研究论文

DOI:10.3969/j.issn. 1673-1689.2017.03.012

黑莓发酵酒澄清稳定处理技术

李亚辉， 马艳弘*， 黄开红， 张宏志， 刘 晨， 乔月芳

（江苏省农业科学院 农产品加工研究所，江苏 南京 210014）

摘要：研究了黑莓发酵酒的澄清和稳定处理方法。首先以澄清度和色度为指标，利用响应面对黑莓酒澄清条件进行了优化，然后通过稳定性检验和瓶储试验对其稳定处理方法进行了筛选。结果显示，最佳澄清条件为：皂土添加量 1.0 mg/mL、澄清时间 8 d、澄清温度 12 ℃，此条件下处理后黑莓酒的澄清度和色度分别为 0.728 和 1.106；热稳定处理和阿拉伯胶稳定处理只能使黑莓酒在短期内保持良好澄清度；冷稳定处理可以使黑莓酒处于稳定状态，长期保持较好的澄清度。此研究为黑莓酒提供了合理有效的澄清稳定处理方法，为其工业化生产提供了一定的理论依据和技术支持。

关键词：黑莓；发酵酒；澄清；稳定；响应面

中图分类号：S 567.2　　**文献标志码**：A　　**文章编号**：1673—1689(2017)03—0302—08

Technology Study of Clarification and Stabilization of Blackberry Wine

LI Yahui， *MA Yanhong**， *HUANG Kaihong*， *ZHANG Hongzhi*， *LIU Chen*， *QIAO Yuefang*

（Institute of Farm Product Processing，Jiangsu Academy of Agricultural Sciences，Nanjing 210014，China）

Abstract：This study focused on the technology for clarification and stabilization of blackberry wine. Firstly，the method for clarification of blackberry wine was optimized using response surface methodology，with clarity and chroma as assessment indicators. Then stabilization method was screened by stability test and storage performance in bottle. Results showed that the optimum condition for clarification of blackberry wine was bentonite amount of 1.0 mg/mL，clarification time of 8d and clarification temperature of 12 ℃. Under such condition，the final clarity and chroma of blackberry wine was 0.728 and 1.106 respectively. Blackberry wine showed high clarity in a short term after heat treatment and acacia addition，while it being stable kept high clarity in a long term after cold treatment. This study provides an effective way for clarification and stabilization of blackberry wine，and a theoretical basis and technical support for the industrial production of blackberry wine.

Keywords：blackberry(*Rubus* spp.)，wine，clarification，stabilization，response surface

收稿日期：2016-09-20

基金项目：江苏省农业三新工程项目(GCSXC[2016]334)；江苏省农业科技自主创新项目(CS(15)1026)。

作者简介：李亚辉(1985—)，男，河南郏县人，工学博士，助理研究员，主要从事食品发酵与生物技术研究。E-mail：liqianhao217@126.com

* **通信作者**：马艳弘(1972—)，女，山西吕梁人，工学博士，副研究员，主要从事果蔬加工方面的研究。E-mail：ma_yhhyy@126.com

引用本文：李亚辉，马艳弘，黄开红，等. 黑莓发酵酒澄清稳定处理技术[J]. 食品与生物技术学报，2017，36(03)：302-309.

黑莓(*Rubus* spp.),俗称覆盆子、木莓等,属于蔷薇科(Rasaceae)悬钩子属(*Rubrs*),实心莓亚属(*Eubatus*),是多年生灌木小浆果。黑莓的商业化栽培19世纪初始于欧洲和北美,于1986年由中科院植物研究所首次引入中国[1-2]。目前我国黑莓种植面积约占世界种植面积的1/5,已成为亚洲最大的黑莓种植基地和世界知名产地,其中江苏省种植面积约占我国种植面积的80%[1,3]。黑莓果实酸甜可口、营养物质丰富,尤其是花色苷含量十分丰富,具有较高的营养价值[4-6],被誉为继苹果和柑桔之后的第3代水果、"黄金水果"和"生命之果"等。

