

响应面法优化蓝靛果酒低温二氧化碳浸渍工艺

韩春然, 宋晨鑫, 马蕊

(哈尔滨商业大学 食品工程学院, 黑龙江 哈尔滨 150076)

摘要:以蓝靛果为原料,对蓝靛果酒低温 CO₂ 浸渍工艺进行优化。研究浸渍时间、浸渍温度和浸渍压力对蓝靛果酒品质的影响,在单因素试验的基础上以蓝靛果酒感官评分为响应值进行响应曲面的优化设计。得到最佳的浸渍工艺为:浸渍时间 5.6 d、浸渍温度 6 ℃、浸渍压力 0.1 MPa,此条件下蓝靛果酒的感官评分为 91,色泽鲜红,口味柔和,香气浓郁,具有独特的风味。通过对比试验,对果酒的主要理化指标进行测定,并进行感官评价。试验表明,低温 CO₂ 浸渍工艺能降低蓝靛果酒中总酸和单宁的含量,并且能保证花色苷等酚类物质的有效浸出。

关键词:蓝靛果;浸渍;低温;CO₂;单宁;花色苷

Response Surface Methodology to Optimize the Low-temperature Carbon Dioxide Impregnation Process of *Lonicera caerulea* Dry Wine

HAN Chun-ran, SONG Chen-xin, MA Rui

(College of Food Engineering, Harbin University of Commerce, Harbin 150076, Heilongjiang, China)

Abstract: Using *Lonicera caerulea* as raw material, the low-temperature CO₂ impregnation process of *Lonicera caerulea* was optimized. The effects of dipping time, dipping temperature and dipping pressure on the quality of *Lonicera caerulea* were studied. Based on the single factor test, the sensory score of *Lonicera caerulea* was used as the response value to optimize the design of response surface. The best dipping process was dipping time 5.6 d, dipping temperature 6 ℃, dipping pressure 0.1 MPa. Under these conditions, the organoleptic score of *Lonicera caerulea* wine was 91 points, bright red color, soft taste, strong aroma and unique flavor. Through comparative experiments, the main physical and chemical indexes of fruit wine were measured and sensory evaluation was carried out. Tests showed that the low-temperature CO₂ dipping process could reduce the total acid and tannin content in *Lonicera caerulea* wine, and ensure the effective leaching of phenolic substances such as anthocyanins.

Key words: *Lonicera caerulea*; impregnation; low-temperature; carbon dioxide; tannin; anthocyanins

引文格式:

韩春然, 宋晨鑫, 马蕊. 响应面法优化蓝靛果酒低温二氧化碳浸渍工艺 [J]. 食品研究与开发, 2021, 42(1): 117-123.

HAN Chunran, SONG Chenxin, MA Rui. Response Surface Methodology to Optimize the Low-temperature Carbon Dioxide Impregnation Process of *Lonicera caerulea* Dry Wine[J]. Food Research and Development, 2021, 42(1): 117-123.

蓝靛果(*Lonicera caerulea*),忍冬科,忍冬属^[1]。蓝靛果果实中维生素、有机酸、矿物质等营养成分含量丰富,并且含有多种抗氧化成分如黄酮、多酚、单宁

基金项目:黑龙江省应用技术与开发计划(GA20B301)

作者简介:韩春然(1970—),女(汉),教授,博士,研究方向:果蔬加工与贮藏。

及花色苷等^[2-3],对人体具有保健功能。因其口味酸涩,很少用来直接食用,此外由于蓝靛果果皮较薄易破碎,一般以冷藏为主,而冷藏会影响其风味,因此常加工成果汁、果酒等产品,是果汁、果酒酿造的一类新兴原料。

