%,冲缸加水比为 1.2 mL/g,发酵温度 29.0 °C,主发酵时间 8 d,在该条件下的乙醇体积分数最高为 17.0%(20 °C),所得到的产品色香味俱佳,并具有苦荞干黄酒独特的风格。

关键词: 苦荞米;糯米;干黄酒;主发酵;响应面法

中图分类号:TS 262.4 文献标志码:A 文章编号:1673—1689(2015)11—1185—07

Optimization of Main Fermentation Technology for Buckwheat Dry Rice Wine by Response Surface Method

WAN Ping, ZHANG Yu, YANG Lan, YANG Wenbo, ZHAO Gang*

(College of Biotechnology, Chengdu University, Chengdu 610106, China)

Abstract: With 1:1 buckwheat rice and glutinous rice as raw materials, the impacts of fermentation time, the mass fraction of jiuyao and wheat starter, proportion of water added into fermenter, fermentation temperature on buckwheat dry rice wine fermentation during the main fermentation process were studied by single factor experiment. The alcoholic strength of main fermentation was used as the response value to optimize main fermentation technology for buckwheat dry rice wine by adopt response surface method. The results indicated that under the condition of 0.6% jiuyao, 3.74% wheat starter, 1.2 mL/g proportion of water added into raw material, 29.0 °C fermentation temperature, and 8 d fermenting time, the alcoholic concentration up to 17.0%(20 °C), the product is aroma and has a unique taste style of buckwheat dry rice wine.

Keywords: buckwheat, glutinous rice, dry rice wine, main fermentation, response surface method

中国栽培苦荞的历史已有 2 000 多年,苦荞麦的种植面积和产量均居世界第一^[1]。苦荞麦分布广

收稿日期: 2015-04-03

基金项目: 国家“十二五”科技支撑计划项目(2012BAD34B05-13);成都市经济和信息化委员会专项项目(201301012);四川省科技支撑计划项目(2012NZ0031)。

作者简介: 万萍(1963—),女,四川邛崃人,工学学士,副教授,主要从事食品发酵工程方面的研究。E-mail: wanp66@aliyun.com

* 通信作者: 赵钢(1959—),男,四川会理人,理学学士,教授,硕士研究生导师,主要从事杂粮综合开发利用研究。

E-mail: zhaogang@cdu.edu.cn

泛,主要集中在云南、贵州、四川、湖南、湖北、江西等省,尤其是云贵川比邻的高山丘陵地带^[1]。它营养价值极高,富含氨基酸、蛋白质、脂肪、维生素、无机盐与微量元素、食物纤维等,还含有独特的生物活性成分——黄酮类化合物^[2]。相关研究证明,黄酮类化合物具有明显降低血糖、血脂的作用^[3]。

黄酒是我国独有的最古老的酒种,其酒体温和、鲜美可口、营养丰富,有着悠久的酒文化内涵和食疗文化的历史,医学上常以其作为“药引子”,故素有“百药之长”之美称^[4]。在祖国医林中,光彩夺目,独具一格。从古至今糯米作为黄酒生产最好的原料,在我国黄酒生产史上发挥了重要的作用。黄酒的品质和风味与酿造用米的品种、食感有很大关系。食感越好(如糯米),酿造成酒的风味也越好^[5]。

目前以苦荞为原料的发酵酒类产品有很多,如苦荞糯米甜酒、苦荞红曲保健酒、苦荞糯米保健酒^[4,7-8]等,深受广大消费者的欢迎。作者以苦荞米和优质糯米为主要原料,采用传统发酵工艺酿制一种新型的苦荞干黄酒,旨在充分利用糯米、苦荞米和麦曲中所含的多种氨基酸、有机酸、多糖等成分的同时,将苦荞米中具有保健功能的有效因子芦丁、槲皮素、D-手性肌醇等溶进酒中,可使其食疗效果发挥得更好^[5]。而且,由于干酒的含糖量少,可以满足特殊人群的需求。采用响应面法对苦荞干黄酒主发酵工艺进行优化,为生产具有特殊营养和风味的苦荞干黄酒提供参考,并为苦荞发酵酒新产品的开发提供科学依据。