新鲜黑莓不易储存、保质期短,因此对其进行深加工是黑莓产业发展的必由之路。黑莓酒是以黑莓为原料的生物发酵制品,其最大限度地保留了黑莓果实中的营养成分和保健功能因子,长期饮用具有美容养颜、降血压、降血脂、保护血管、减缓衰老等多种功效[7-12]。黑莓酒是一种新兴果酒,其生产方法主要参照葡萄酒的酿造工艺。目前黑莓酒生产中还存在很多问题,其中浑浊沉淀是黑莓酒瓶储中最常见、也是最严重的问题。浑浊沉淀是指经过澄清处理后的澄清酒体重新变浑浊或产生沉淀,严重影响着果酒的品质及商品形象[13]。澄清稳定处理是果酒后处理中的重要步骤,也是解决果酒浑浊沉淀的主要方法。果酒澄清稳定的方法主要有下胶、离心、过滤、冷处理、热处理和添加稳定剂等[14-15]。关于果酒浑浊沉淀处理的文献虽有不少报道[16-18],但基本是对澄清处理进行研究,主要包括澄清剂的筛选和澄清方法等,而对其稳定处理的研究还较少。按照澄清处理方法只能使果酒在短期内获得良好的澄清度,而不能使其长期保持这一澄清度。目前,关于黑莓酒酿造的文献还较少,对其进行澄清稳定处理的方法更是未有报道。为了解决黑莓酒生产中浑浊沉淀这一难题,作者在前期试验的基础上,选用皂土作为澄清剂,以澄清度和色度作为指标,首先对黑莓酒的澄清条件进行优化,然后通过不同方法对其进行稳定处理,以期找到一套合理有效的澄清稳定组合处理方法,使其不仅在短时间内具有良好的澄清度,而且处于稳定状态长期保持这一澄清度,为黑莓酒的工业化生产提供一定的理论依据和技术支持。

1 材料与方法

1.1 材料与试剂

黑莓酒(体积分数12.2%):江苏省农业科学院农产品加工研究所酿制;皂土BGR、阿拉伯胶:上海杰兔工贸有限公司;硅藻土:长白山硅藻土有限责任公司。

1.2 仪器与设备

UV.1600PC型紫外可见分光光度计:上海美谱达仪器有限公司产品;FYL-YS-258控温冰箱:北京福意联电器有限公司;HH-2数显恒温水浴锅:国华电器有限公司;ZNCL-GS数显加热磁力搅拌器:上海越众仪器设备有限公司。

1.3 试验方法

1.3.1 澄清处理

1)澄清剂的配制:皂土溶液的制备参照王英等所述方法[19]:称取10 g皂土,加入100 mL蒸馏水在50 ℃水浴中软化,浸泡24 h,用磁力搅拌器搅拌成均匀浆体。

2)澄清处理:取一定量浸泡好的皂土在搅拌状态下加入到500 mL黑莓酒中,使其混合均匀,在一定温度下静置一段时间,取上清液测定其澄清度和色度。

3)澄清度和色度测定:澄清度的测定参照徐春等所述方法[20],以蒸馏水做参比,测定样品在680 nm处的透光率表示澄清度;色度的测定参照梁冬梅等所述方法[21],将黑莓酒稀释5倍,以蒸馏水为参比,测定样品在420、520、620 nm处的吸光度值,以三者吸光度值之和表示色度。

1.3.2 单因素试验 按照1.3.1所述澄清方法,分别研究了皂土用量、澄清时间和澄清温度对黑莓酒澄清度和色度的影响,单因素试验设计及处理条件见表1。

表1 单因素实验设计

Table 1 Experimental design for single factor

因素	水平	处理条件
皂土用量/(mg/mL)	0.2, 0.4, 0.6, 0.8, 1.0, 1.2	澄清时间10 d 温度20 ℃
澄清时间/d	2, 4, 6, 8, 10, 12	皂土用量0.8 mg/mL 温度20 ℃
澄清温度/℃	5, 10, 15, 20, 25, 30	皂土用量0.8 mg/mL 澄清时间10 d

以上每个单因素试验平行重复 3 次，取平均值。

1.3.3 响应面试验设计 在单因素试验基础上，采用 Box-Behnken 设计，以皂土用量、澄清时间和澄清温度 3 个因素为自变量，进行响应面分析，以-1,0,-1 分别代表自变量的低、中、高三个水平，试验因素及水平设计见表 2。

表 2 响应面设计因素与水平

Table 2 Factors and levels of response surface methodology

水平	因素		
	皂土用量/(mg/mL)	澄清时间/d	澄清温度/℃
-1	0.8	6	5
0	1.0	8	10
+1	1.2	10	15

1.3.4 稳定处理

1)冷处理：将样品降温至-5 ℃，保持此温度，静置 10 d，用硅藻土过滤；

2)热处理：将样品加热至 60 ℃处理 30 min，用硅藻土过滤；

3)添加阿拉伯胶：按 200 mg/L 添加阿拉伯胶，并混匀，然后用硅藻土过滤。

1.3.5 稳定性试验

1)稳定性检验：参考文献中所述澄清度稳定性检验方法对经澄清和稳定处理的样品进行稳定性检验[22-23]，主要对其铜、铁、蛋白质、色素和酒石酸稳定性进行了检验。

2)瓶储检验：将样品装瓶、打塞、常温下避光放置，分别在 2、4、6、8、10、12 个月后摇匀、取样，测定其澄清度。每个样品 3 个重复，取平均值。

1.4 数据分析

利用 SPSS18.0 和 Design Expert V8.0 数据处理软件进行数据处理及统计分析。

2 结果与分析

2.1 单因素试验结果

皂土添加量对黑莓酒澄清度和色度的影响见图 1。随着皂土添加量的增加澄清度逐渐升高，当添加量大于 1.0 mg/mL 时澄清度变化较小；色度随着皂土添加量的增加逐渐降低，大于 0.6 mg/mL 时色度下降较快。