目前蓝靛果酒的酿造一般采用传统的清汁发酵,

采用清汁发酵时,果皮中的芳香成分、花色苷等酚类物质浸提不充分,容易导致果酒色度低、风味差等问题^[4]。

低温浸渍是在10℃以下的环境下浸渍,低温能够抑制果皮上野生酵母的繁殖,延缓发酵时长,从而有效促进蓝靛果中的酚类物质、花色苷等成分的浸出,提取出更多的香气成分和呈现较深的颜色,提升果酒品质,但却不容易控制时间,导致劣质单宁等成分的浸出^[5-6]。CO₂浸渍工艺是将果实处于无氧条件下进行细胞内发酵和浸渍作用,此过程中有少量酒精的产生、酚类等物质的浸出以及有机酸的转化与产生等一系列反应^[7-8]。裴辰玉等^[9]研究表明常温(28℃)下的CO₂浸渍手段酿造的果酒总酸和单宁含量低,口味更柔和,但酒体较为单薄不宜长时间贮藏。对于低温浸渍和CO₂浸渍工艺酿造果酒的研究很多,但是将低温和CO₂浸渍结合在一起的研究却鲜有报道。张轶斌等^[10]采用低温CO₂浸渍新工艺酿造玫瑰香红葡萄醋,证明了低温CO₂浸渍新工艺在保留了花色苷等多酚类物质的同时,能降低产品中单宁和总酸的含量。常温(28℃)下CO₂浸渍要求果实的完整性,但由于蓝靛果皮较薄易破碎,温度过高容易导致其腐败变质,影响果酒品质^[11]。而在低温条件下可以抑制野生酵母的繁殖以及杂菌的生长,解决了果皮破损的问题。因此本文采用低温CO₂浸渍工艺酿造蓝靛果酒,解决蓝靛果总酸和单宁含量高、酚类物质浸出差以及原料破损等问题。以期提高蓝靛果酒的品质,从而丰富果酒市场的需求,为蓝靛果酒的酿造提供理论参考。

1 材料与方法

1.1 材料与试剂

1.1.1 材料

蓝靛果:黑龙江省七台河市勃利县人工培育的“蓓蕾”品种。

1.1.2 主要试剂

RC212酵母:烟台帝伯仕自酿有限公司;CO₂气体:吉林燃料乙醇有限公司;白砂糖:市售;氢氧化钠、盐酸、没食子酸、钨酸钠、钼酸钠、碳酸钠、无水乙醇、福林酚试剂(均为分析纯):天津市恒兴化学制造有限公司。

1.2 主要仪器

5 L不锈钢压力桶:深圳市欧亚娜电子设备有限公司;TG16-WS型高速离心机:黑龙江嘉禾广博进出口有限公司;V-5200型紫外分光光度计:上海元析仪器有限公司;Sartorius PB 10 pH计:广州市深华生物科技有限公司。

1.3 试验方法

1.3.1 工艺流程

挑选蓝靛果→无菌操作台灭菌15 min→低温CO₂浸渍→压榨、过滤→成分调整→添加偏重亚硫酸钾→主发酵9 d→后发酵25 d→陈酿→灭菌→成品^[12]

1.3.2 操作要点

1.3.2.1 原料处理

选用成熟、无虫害的蓝靛果果实作为原料,保持原料完整,在无菌操作台进行灭菌后将蓝靛果放入不锈钢压力桶中。

1.3.2.2 浸渍处理

将蓝靛果缓慢送入发酵罐底,装罐密封后,充入CO₂气体调整压力,并放在冰箱(0℃~10℃)进行浸渍。浸渍结束后,给发酵罐升温至26℃,进行后续发酵试验。

1.3.2.3 发酵液调配

将浸渍后的蓝靛果浆进行压榨、过滤,得到的果汁加入白砂糖调节糖浓度为200 g/L,加入柠檬酸调节pH值为3.5。再加入0.2 g/L的偏重亚硫酸钾,6 h后接种酵母。

1.3.2.4 果酒酵母活化

将活性干酵母RC212用接种针挑取少量的菌株接种到10 mL的麦芽浸汁液体培养基中,后于28℃的培养箱中培养24 h进行菌种活化。活化后的菌株在麦芽浸汁固体培养基上进行3次划线传代后接种到斜面培养基上,于4℃下低温保藏。取传代后的菌株接种于100 mL的麦芽浸汁液体培养基中于28℃的培养箱中,培养24 h制成酵母菌母液,4℃下保藏,以做后续试验使用。