1 材料与方法

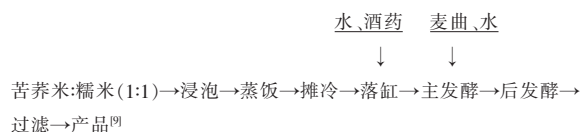
1.1 材料与仪器

1.1.1 材料 糯米:市售;苦荞米:米荞一号,四川强劲奥林食品饮料有限公司;麦曲:市售;黄酒酒药:市售;芦丁标准品:成都普菲德生物技术有限公司。

1.1.2 主要仪器 LD型电子天平:沈阳龙腾电子有限公司;BS110S型分析天平:北京赛多利斯天平有限公司;DHG-9141型电热恒温干燥箱:上海宏精实验设备有限公司;GNP-9270型电热恒温培养箱:上海齐欣科技有限公司;WFJ7200型分光光度计:尤尼柯上海仪器有限公司;JB-2型磁力恒温搅拌器:上海雷磁仪器厂新泾分厂;PHS-3C型酸度计:四川新科仪器有限公司。

1.2 试验方法

1.2.1 苦荞干黄酒发酵工艺流程



1.2.2 操作要点 苦荞米和糯米按 1:1 混合,每组称取 400 g,常温浸米,以水面超过米面 6~10 cm 为宜,浸泡 24 h。浸米的程度以米粒完整而用手指掐米粒成粉状、无粒心为好。浸渍后的米用清水冲净浆水、沥干后用蒸锅蒸 20 min,上汽 3 min 和 15 min 时分别洒一次水,再焖 5 min。对蒸饭的要求是熟而不糊,内无白心。将蒸熟的饭摊冷并放入 2 L 广口瓶中(先用沸水灭菌),加水使每只瓶内的饭重达到 800 g(即出饭率 200%),待饭冷却至 35~40 ℃ 时加入酒药,搅拌均匀,中间搭成倒置的喇叭状凹圆窝,盖上纱布,置于恒温培养箱进行主发酵。2 d 后添加麦曲和水进行冲缸,此后 8~12 h 开头耙,再过 4~6 h 开二耙,过 3~4 h 开三耙,以后每 3 天开耙 1 次。主发酵结束后,将其密封并置于室温进行后发酵,时间约 3 个月。过滤得到产品。

1.2.3 理化指标检测方法 总糖质量浓度的测定:亚铁氰化钾滴定法^[10];总酸质量浓度的测定:电位滴定法^[10];乙醇体积分数的测定:密度瓶法^[11];氨基酸态氮的测定:电位滴定法^[10];非糖固形物的测定:干燥法^[10];黄酮质量浓度的测定:GB/T 20574-2006。

1.2.4 试验设计 首先选取影响苦荞干黄酒发酵的主要因素:发酵时间、酒药质量分数、麦曲质量分数、冲缸加水比和发酵温度等进行单因素试验,测定其在主发酵过程中的总糖、总酸和乙醇体积分数,以判断发酵是否正常,并以乙醇体积分数为主要指标来确定最适的单因素条件。在单因素试验的基础上,以乙醇体积分数为响应值,采用响应面法对苦荞干黄酒的主发酵工艺条件进行优化。每组做两个平行样,结果取两个样的平均值。

2 结果与分析

2.1 单因素试验

2.1.1 发酵时间对主发酵的影响 选定酒药质量分数为 0.6%,麦曲质量分数为 4%,冲缸加水比为 1.2 mL/g,发酵温度为 30 ℃,分别在发酵第 4、6、8、10、12 天时测定酒醅的总糖、总酸和乙醇体积分数,以确定最适宜的主发酵时间,结果见图 1。

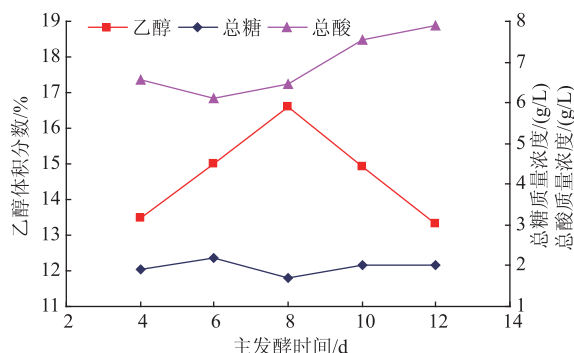


图1 发酵时间对主发酵的影响

Fig. 1 Effect of fermentation time on main fermentation

由图1可知,随着发酵时间的增加,酒醅的乙醇体积分数逐渐增加,在8 d时乙醇体积分数达到最高,为16.6%。随着时间继续增加,乙醇体积分数却有所下降,说明超过8 d以后乙醇有所挥发,或是转化生成了其他的物质,如酯类等。因此确定其最适主发酵时间为8 d。