澄清时间对黑莓酒澄清度和色度的影响见图 2。由图 2 可知，随着澄清时间的延长，澄清度逐渐升高，当澄清时间大于 8 d 时澄清度变化较小；色度随着澄清时间的延长逐渐降低，8 d 内色度下降较为明显，大于 8 d 时色度变化较小。

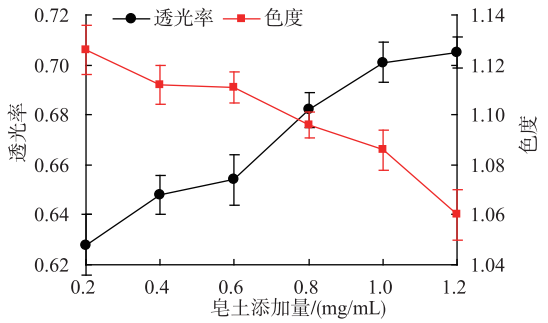


图 1 皂土添加量对黑莓酒澄清度和色度的影响

Fig. 1 Effect of bentonite amount on clarity and chroma of blackberry wine

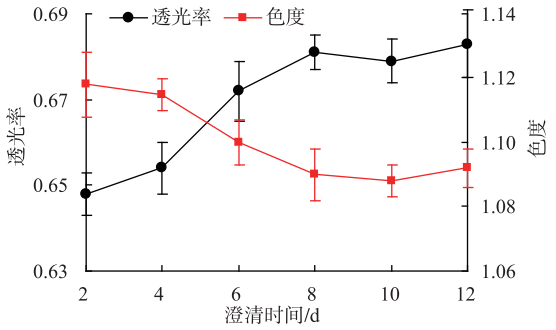


图 2 澄清时间对黑莓酒澄清度和色度的影响

Fig. 2 Effect of clarification time on clarity and chroma of blackberry wine

澄清温度对黑莓酒澄清度和色度的影响见图 3。由图 3 可知，随着澄清温度的升高澄清度逐渐降低，澄清温度小于 10 ℃时澄清度变化较小；色度随着澄清温度的升高而逐渐升高，大于 20 ℃时色度变化较小。

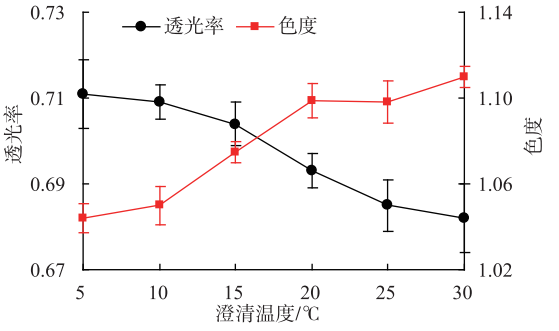


图 3 澄清温度对黑莓酒澄清度和色度的影响

Fig. 3 Effect of clarification temperature on clarity and chroma of blackberry wine

由图 1~3 中澄清度和色度值的变化可看出:皂土添加量对黑莓酒澄清处理后澄清度和色度的影响均较大,澄清温度对色度的影响较大。皂土是铝的自然硅酸盐,可固定水而明显增加自身体积,在电解质溶液中可吸附蛋白质和色素而产生胶体的凝聚作用,因此皂土可用于果酒的澄清处理。单因素试验结果说明了皂土主要除去了黑莓酒中过多的色素物质,使酒体澄清度升高,同时也造成了色度的下降。

2.2 响应面优化试验结果

2.2.1 *回归模型的建立及显著性检验* 在单因素试验的基础上,利用 Design-Expert 分析软件,采用 Box-Behnken 试验设计,以皂土添加量(x_1)、澄清时间(x_2)和澄清温度(x_3)为自变量,以澄清度(Y_1)和色度(Y_2)为响应值,对黑莓酒澄清稳定处理工艺进行优化,响应面试验设计及结果见表 3。