1.3.2.5 发酵条件

浸渍处理后的发酵条件:发酵温度为26℃,接入2%(体积比)的酵母菌活化液,发酵10 d结束。

1.3.3 单因素试验条件的选取

浸渍发酵后测量果酒中总酸、单宁和花色苷的含量,以感官评分为主要评价指标,综合考虑选取较优单因素条件^[13]。控制浸渍温度为6℃,浸渍压力为0.1 MPa,浸渍时间设置为1、3、5、7、9 d。控制浸渍时间为5 d,浸渍压力为0.1 MPa,浸渍温度设置为2、4、6、8、10℃。控制浸渍时间为5 d,控制浸渍温度为6℃,浸渍压力设置为0、0.05、0.1、0.15、0.2 MPa。

1.3.4 响应曲面优化设计

在单因素试验的基础上,选取较优的参数范围进行响应面分析,以蓝靛果酒的感官评分为响应值,筛选出低温CO₂浸渍工艺的最优条件。各因素的处理水

平如表1所示。

表1 响应曲面设计因素及水平

Table 1 Response surface design factors and levels			
水平	因素		
	A 时间/d	B 温度/℃	C 压力/MPa
-1	3	4	0.05
0	5	6	0.1
1	7	8	0.15

1.3.5 不同工艺发酵对比试验

经响应面优化验证后,与传统工艺和常温二氧化碳浸渍作对比。控制常温 CO₂ 浸渍与低温 CO₂ 浸渍工艺压力相同,CO₂ 浸渍温度为 28℃,传统工艺采取清汁发酵。将几种不同前处理得到的果汁进行发酵试验,发酵条件与 1.3.2.5 相同,发酵结束后测定相关理化指标,并进行感官评价。

1.3.6 相关指标测定方法

1.3.6.1 基本理化指标的测定

总酸(柠檬酸计):pH 电位法;总糖:直接滴定法;酒精度:蒸馏-比重法,参照 GB/T 15038—2006《葡萄酒、果酒通用分析方法》。

1.3.6.2 单宁、总酚、花色苷含量的测定

单宁:分光光度法,参照 NY/T 1600—2008《水果、蔬菜及其制品中单宁含量的测定》;总酚:福林-酚法^[14];花色苷:pH 示差法^[15];色度的测定:分光光度法^[16]。

1.3.6.3 感官评价

选取 28 名优质品评员通过对果酒的色泽、滋味、香气及典型性进行评定,感官质量评分标准见表 2。参照 GB/T 15038—2006《葡萄酒、果酒通用分析方法》中的感官分析方法进行评价。

表2 感官评分表

Table 2 Sensory score form		
项目	描述	评分
色泽 (10分)	鲜红色,色泽明亮	8~10
	浅红色,光泽暗淡	5~7
	暗红色,无光泽	<5
澄清度 (10分)	澄清透明,无沉淀及悬浮物	8~10
	澄清不透明,有较少沉淀及悬浮物	5~7
	不澄清,不透明,酒体较浑浊	<5
香气 (30分)	蓝靛果香浓郁,酒香纯正,无异香	26~30
	蓝靛果香较浓郁,酒香一般,无异香	20~25
	果香及酒香不明显,无异香	11~19
	果香及酒香不明显,有异香	<10
滋味 (30分)	酒体饱满纯正,酸甜适中,回味绵长	26~30
	酒体饱满纯正,酸甜适中,回味时间短	20~25
	酒体较协调,口味偏酸或偏甜,回味时间短	11~19
	酒体寡淡,口味酸涩,无回味	<10
典型性 (20分)	有蓝靛果风味,酒体优雅,具有典型性	16~20
	酒体较协调,蓝靛果风味不明显,缺少典型性	10~15
	酒体不协调,无蓝靛果风味	<10

1.4 数据处理

所得数据均为 3 次试验的平均值,采用 Origin8.0 软件作图,Design-Expert8.0.6 软件进行响应面分析以及 SPSS 23.0 进行数据分析。

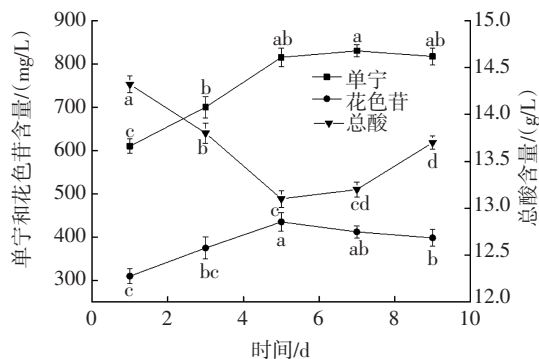
2 结果与分析

2.1 浸渍条件单因素试验结果分析

单宁是果酒的灵魂,为果酒建立“骨架”,保证酒体结构稳定丰满。但过多的单宁会增加果酒的涩度,影响口感^[17]。花色苷在果酒中起呈色作用,会与单宁等物质相互作用形成聚合物来增强颜色^[18]。总酸含量的高低影响果酒的酸度。因此单宁、总酸和花色苷的含量对果酒的感官品质具有一定影响。