2.1.2 酒药质量分数对主发酵的影响 酒药作为黄酒生产的糖化发酵剂,具有糖化发酵力强而用量少的优点^[12]。酒药质量分数太少,则微生物数量较少,发酵不充分,乙醇体积分数偏低;酒药质量分数过多,又会导致微生物数量太多,在有限的空间内会相互抑制,也会对最终的乙醇体积分数产生影响。

选定麦曲质量分数为4%,冲缸加水比为1.2 mL/g,发酵温度为30℃,酒药质量分数分别为0.4%、0.5%、0.6%、0.7%、0.8%,在发酵第8天时测定酒醅的总糖、总酸和乙醇体积分数,以确定最适宜的酒药质量分数,结果见图2。

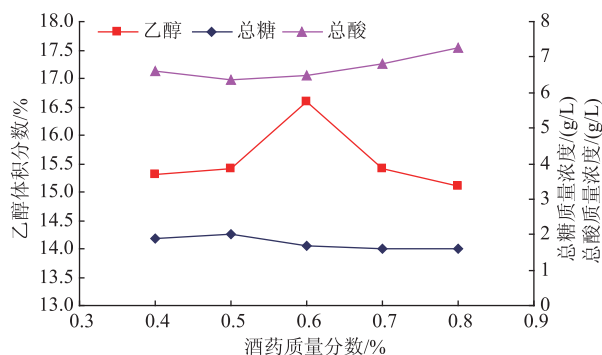


图2 酒药质量分数对主发酵的影响

Fig. 2 Effect of the mass fraction of jiu Yao on main fermentation

如图2所示,在其它条件相同的情况下,酒药质量分数不同,乙醇体积分数也不同。酒药质量分

数从0.4%增加到0.8%,乙醇体积分数呈现出先升高后降低的趋势,在酒药质量分数0.6%时,乙醇体积分数达最大值16.6%,因此确定最适酒药质量分数为0.6%。

2.1.3 麦曲质量分数对主发酵的影响 麦曲为黄酒酿造提供各种酶类,主要是淀粉酶和蛋白酶,促使各种原料中所含淀粉、蛋白质等高分子物质的水解。同时在制曲过程中形成的各种代谢产物,以及由这些代谢产物相互作用产生的色泽香味等,赋予黄酒酒体独特的风格^[12]。麦曲质量分数过低,酶量不足,原料利用率低,发酵不充分;麦曲质量分数过高,超过了酶促反应所需的最佳量,也会影响发酵的进行,导致最终的乙醇体积分数偏低。

选定酒药质量分数为0.6%,冲缸加水比为1.2 mL/g,发酵温度为30℃,麦曲质量分数分别为3%、4%、5%、6%、7%,在发酵第8天时测定酒醅的总糖、总酸和乙醇体积分数,以确定最适宜的麦曲质量分数,结果见图3。