表 3 响应面试验设计及结果

Table 3 Design and results of response surface methodology

试验号	x_1	x_2	x_3	Y_1	Y_2
1	0	1	−1	0.710±0.012	1.080±0.010
2	1	0	1	0.718±0.009	1.030±0.013
3	−1	0	1	0.701±0.018	1.101±0.019
4	1	0	−1	0.712±0.014	1.061±0.014
5	1	1	0	0.714±0.010	1.021±0.010
6	0	−1	−1	0.701±0.007	1.128±0.011
7	−1	0	−1	0.703±0.011	1.115±0.012
8	0	0	0	0.721±0.009	1.130±0.013
9	0	0	0	0.715±0.012	1.111±0.015
10	1	−1	0	0.702±0.008	1.051±0.018
11	−1	−1	0	0.695±0.013	1.103±0.015
12	0	1	1	0.718±0.007	1.081±0.010
13	0	−1	1	0.715±0.017	1.112±0.011
14	−1	1	0	0.698±0.010	1.091±0.013
15	0	0	0	0.721±0.008	1.121±0.012

利用 Design-Expert 软件对表 3 中试验数据进行二次多项回归拟合,获得澄清度(Y_1)和色度(Y_2)的二次多项回归模拟方程如下:

$$Y_1=0.718+6.250\times10^{-3}x_1+3.375\times10^{-3}x_2+3.125\times10^{-3}x_3+2.250\times10^{-3}x_1x_2+2.250\times10^{-3}x_1x_3-1.500\times10^{-3}x_2x_3-9.417\times10^{-3}x_1^2-6.667\times10^{-3}x_2^2-6.667\times10^{-4}x_3^2$$

$$Y_2=1.120-0.031x_1-0.015x_2-7.875\times10^{-3}x_3-4.250\times10^{-3}x_1x_2-3.750\times10^{-3}x_1x_3+4.500\times10^{-3}x_2x_3-0.039x_1^2-0.016x_2^2-5.000\times10^{-3}x_3^2$$

对回归模型的方差分析见表 4。由表 4 可知,皂土添加量对澄清度和色度均具有极显著影响($p<0.01$),其二次项对两者也具有极显著影响($p<0.01$);澄清时间对澄清度具有显著影响($p<0.05$),对色度具有极显著影响($p<0.01$),其二次项对两者具有显著影响($p<0.05$);澄清温度对澄清度和色度影响较小。这说明皂土添加量是澄清度的主要影响因素,其次是澄清时间,澄清温度对其影响较小;皂土添加量和澄清时间是色度的主要影响因素,澄清温度对其影响较小。响应值澄清度所得模型显著($p<0.05$),响应值色度所得模型极显著($p<0.01$),且两模型失拟项在 $p=0.05$ 水平上均不显著($p>0.05$);两个模型的校正决定系数 R^2_{Adj} 分别为 0.907 8 和 0.925 9,表明这两个模型的拟合度较好,分别能够解释 90.78%和 92.59%响应值的变化,说明这两个模型能够很好地预测澄清条件对澄清度和色度的影响。同时这两个模型均具有较低的离散系数(变异系数,CV)值,分别为 0.51%和 0.87%,说明整个实验具有较好的精确度和可靠性。

2.2.2 *响应面分析及优化* 澄清度响应面结果见图 4~6。可以看出,任何两个交互因素的响应面都存在最高点,皂土量和澄清时间对澄清度的影响比较明显,两者交互作用对澄清度的影响也较明显,澄清温度对澄清度的影响较小。色度响应面结果见图 7~8。可以看出,图中交互因素的响应面均存在最高点,皂土量对色度的影响较为明显,澄清时间次之,澄清温度对色度影响不明显。

通过 Design-Expert 软件分析优化得到,获得最大澄清度和最高色度时的澄清条件为皂土添加量 1.0 mg/mL、澄清时间 7.95 d、澄清温度 11.56 ℃,在此条件下黑莓酒澄清度和色度的预测值分别为 0.719 和 1.118。为了验证回归方程的可行性,对所得最佳条件进行了优化和验证试验。在皂土量、澄清时间和澄清温度分别为 1.0 mg/mL、8 d 和 12 ℃下进行 3 次平行试验,所得澄清度和色度值分别为 0.728±0.009 和 1.106±0.011,与预测值的相对误差分别为 1.25%和 1.07%,说明优化结果可靠。