2.1.1 不同浸渍时间对蓝靛果酒的影响

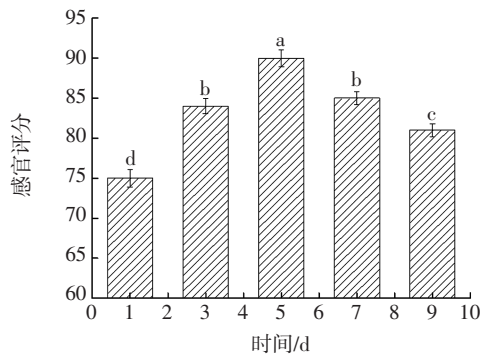
浸渍时间对蓝靛果酒理化指标及感官的影响见图 1、图 2。



不同小写字母表示差异显著, $P < 0.05$ 。

图1 不同浸渍时间对蓝靛果酒理化指标的影响

Fig.1 The influence of different impregnation time on the physical and chemical index of *Lonicera caerulea* wine



不同小写字母表示差异显著, $P < 0.05$ 。

图2 不同浸渍时间对蓝靛果酒感官品质的影响

Fig.2 The effect of different impregnation time on the sensory quality of *Lonicera caerulea* wine

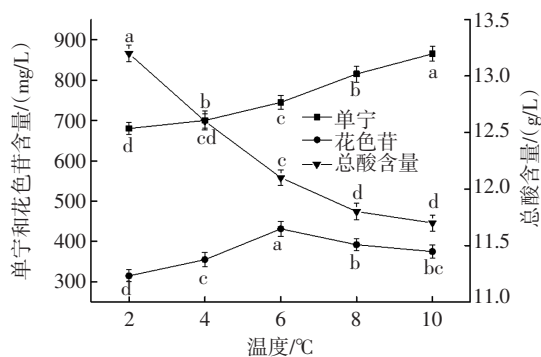
由图 1 可知,总酸含量随时间的增长,呈先降低后升高的趋势,在第 5 天总酸含量最低为 13.1 g/L,与 1 d~3 d 及第 9 天具有显著性差异($P < 0.05$)。这是由于浸渍前期,发生细胞内发酵,CO₂ 促进了苹果酸的转

化,导致总酸含量降低,而随着时间的增长,乳酸和 CO_2 生成,部分 CO_2 溶于蓝靛果汁中,从而提高了果酒中的总酸含量。随着浸渍时间的增长,单宁含量总体呈先增加后减少的趋势,在第3天含量最高,在1 d~5 d时,单宁呈显著增长的趋势($P<0.05$),在5 d~9 d下降趋势平缓,无显著性差异($P>0.05$)。这可能是由于浸渍前期, CO_2 进入果实中较少,并且低温抑制细胞内发酵,导致细胞内发酵不显著,随着时间的延长,无氧呼吸产生酒精,与果皮能够充分接触,导致单宁浸出,后期降低可能是由于发生酶解或者是与花色苷等成分发生聚合,导致单宁含量降低。花色苷整体呈先升高后降低的趋势,在第5天的含量最高为435 mg/L,与其它几天具有显著性差异($P<0.05$)。这是由于浸渍前期,发生细胞内发酵,花色苷逐渐溶出。随着时间的延长,部分花色苷发生降解,导致其溶解性降低而沉降下来,从而含量降低。

由图2可知,浸渍5 d得到的蓝靛果酒感官评分最高,与其它几天具有显著性差异($P<0.05$),所得到的果酒酸甜适中,口感柔和,酒体饱满,色泽稳定。这是由于在浸渍第5天总酸含量最低,花色苷含量最高,适量的单宁保证了酒体饱满且不苦涩。综合分析,确定第5天为最佳浸渍时间。