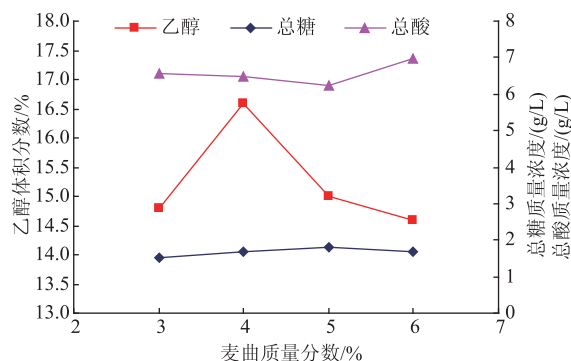


图3 麦曲质量分数对主发酵的影响

Fig. 3 Effect of the mass fraction of the wheat starter on main fermentation

如图3所示,随着麦曲质量分数的增加,乙醇体积分数呈先上升再下降的趋势,在麦曲质量分数为4%时,乙醇体积分数达到最大值16.6%,因此确定最适麦曲质量分数为4%。

2.1.4 冲缸加水比对主发酵的影响 水在黄酒成品中占80%以上,它是物料和酶的溶剂,生化酶促反应都须在水中进行,水中的金属元素和离子是微生物必需的养分和刺激物,并对调节酒的pH及维持胶体稳定性起着重要作用^[12]。冲缸加水比适宜,则整个发酵系统有了适当的溶剂,反应很迅速;当加水比增大,水量增加,溶液被稀释,各种微生物与酶与原料的接触面积减小,导致乙醇体积分数下降。

选定酒药质量分数为 0.6%，麦曲质量分数为 4%，发酵温度为 30℃，分别设定冲缸加水比为 1.1、1.2、1.3 mL/g，在发酵第 8 天时测定酒醅的总糖、总酸和乙醇体积分数，以确定最适宜的冲缸加水比，结果见图 4。

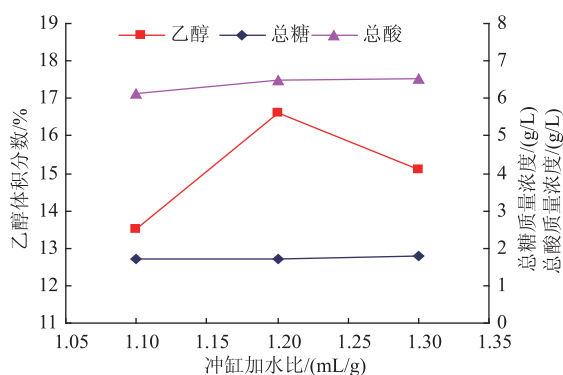


图 4 冲缸加水比对主发酵的影响

Fig. 4 Effect of add water than raw materials on main fermentation

如图 4 所示，冲缸加水比对乙醇体积分数有一定的影响。冲缸加水比从 1.1 mL/g 上升到 1.2 mL/g 时，乙醇体积分数呈上升趋势；当冲缸加水比从 1.2 mL/g 继续上升到 1.3 mL/g 时，乙醇体积分数呈下降趋势。冲缸加水比 1.2 mL/g 时，乙醇体积分数达到最大值 16.6%，因此确定最适冲缸加水比为 1.2 mL/g。

2.1.5 发酵温度对主发酵的影响 发酵温度对酒的酿造至关重要，温度过低或过高都会影响微生物的生长及酶的活性。温度过低，酶的活性受到影响，导致乙醇体积分数偏低；温度过高，发酵速度过快，同时生酸也快，不仅影响乙醇的生成而且还会影响酒的品质。

选定酒药质量分数为 0.6%，麦曲质量分数为 4%，冲缸加水比为 1.2 mL/g，分别设定发酵温度为 27、30、33℃，在发酵第 8 天时测定酒醅的总糖、总酸和乙醇体积分数，以确定最适宜的发酵温度，结果见图 5。

如图 5 所示，发酵温度上升，相应的乙醇体积分数也上升，但当发酵温度超过 30℃后，乙醇体积分数开始下降。发酵温度 30℃时，乙醇体积分数达到最大值 16.6%，因此确定最适发酵温度 30℃。

2.2 响应面优化试验

2.2.1 响应曲面法试验设计 根据 Box-Behnken 的中心组合实验设计原则，采用 3 因素 3 水平，以酒药质量分数、麦曲质量分数、发酵温度为主要考察因素，运用响应面设计实验组。其响应面实验因素与编码见表 1。