表 4　回归模型方差分析

Table 4　Analysis of variance for the response surface model

响应值	来源	平方和	自由度	均方	F 值	p 值
澄清度 Y_1	x_1	3.125×10^{-4}	1	3.125×10^{-4}	24.07	0.004 5**
	x_2	9.122×10^{-5}	1	9.112×10^{-5}	7.02	0.045 5*
	x_3	7.813×10^{-5}	1	7.813×10^{-5}	6.02	0.057 7
	x_1x_2	2.025×10^{-5}	1	2.025×10^{-5}	1.56	0.267 0
	x_1x_3	2.025×10^{-5}	1	2.025×10^{-5}	1.56	0.267 0
	x_2x_3	9.000×10^{-6}	1	9.000×10^{-6}	0.69	0.443 0
	x_1^2	3.274×10^{-4}	1	3.274×10^{-4}	25.22	0.004 0**
	x_2^2	1.641×10^{-4}	1	1.641×10^{-4}	12.64	0.016 3*
	x_3^2	1.641×10^{-6}	1	1.641×10^{-6}	0.13	0.736 7
	模型	9.907×10^{-4}	9	1.101×10^{-4}	8.48	0.014 9*
	残差	6.492×10^{-5}	5	1.298×10^{-5}		
	失拟项	4.825×10^{-5}	3	1.608×10^{-5}	1.93	0.359 2
	误差	1.667×10^{-5}	2	8.333×10^{-6}		
	总离差	1.056×10^{-3}	14			
		R^2=0.938 5	R^2_{Adj}=0.907 8		CV=0.51%	
色度 Y_2	x_1	7.688×10^{-3}	1	7.688×10^{-3}	86.43	0.000 2**
	x_2	1.830×10^{-3}	1	1.830×10^{-3}	20.57	0.006 2**
	x_3	4.961×10^{-4}	1	4.961×10^{-4}	5.58	0.064 6
	x_1x_2	7.225×10^{-5}	1	7.225×10^{-5}	0.81	0.408 8
	x_1x_3	5.625×10^{-5}	1	5.625×10^{-5}	0.63	0.462 5
	x_2x_3	8.100×10^{-5}	1	8.100×10^{-5}	0.91	0.383 8
	x_1^2	5.544×10^{-3}	1	5.544×10^{-3}	62.33	0.000 5**
	x_2^2	8.871×10^{-4}	1	8.871×10^{-4}	9.97	0.025 2*
	x_3^2	9.231×10^{-5}	1	9.231×10^{-5}	1.04	0.355 1
	模型	0.016	9	1.817×10^{-3}	20.43	0.002 0**
	残差	4.448×10^{-4}	5	8.895×10^{-5}		
	失拟项	2.448×10^{-4}	3	8.158×10^{-5}	0.82	0.591 8
	误差	2.000×10^{-4}	2	1.000×10^{-4}		
	总离差	0.017	14			
		R^2=0.973 5	R^2_{Adj}=0.925 9		CV=0.87%	