2.1.2 不同浸渍温度对蓝靛果酒的影响

浸渍温度对蓝靛果酒理化指标及感官的影响见图3、图4。



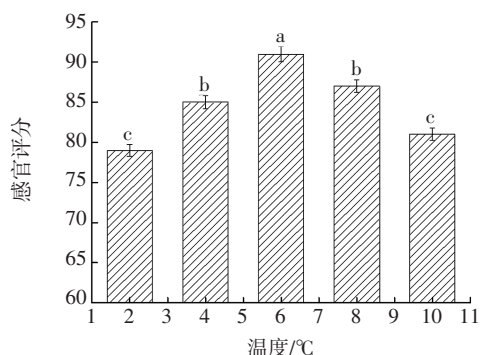
不同小写字母表示差异显著, $P<0.05$ 。

图3 不同浸渍温度对蓝靛果酒理化指标的影响

Fig.3 The influence of different impregnation temperature on the physical and chemical index of *Lonicera caerulea* wine

由图3可知,随着温度的升高,总酸呈逐渐降低的趋势($P<0.05$)。这可能是由于低温抑制了细胞内发酵,随着温度的升高,促进了苹果酸等有机酸的转化,导致总酸含量的降低。单宁含量逐渐增加,这是由于随着浸渍温度的升高促进了细胞内发酵以及果胶酶解,单宁溶出增多。花色苷整体呈先升高再降低的趋势,

在温度为6 °C时含量最高,与其它温度具有显著性差异($P<0.05$)。这可能是由于温度升高,促进了酶解以及细胞内发酵,花色苷更好地溶出,但花色苷不稳定,高温下容易发生降解或聚合,从而含量降低。



不同小写字母表示差异显著, $P<0.05$ 。

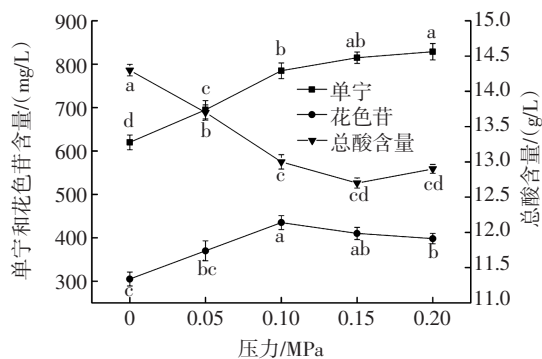
图4 不同浸渍温度对蓝靛果酒感官品质的影响

Fig.4 The effect of different impregnation temperature on the sensory quality of *Lonicera caerulea* wine

由图4可知,6 °C时感官评分最高,与其它温度具有显著性差异($P<0.05$)。所得到的果酒酸甜适中,果香浓郁,颜色呈亮红色。这是由于适宜的温度能降低总酸含量,保证花色苷溶出较多,温度较低时,单宁、花色苷等酚类物质浸出不足,酒体单薄,过高的温度容易使劣质单宁浸出导致口感苦涩,影响感官品质。综合分析,选择6 °C为最佳浸渍温度。

2.1.3 不同浸渍压力对蓝靛果酒的影响

浸渍压力对蓝靛果酒理化指标及感官的影响见图5、图6。

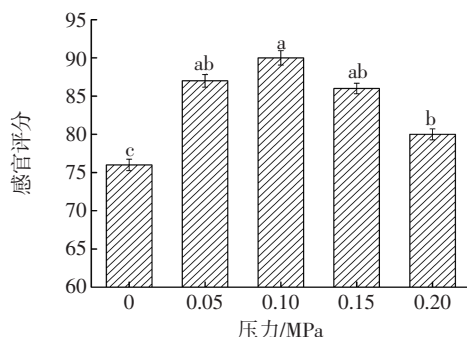


不同小写字母表示差异显著, $P<0.05$ 。

图5 不同浸渍压力对蓝靛果酒理化指标的影响

Fig.5 The influence of different impregnation pressure on the physical and chemical index of *Lonicera caerulea* wine

由图5可知,随着压力的增大,总酸含量呈先降低后升高的趋势,在压力为0.15 MPa时总酸含量最低为12.7 g/L,在0~0.1 MPa显著下降($P<0.05$)。这是由于 CO_2 含量的增加促进了部分有机酸的分解和苹果酸的转化,但随着 CO_2 的增加,细胞内发酵增强,乳酸等有