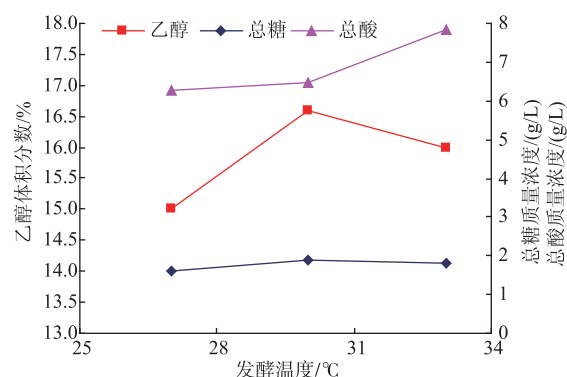


图 5 发酵温度对主发酵的影响

Fig. 5 Effect of fermentation temperature on main fermentation

表 1 Box-Behnken 实验因素及编码

Table 1 Factors and levels of Box-Behnken experiment design

水平	因素		
	酒药质量分数/(%) (A)	麦曲质量分数/(%) (B)	发酵温度/℃ (C)
1	0.5	3	27
2	0.6	4	30
3	0.7	5	33

2.2.2 模型方程的建立与显著性影响 按照 Box-Behnken 试验设计的统计学要求，根据试验因素和水平的要求，设计 17 次试验，实验结果见表 2。

表 2 响应面实验设计与结果

Table 2 Results of experiment of combination rotational design

组别	酒药质量分数/%	麦曲质量分数/%	发酵温度/℃	乙醇体积分数/%
1	0.5	5	30	15.47
2	0.7	3	30	14.87
3	0.6	3	27	15.82
4	0.6	5	27	15.81
5	0.6	4	30	16.64
6	0.7	4	27	16.14
7	0.6	4	30	16.81
8	0.6	4	30	16.87
9	0.5	4	33	14.44
10	0.6	3	33	15.34
11	0.6	4	30	16.57
12	0.5	4	27	15.54
13	0.7	4	33	13.32
14	0.6	4	30	16.34
15	0.7	5	30	14.87
16	0.5	3	30	15.35
17	0.6	5	33	13.43

2.2.3 响应面实验结果及分析 用 Design-Expert 统计软件对表 2 中的实验数据进行二次回归分析,得到多元二次回归方程为:

乙醇体积分数=16.65-0.13A-0.48B-0.72C-0.030AB-0.43AC-0.48BC-0.87A²-0.63B²-0.91C²+0.51A²B-0.26A²C-0.14AB²

回归方程模型的 *p* 值为 0.001 9,表明该模型显著(*p*<0.05),说明方程对实验的拟合度较好,实验误差小,因此该模型可以真实地拟合和推测实际情况;模型的决定系数 *R*²=0.990 4,说明模型拟合程度良好,试验误差较小,该模型是比较合适的。

从表 3 可以看出,3 个因素对响应值乙醇体积分数的影响大小分别是 *C*(发酵温度)极显著、*B*(麦

曲质量分数)显著,而 *A*(酒药质量分数)不显著。因素 *A*²、*B*²、*C*² 对响应值的曲面效应极显著;因素 *A*²*B*、*AC*、*BC* 对响应值的交互影响显著,说明 3 个因素均不同程度的对响应值产生显著或极显著的影响,本实验设计的因素选择是成功的。回归方程模型的 *F* 模型=34.33>*F*_{0.01},且 *P*=0.001 9,表明该模型极显著(*P*<0.05),不同主发酵工艺间的差异极显著,说明方程对实验的拟合度较好,实验误差小,因此该模型可以真实地拟合和推测实际情况;模型的决定系数 *R*²=0.990 4,说明模型 99.04%的实验数据的可变性可用此模型解释,仅有总变异的 0.96%不能用此模型解释;回归模型的拟合程度良好,预测值与实验值高度相关,试验误差小,该模型是合适的。

表 3 回归模型系数显著性检验结果

Table 3 Results of significant test for regression coefficient

方差来源	平均和	自由度	均方	<i>F</i> 值	<i>p</i> 值	显著性
模型	18.18	12	1.51	34.33	0.001 9	**
<i>A</i> 酒药质量分数	0.068	1	0.068	1.53	0.283 5	#
<i>B</i> 麦曲质量分数	0.92	1	0.92	20.88	0.010 3	*
<i>C</i> 发酵温度	2.04	1	2.04	46.34	0.002 4	**
<i>AB</i>	0.003 6	1	0.003 6	0.082	0.789 4	#
<i>AC</i>	0.74	1	0.74	16.76	0.014 9	*
<i>BC</i>	0.90	1	0.90	20.45	0.010 6	*
<i>A</i> ²	3.21	1	3.21	72.72	0.001 0	**
<i>B</i> ²	1.69	1	1.69	38.23	0.003 5	**
<i>C</i> ²	3.56	1	3.56	89.25	0.000 1	**
<i>A</i> ² <i>B</i>	0.52	1	0.52	11.79	0.026 5	*
<i>A</i> ² <i>C</i>	0.14	1	0.14	3.18	0.149 0	#
<i>AB</i> ²	0.039	1	0.039	0.89	0.399 3	#
净误差	0.18	4	0.054 4	—	—	—
总和	18.36	16	—	—	—	—
<i>R</i> ² =0.990 4						