注:** 差异极显著,p<0.01;* 差异显著,p<0.05。

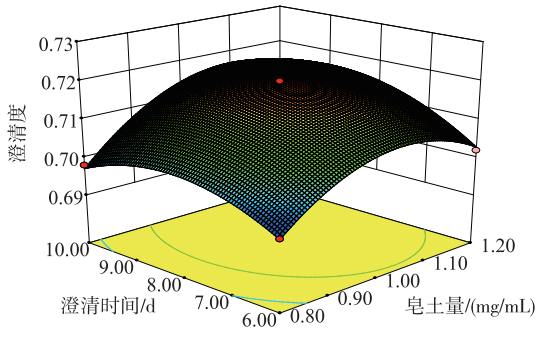


图 4　皂土量和澄清时间对澄清度的影响

Fig. 4　Effect of bentonite amount and clarification time on clarity

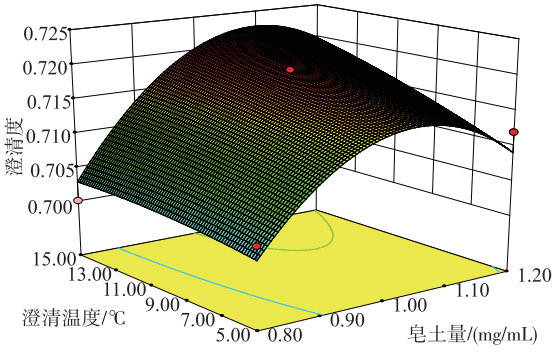


图 5　皂土量和澄清温度对澄清度的影响

Fig. 5　Effect of bentonite amount and clarification temperature on clarity

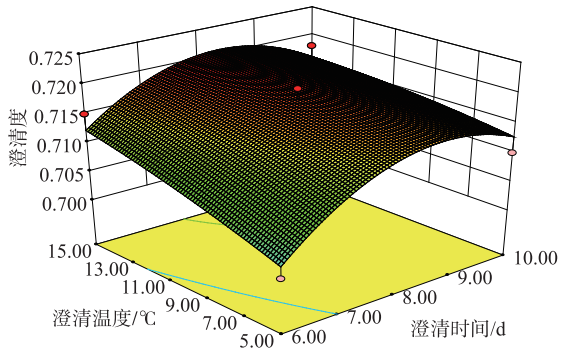


图 6 澄清时间和澄清温度对澄清度的影响

Fig. 6 Effect of clarification time and temperature on clarity

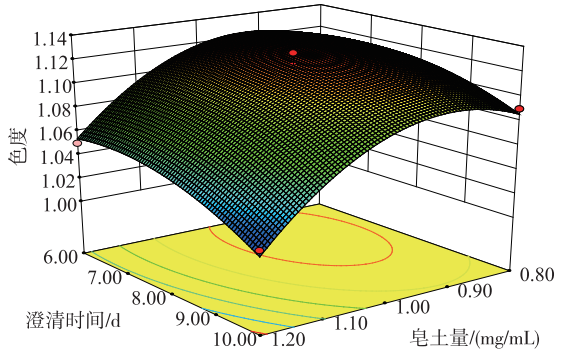


图 7 皂土量和澄清时间对色度的影响

Fig. 7 Effect of bentonite amount and clarification time on chroma

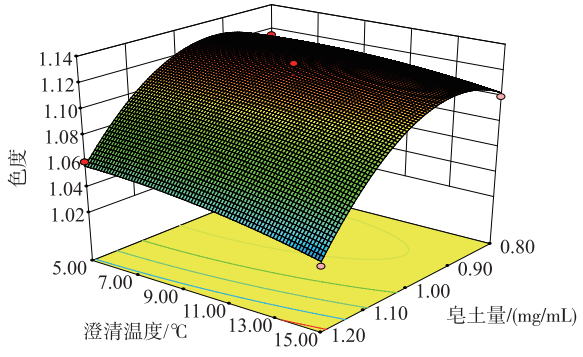


图 8 皂土量和澄清温度对色度的影响

Fig. 8 Effect of bentonite amount and clarification temperature on chroma

2.3 稳定处理结果

按照 2.2.2 中优化条件对黑莓酒进行澄清处理后(对照),再分别对其进行冷稳定处理、热稳定处理和添加阿拉伯胶稳定处理,稳定处理后澄清度和色度的变化见图 9。由图 9(a)可知,冷稳定处理后澄清度有明显的升高,热稳定处理和添加阿拉伯胶稳定处理后澄清度无明显变化;由图 9(b)可知,冷处理后色度有所降低,热处理和阿拉伯胶处理后色度没有发生明显变化。热处理可导致蛋白质变性,在冷却后使蛋白质絮凝发生沉淀,同时温度升高使酒中保护性胶体粒子变大,加强其保护作用,从而使酒体达到稳定状态;冷处理可以促进酒中酒石结晶的沉淀,同时使酒中以胶体状态存在的色素发生沉淀,从而使酒体达到稳定状态;阿拉伯胶可形成保护性胶体,阻止非稳定性胶体的凝结和絮沉,防止酒的胶体性浑浊和沉淀,从而使酒达到稳定状态。以上结果表明,热处理和添加阿拉伯胶处理对酒原有的澄清度和色度影响不大,这和它们对酒稳定的机理相符。冷处理对酒澄清度和色度都有一定的影响,说明低温促进了黑莓酒中色素物质的进一步沉淀,从而增加了其澄清度、降低了其色度。

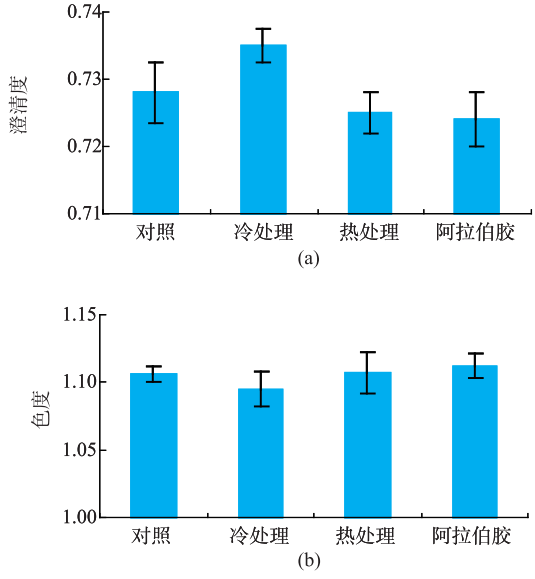


图 9 不同稳定处理后澄清度和色度的变化

Fig. 9 Changes of clarity and chroma after different stabilization treatment

2.4 稳定性试验结果

2.4.1 稳定性检验 按照 2.2.2 中优化条件对黑莓酒进行澄清处理后,再分别对其进行不同的稳定处理,然后对不同处理后的样品进行澄清度稳定性检验,结果见表 5。其中,对照为原酒无经过澄清稳定处理;澄清处理为按照优化条件只进行了澄清处理;冷处理、热处理、阿拉伯胶处理,为按照优化条件进行了澄清处理后,又分别进行了冷、热和添加阿拉伯胶稳定处理。结果表明,没有经过澄清和稳定处理的黑莓酒具有潜在的蛋白质破败和色素沉