不同小写字母表示差异显著, $P < 0.05$ 。

图6 不同浸渍压力蓝靛果酒感官评分的影响

Fig.6 The effect of different impregnation pressure on the sensory quality of *Lonicera caerulea* wine

机酸含量增加,以及过多的 CO_2 溶解在蓝靛果汁中生成碳酸导致总酸含量增加。随着压力的增长,单宁含量呈逐渐上升的趋势,在 0~0.1 MPa 显著上升 ($P < 0.05$), 0.1 MPa ~0.2 MPa 上升较为缓慢 ($P > 0.05$)。这是由于细胞内发酵增强,细胞内发酵产生酒精,过高的压力导致果实容易发生破裂,产生的酒精和浸渍出的果汁与果皮充分接触,果实内部的单宁逐渐浸出。花色苷含量呈先升高后降低的趋势,浸渍压力为 0.1 MPa 时花色苷含量最高。

由图 6 可知,0.1 MPa 时感官评分最高,所得到的果酒色泽明亮、酸甜适中、果香浓郁。这是由于适当的压力在保证花色苷溶出较多的同时,降低了总酸和单宁含量,提升了果酒品质。综合分析,选择 0.1 MPa 为最佳浸渍压力。

2.2 响应面优化

2.2.1 响应面设计及结果

响应面试验结果如表 3 所示。

表3 响应面设计及结果

Table 3 Responsive design and results

试验号	A 时间	B 温度	C 压力	感官评分
1	1	0	0	87.23
2	1	0	-1	84.02
3	-1	0	1	82.34
4	-1	0	-1	80.23
5	0	1	-1	83.81
6	-1	-1	0	78.91
7	0	0	0	91.20
8	0	0	0	89.99
9	1	1	0	82.41
10	0	0	0	90.10
11	0	0	0	90.01
12	-1	1	0	79.02
13	0	0	0	90.87
14	0	0	1	86.91
15	0	-1	-1	81.77
16	0	1	1	83.43
17	1	0	1	86.90

2.2.2 回归模型及方差分析

依据试验数据进行多元回归分析,可得到 3 个因素对蓝靛果酒感官品质影响的二次回归模型: $R = -6.86231 + 14.34A + 14.47B + 296.685C - 0.31AB + 1.925A - 13.825BC - 1.43A^2 - 0.99B^2 - 995.3C^2$ 。对所得回归模型进行方差分析,如表 4 所示。

表4 回归模型的方差分析

Table 4 Analysis of variance in regression model

方差来源	平方和	自由度	均方	F 值	P	显著性
模型	281.39	9	31.25	54.28	<0.000 1	**
A	50.40	1	50.40	87.54	<0.000 1	**
B	4.8	1	4.80	8.35	0.023 4	*
C	11.81	1	11.81	20.51	0.002 7	**
AB	6.08	1	6.08	10.55	0.014 1	*
AC	0.15	1	0.15	0.26	0.062 5	
BC	7.65	1	7.65	13.28	0.008 2	**
A^2	88.06	1	88.06	152.95	<0.000 1	**
B^2	66.64	1	66.64	115.74	<0.000 1	**
C^2	26.07	1	26.07	45.28	0.000 3	**
残差	4.03	7	0.58			
失拟	2.76	3	0.92	2.91	0.164 2	
误差	1.27	4	0.32			
总和	285.32	16				

注: * 差异显著 ($P < 0.05$); ** 差异极显著 ($P < 0.01$)。

由表 4 回归模型分析可知, $P < 0.000 1$, 该响应曲面的二次多元回归模型极显著, 失拟项 $P = 0.164 2 > 0.05$, 不显著, 由此可得该回归模型具有好的拟合程度。模型的复相关系数为 0.985 9 > 95%, 可知因变量对自变量的影响显著。校正决定系数为 0.995 6, 说明该模型拟合度较好, 可以进一步分析。