p<0.01,极显著“**”;0.01<*p*<0.05,显著“*”;*p*>0.05,不显著“#”

利用 Design Expert 对表中的数据进行二次多元回归拟合,可以得到二次回归方程响应面图及相应等高线,见图 6-8。由此可对任何二因素交互影响乙醇体积分数进行分析与评价,以确定最佳因素水平范围。

由图 6 可知,当酒药质量分数不变时,随着麦曲质量分数的增加,乙醇体积分数逐渐上升,当麦曲质量分数为 4%时,乙醇体积分数达到最高,此后

随着麦曲质量分数的增加,乙醇体积分数呈下降的趋势;当麦曲质量分数不变时,随着酒药质量分数的增加,乙醇体积分数呈现上升趋势,在酒药质量分数为 0.6%时,乙醇体积分数达到最高,此后随着酒药质量分数的增加,乙醇体积分数呈下降的趋势。等高线图上的椭圆度较小,说明这两个因素间没有交互作用,但由表 3 可知,*A*²*B* 之间交互作用对乙醇体积分数有显著影响。

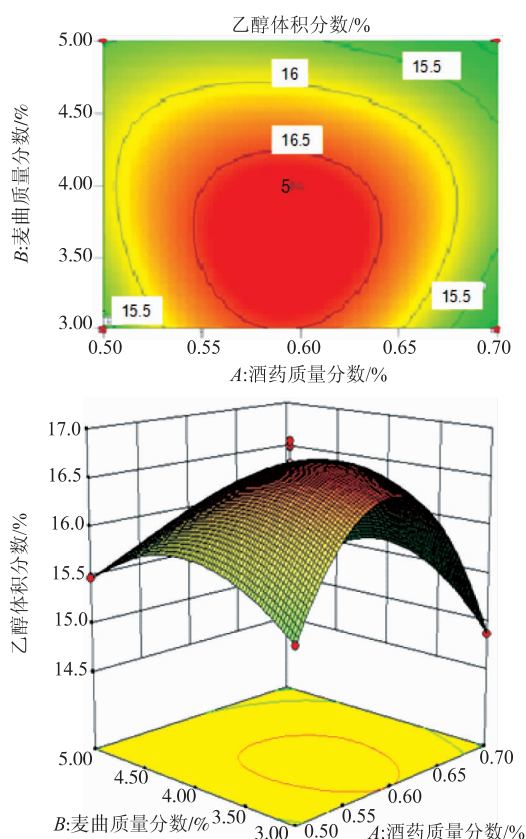


图 6 酒药质量分数和麦曲质量分数对乙醇体积分数影响的响应面及其等高线

Fig. 6 Response surface layer and contour plot of the mutual-affect of the mass fraction of the wheat starter and the mass fraction of jiu Yao on the alcoholic concentration

由图 7 可知,当酒药质量分数不变时,随着发酵温度的升高,乙醇体积分数逐渐上升,当发酵温度达 30℃时,乙醇体积分数出现最高值,此后随着发酵温度的增大,乙醇体积分数呈下降的趋势;当发酵温度不变时,随着酒药质量分数的增加,乙醇体积分数逐渐上升,在酒药质量分数为 0.6% 时,乙醇体积分数到达最高值;此后随着酒药质量分数的增大,乙醇体积分数呈下降的趋势。当发酵温度与酒药质量分数交互作用时对乙醇体积分数的影响比各自单因素作用大,等高线图椭圆度较大,故发酵温度与酒药质量分数交互作用时对乙醇体积分数的影响显著。