淀,无潜在的铜破败、铁破败和酒石沉淀,同时也说明黑莓酒的澄清稳定处理主要是除去酒中过量的蛋白质和色素;澄清处理所示结果说明,利用 2.2.2 中优化的澄清条件对黑莓酒进行处理,可大大减少其潜在的蛋白质破败和色素沉淀,但不能完全除去,同时也说明只通过皂土进行下胶处理不能使酒达到完全的稳定状态;冷处理、热处理和阿拉伯胶处理结果说明,利用优化条件对黑莓酒进行澄清处理后再进行冷处理和添加阿拉伯胶处理可除去其潜在的蛋白质破败和色素沉淀,进行热处理可除去其潜在的蛋白质破败但不能完全除去其潜在的色素沉淀,这些结果和各稳定处理方法的机理一致。

表 5 稳定性检验结果

Table 5 Results of stability test

处理	铜破败	铁破败	蛋白质破败	色素沉淀	酒石沉淀
对照	无	无	浑浊,絮状沉淀	红色沉淀	无
澄清处理	无	无	浑浊	少量沉淀	无
冷处理	无	无	无	无	无
热处理	无	无	无	少量沉淀	无
阿拉伯胶处理	无	无	无	无	无

2.4.2 *瓶储检验* 对 2.3.1 中对照和样品进行瓶储试验,以进一步检验其稳定性,结果见图 10。可知无经过澄清和稳定处理的黑莓酒(对照)在瓶储期间澄清度呈下降趋势,瓶储 2 个月后澄清度开始明显下降;只经过澄清处理的黑莓酒(澄清处理)在瓶储 4 个月内澄清度较为稳定,4 个月后澄清度开始明显下降;澄清处理后分别进行热处理(热处理)和阿拉伯胶处理(阿拉伯胶)的黑莓酒,在瓶储 8 个月内澄清度较为稳定,8 个月后澄清度开始明显下降;澄清处理后进行冷处理(冷处理)的黑莓酒,在瓶储期间(12 个月)澄清度较为稳定。这些结果表明:澄清处理可使黑莓酒获得良好澄清度,但不能使其长期保持澄清度;澄清处理后进行热稳定处理和阿拉伯胶稳定处理可延长其澄清度保持时间,也不能使其长期保持良好的澄清度;澄清处理后进行冷稳定处理可使黑莓酒处于稳定状态,长期保持较好的澄清度。同时说明,皂土下胶处理只能除去黑莓酒中部分潜在的色素和蛋白质沉淀,只有结合冷稳定处理才能使其长期处于澄清稳定状态。另外,样品“阿拉伯胶”瓶储试验结果与稳定性检验结果不一致,这可能是因为阿拉伯胶在酒中形成保护性胶体,阻止非稳定性胶体的凝结,在短时间内使酒处于稳定状态,但长时间瓶储后,由于阻止酒中浑浊沉淀的自然形成,使酒体呈乳状、颜色变混暗造成的[22]。

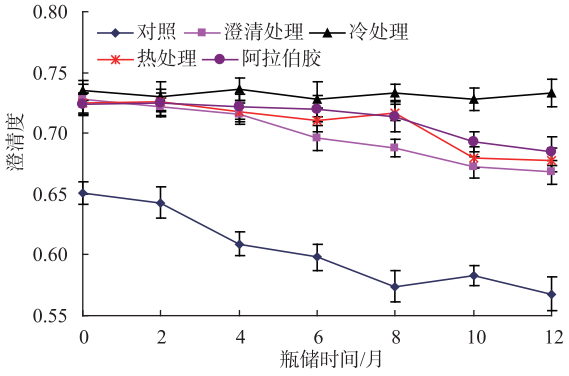


图 10 瓶储中黑莓酒澄清度的变化

Fig. 10 Changes of clarity of blackberry wine during storage in bottle

3 结 语

作者以澄清度和色度为指标,利用响应面对黑莓酒澄清条件进行了优化。最佳澄清条件为皂土添加量 1.0 mg/mL、澄清时间 8 d、澄清温度 12 ℃,在此条件下处理后,黑莓酒的澄清度和色度分别为 0.728 和 1.106。澄清处理后采用不同方法对黑莓酒进行稳定处理,经稳定性检验和瓶储试验得:澄清处理只能使黑莓酒在短期内保持较好澄清度,澄清处理后再进行冷稳定处理可使黑莓酒处于稳定状态,长期保持较好澄清度。

参考文献:

[1] LI Weilin,WU Wenlong,ZHANG Chunhong,et al. The status of industry development and scientific research of blackberry (*Rubus spp.*) in the world[J]. **Journal of Plant Resources and Environment**,2012,21(3):105-115.(in Chinese)

[2] WANG Xueyong,ZHANG Junying. Research advances on raspberry and blackberry[J]. **Journal of Anhui Agriculture Science**,2010,38(10):5070-5073.(in Chinese)

[3] 吴文龙,李维林. 黑莓引种栽培与利用[M]. 南京:江苏科学技术出版社,2010:6-17.