一次项 A、C 和二次项 A^2 、 B^2 、 C^2 极显著 ($P < 0.01$), 一次项 B 显著 ($P < 0.05$)。考察各因素交互作用, AB、AC、BC 存在交互作用, 其中 BC 差异极显著 ($P < 0.01$), AB 差异显著 ($P < 0.05$), AC 差异不显著 ($P > 0.05$)。根据 F 值可知, 在试验范围内各因素对蓝靛果酒感官评分的影响依次为: A (浸渍时间) > C (浸渍压力) > B (浸渍温度)。

2.2.3 响应曲面分析与讨论

各因素及其交互作用对感官品质影响的响应面见图 7。

根据响应曲面趋势及等高线的密集程度, 判断各因素之间的交互作用。响应曲面的趋势越陡, 等高线越密集, 说明两两交互越显著。由图 7 可知, 3D 响应曲面陡峭, 并且等高线均呈椭圆形, 说明各因素之间交互作用显著, 其中图 7a 和图 7c 的曲面趋势较陡,

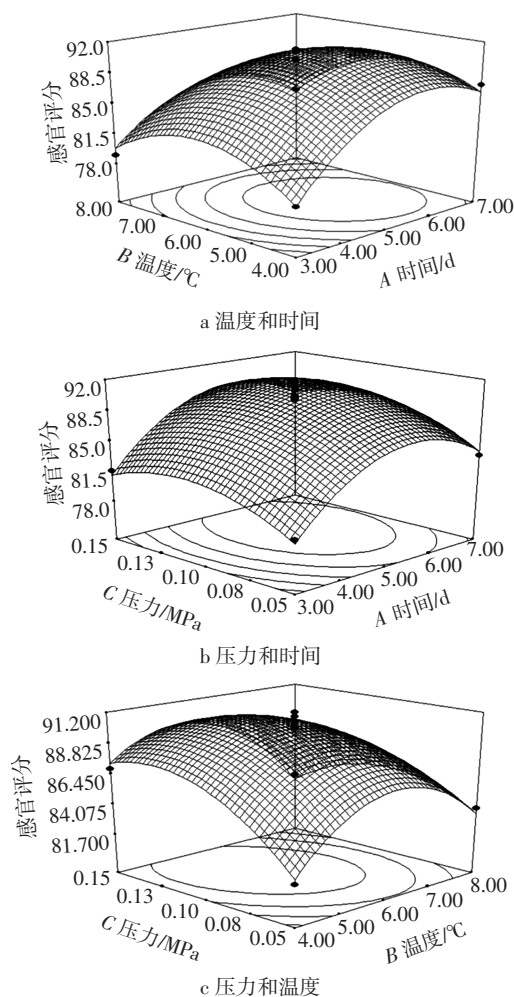


图7 两因素交互作用的响应曲面图

Fig.7 Response surface plot of the interaction of each two factors

表5 不同工艺蓝靛果酒的理化指标及感官评分

Table 5 The physical and chemical indexes and sensory scores of *Lonicera caerulea* wine with different processes

工艺	总糖/(g/L)	酒精度/(%vol)	总酸/(g/L)	总酚/(g/L)	单宁/(mg/L)	花色苷/(mg/L)	色度	感官评分
传统	6.06±0.02 ^a	11.6±0.07 ^a	14.9±0.12 ^a	1.23±0.13 ^c	705±4.62 ^a	310±3.11 ^{bc}	6.12±0.04 ^c	79.9±0.02 ^c
CM	5.92±0.07 ^a	10.7±0.02 ^b	13.3±0.03 ^b	1.32±0.14 ^b	640±6.53 ^c	345±2.94 ^b	7.85±0.32 ^b	84.7±0.04 ^b
LTCM	5.83±0.05 ^a	11.1±0.06 ^a	12.9±0.05 ^b	1.41±0.11 ^a	675±3.82 ^b	385±2.73 ^a	8.73±0.11 ^a	91.1±0.03 ^a

注:同一列不同小写字母表示不同组之间差异显著, $P<0.05$;CM代表常温 CO_2 浸渍;LTCM代表低温 CO_2 浸渍。

接破碎榨汁,果皮中的劣质单宁直接浸出,这与刘晶等^[2]的研究结果一致。单宁是酒体的灵魂,单宁过少会导致酒体单薄无力,过多的单宁则导致口感苦涩,因此利用低温与 CO_2 的协同作用,保证单宁的适量浸出。低温 CO_2 浸渍工艺产生的花色苷含量及色度较高,这是由于低温延长浸渍时间,使得花色苷更好地溶出,并且低温可以抑制花色苷的分解,从而提升果酒色度。