由图 8 可知,当麦曲质量分数不变时,随着发酵温度的升高,乙醇体积分数逐渐上升,当发酵温度到达 30℃时,乙醇体积分数出现最高值,此后随着发酵温度的升高,乙醇体积分数呈下降的趋势;

当发酵温度不变时,随着麦曲质量分数的增加,乙醇体积分数逐渐上升,在麦曲质量分数为 4% 时,乙醇体积分数到达最高值,此后随着麦曲质量分数的增加,乙醇体积分数呈下降的趋势。当发酵温度与麦曲质量分数交互作用时对乙醇体积分数的影响比各自单因素作用时大,等高线椭圆度较大,故发酵温度与麦曲质量分数交互作用时对乙醇体积分数的影响显著。

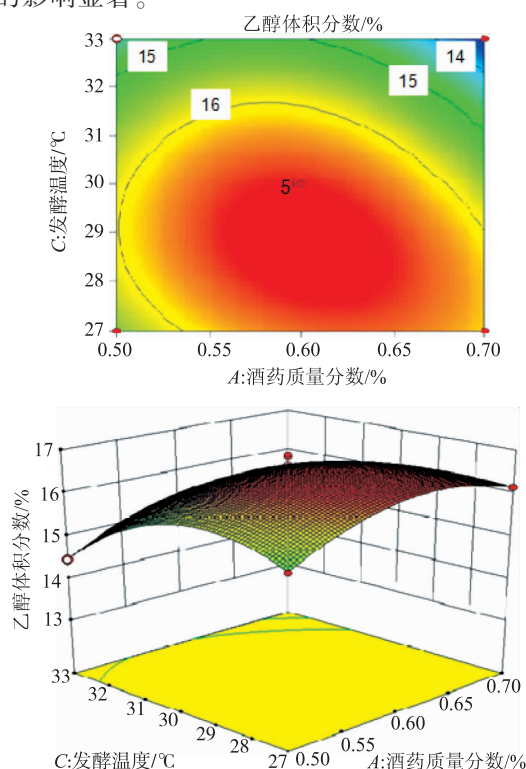
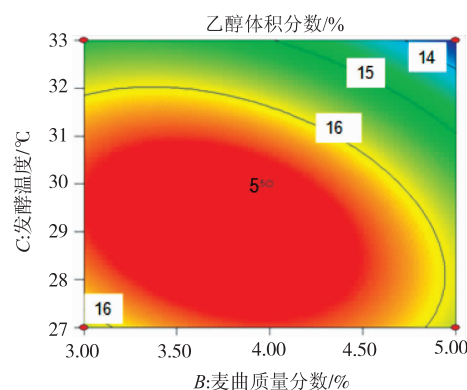


图 7 酒药质量分数和发酵温度对乙醇体积分数影响的响应面及其等高线

Fig. 7 Response surface layer and contour plot of the mutual-affect of the mass fraction of jiu Yao and fermentation temperature on the alcoholic concentration



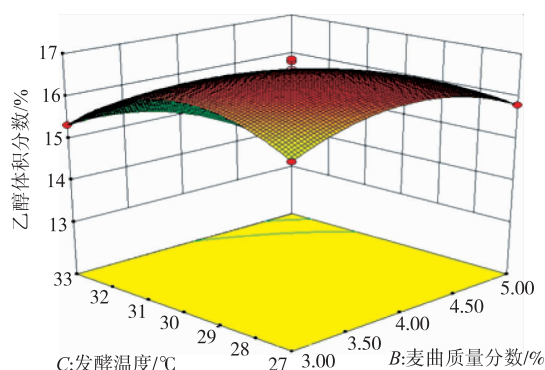


图8 麦曲质量分数和发酵温度对乙醇体积分数影响的响应面及其等高线

Fig. 8 Response surface layer and contour plot of the mutual-affect of the mass fraction of the wheat starter and fermentation temperature on the alcoholic concentration

2.2.4 最佳工艺条件的验证 由 Design-Expert 软件得到优化后的主发酵条件,确定最优工艺参数为:发酵温度 29.02 °C,酒药质量分数 0.6%,麦曲质量分数 3.74%,冲缸加水比为 1.2 mL/g,发酵时间 8 d 得到的预测乙醇体积分数是 16.82%。为了验证实验的可靠性,采用最优发酵条件进行实验并测其最