[4] CHEN Gang,HUANG Lishan,XUE Jing,et al. Ultrasonic-assisted extraction and antioxidant activity of antho cyanins from blackberry fruits[J]. **Food Science**,2012,33(24):117-121.(in Chinese)

[5] WU Wenlong,LI Weilin,YAN Lianfei,et al. Comparison of nutrient constituents in fresh fruit of different cultivars of blackberr [J]. **Journal of Plant Resources and Environment**,2007,1(3):58-61.(in Chinese)

[6] WANG S Y,LIN H S. Antioxidant activity in fruit and leaves of blackberry,raspberry and strawberry is affected by cultivar and maturity[J]. **Journal of Agriculture and Food Chemistry**,2000,48(2):140-146.

[7] YIN Zhenhua,WANG Jiajia,GU Haipeng,et al. Antioxidant activity of the fruits of blackberry(Shawnee) in vitro[J]. **Natural Product Research Development**,2013,25:530-532.(in Chinese)

[8] BOATENG J,VERGHESE M,SHACKELFORD L,et al. Selected fruits reduce azoxymethane (AOM)-induced aberrant crypt foci(ACF) in Fisher 344 male rats[J]. **Food and Chemical Toxicology**,2007,45(3):725-732.

[9] CACACE JE,MAZZA G. Optimization of extraction of anthocyanins from black currants with aqueous ethonal[J]. **Journal of Food Science**,2003,68(1):240-248.

[10] ZHANG Lixia,ZHOU Jianzhong,GU Zhenxin,et al. Isolation,purification and antioxidant activity of anthocyanins from blackberry[J]. **Journal of Jiangsu Agricuoture Science**,2012,40(8):244-247.(in Chinese)

[11] ELISIA I,HU C,POPOVICH DG,et al. Antioxidant assessment of an anthocyanin-enriched blackberry extract [J]. **Food Chemistry**,2007,101(5):1052-1058.

[12] KONG J M,CHIA L S,GOH N K,et al. Analysis and biological activities of anthocyanins[J]. **Phytochemistry**,2003,64(5):923-933.

[13] GONZALEZ NG,FAVRE G,GIL G. Effect of fining on the colour and pigment composition of young red wines[J]. **Food Chemistry**,2014,157(6):385-392.

[14] YOURAVONG W,LI ZY,LAORKO A. Influence of gas sparging on clarification of pineapple wine by microfiltration [J]. **Journal of Food Engineering**,2010,96(3):427-432.

[15] LI Xinbang,ZHANG Yingli,FAN Yongfeng. Investigation of wine clarification and stabilization theory and practice[J]. **Sino-overseas Grapevine and Wine**,2011(1):57-62.(in Chinese)

[16] XIN Xiulan,GAI Yuhan,LIU Junying,et al. Effects of clarifiers on clarification of fermented blueberry wine[J]. **China Brewing**,2010(2):119-122.(in Chinese)

[17] ZHOU Yang,XU Zhiyong,DING Juan,et al. Efects of diferent kinds of clarifying substances on heat stability and the quality of rose grape wine[J]. **Liquor-Making Science and Technology**,2012,11:82-86.(in Chinese)

[18] LUO Aixiang,CHEN Yilun,LIU Yuhuan,et al. Study on clarification of persimmon wine[J]. **Food Science**,2007,28(10):304-308.(in Chinese)

[19] WANG Ying,ZHOU Jianzhong,HUANG Kaihong,et al. Application of bentonite in clarification of blackberry wine[J]. **China Brewing**,2012,31(8):47-51.(in Chinese)

[20] XU Chun. The appficafions of chitosan and pectinase to the clarification of red wine[J]. **Food Science**,2005,26(9):255-257.(in Chinese)

[21] LIAN Dongmei,LI Jiming,LIN Yuhua. Measuring the color of red wine by a spectrophotometer[J]. **Sino-Overseas Grapevine and Wine**,2002(3):9-13.(in Chinese)

[22] 李华,王华,袁春龙等. 葡萄酒工艺学[M]. 北京:科学出版社,2007.

[23] ZHANG Xinjie,WANG Jixia,REN Yuhua,et al. Causes and prevention of wine turbidity and precipitation[J]. **Sino-Overseas Grapevine and Wine**,2008(1):52-55.(in Chinese)