后的乙醇体积分数。考虑实验的可操作性,将工艺条件改为发酵温度 29.0 °C,其他条件不变,此时,实验测得值 16.97%,与预测值的相对误差为 0.89%,与预测结果相符。因此,采用响应面法优化得到的苦荞干黄酒主发酵工艺最优条件符合实际。

3 结 语

采用响应面法对苦荞干黄酒主发酵工艺进行优化,实验证明:酒药质量分数、麦曲质量分数及发酵温度对苦荞干黄酒的乙醇体积分数都有显著影响。苦荞干黄酒酿造的最佳主发酵工艺参数为:发酵温度 29.0 °C,酒药质量分数 0.6%,麦曲质量分数 3.74%,冲缸加水比为 1.2 mL/g,主发酵时间 8 d。所得产品的主要理化指标为:乙醇体积分数为 17.0%,总糖(以葡萄糖计)为 2.2 g/L,非糖固形物为 41.1 g/L,总酸(以乳酸计)为 6.4 g/L,氨基酸态氮为 1.17 g/L,黄酮质量浓度为 1.24 mg/mL。经后酵、过滤后所得到的苦荞干黄酒呈黄棕色、清亮透明、有光泽;具有干黄酒特有的浓郁醇香;口味醇和、爽口、无异味;酒体协调、具有苦荞干黄酒独特的风格,是一种营养价值很高的保健酒。

参考文献:

- [1] 赵钢,陕方.中国苦荞[M].北京:科学出版社,2009:1-6.
- [2] 钱林,李莉,刘芬,等.苦荞的营养价值与开发利用[J].上海农业科技,2014(1):34.
QIAN Lin, LI Li, LIU Fen, et al. Nutritional value of tartary buckwheat and its application [J]. *Shanghai Agricultural Science and Technology*, 2014(1): 34. (in Chinese)
- [3] 薛长勇,张月红,刘英华,等.苦荞黄酮降低血糖和血脂的作用途径[J].中国临床康复,2005,35(9):111-113.
XUE Changyong, ZHANG Yuehong, LIU Yinghua, et al. Effective way of tartary buckwheat flavone reducing the level of blood glucose and blood lipid[J]. *Chinese Journal of Clinic Rehabilitation*, 2005, 35(9): 111-113. (in Chinese)
- [4] 王淮生.苦荞糯米保健酒的酿制[J].酿酒科技,2005,26(2):65-66.
WANG Zhunsheng. Development of bitter buckwheat & glutinous rice health wine [J]. *Liquor-Making Science & Technology*, 2005(2): 65-66. (in Chinese)
- [5] 陈木兰.荞麦黄酒营养保健价值的评价[J].酿酒科技,2000(1):62-63.
CHEN Mulan. Evaluating the nutritional and healthy value of buckwheat yellow rice wine [J]. *Liquor-Making Science & Technology*, 2000(1): 62-63. (in Chinese)
- [6] 傅祖康,杨国军.黄酒生产 200 问[M].北京:化学工业出版社,2010:20-21.
- [7] 林巧.苦荞糯米甜酒酿造工艺的研究[J].中国酿造,2013,32(5):41-47.
LIN Qiao. Process of fermented glutinous rice and tartary buckwheat rice wine [J]. *China Brewing*, 2013, 32 (5): 41-47. (in Chinese)
- [8] 李瑶,周海媚,黄丹丹,等.苦荞红曲保健酒的研制[J].食品工业科技,2014,35(17):201-205.
LI Yao, ZHOU Haimei, HUANG Dandan, et al. Development of tartary buckwheat red starter health wine [J]. *Science and Technology of Food Industry*, 2014, 35(17): 201-205. (in Chinese)
- [9] 谢广发.黄酒酿造技术[M].北京:中国轻工业出版社,2010:85.
- [10] GB/T 13662—2008,黄酒[S].
- [11] 田志强.酒类产品质量检验[M].北京:中国质量出版社,2006:130-131.
- [12] 顾国贤.酿造酒工艺学(第二版)[M].北京:中国轻工业出版社,2013:472-494.