综上所述,采用低温 CO_2 浸渍工艺在保留了花色苷等酚类物质的同时,适量降低了单宁和总酸的含量,解决了传统工艺与常温 CO_2 浸渍工艺存在的问题,提升了蓝靛果酒品质。

图7b的趋势略微平缓,这说明时间和温度以及温度和压力交互作用较为显著,这与方差分析结果一致。

2.2.4 验证试验

通过 Design-Expert 8.0 软件计算最优点,获蓝靛果酒的最优浸渍工艺为:浸渍时间 5.62 d,浸渍温度 5.60 °C,浸渍压力 0.12 MPa,在此条件下预测其感官评分为 91.086 7 分,按照实际情况调整浸渍条件为:浸渍时间 5.6 d,浸渍温度 6 °C,浸渍压力 0.1 MPa。为验证响应面优化工艺结果可靠性,进行 3 组平行试验验证,得出在此条件下其感官评分分别为 91.10、90.98、91.07 分,说明优化效果显著,进一步证明该回归模型是有效可靠的。

2.3 不同工艺对比试验

不同工艺蓝靛果酒的理化指标及感官评分见表5。

由表 5 可知,3 种工艺对蓝靛果酒的残糖量和酒精度影响不大,无显著性差异($P>0.05$),说明 3 种工艺生产的果汁对果酒的发酵程度影响较小。传统工艺总酸含量较高,常温 CO_2 浸渍和低温 CO_2 浸渍工艺总酸含量相对较低,这可能是由于通入 CO_2 促进了苹果酸的转化,降低了总酸含量,使得口感更柔和,这与 Lucía González Arenzana 等^[19]的研究一致。低温二氧化碳浸渍产生的总酚含量最高,传统工艺总酚含量最低。这是由于传统工艺采取清汁发酵,浸提不充分,酚类物质浸出差,而低温抑制野生酵母的繁殖,延长了浸渍时间,使得酚类物质更多地浸出^[20]。传统工艺单宁含量较高, CO_2 浸渍工艺单宁含量较低,这是由于蓝靛果直

3 结论

以蓝靛果为原料,研究浸渍时间、浸渍温度和浸渍压力对蓝靛果酒理化性质及感官品质的影响,经单因素试验和响应面的优化,得到低温 CO_2 浸渍的最佳工艺为:浸渍时间 5.6 d、浸渍温度 6 °C、浸渍压力 0.1 MPa,此浸渍工艺条件下的蓝靛果酒感官评分为 91 分,口感柔和,香气宜人,色泽稳定。对比试验表明,采取低温 CO_2 浸渍工艺能有效降低单宁和总酸的含量,并能使花色苷等酚类物质充分溶出,提升果酒品质,解决了蓝靛果酒口感酸涩,香气不明显等问题,具

有不同于其它工艺的特殊风味,为蓝靛果酒的工业生产提供了理论依据。

参考文献:

- [1] 张启昌,李亮,张义涛,等.蓝靛果忍冬利用价值研究进展[J]. 北华大学学报(自然科学版), 2014, 15(5):661-664.
- [2] 朱力国,郭阳,唐思媛.不同品种蓝靛果化学成分及抗氧化活性比较[J]. 中国酿造, 2018, 37(10):153-157.
- [3] Cui J, Gao Z, Li B, et al. Identification of anthocyanin biosynthesis related microRNAs and total microRNAs in *Lonicera edulis* by high-throughput sequencing[J]. Journal of Genetics, 2020, 99: 1-14.
- [4] 魏文倩,张冰,李利强.响应面法优化蓝靛果红树莓复合发酵汁的研究[J]. 食品研究与开发, 2020, 41(8): 172-179.
- [5] 赵琦.低温浸渍发酵工艺对葡萄酒酒品质及其代谢产物的影响[D].扬州:扬州大学, 2017.
- [6] Merin M G, Ambrosini V I M. Kinetic and metabolic behaviour of the pectinolytic strain *Aureobasidium pullulans* GM-R-22 during pre-fermentative cold maceration and its effect on red wine quality [J]. International journal of food microbiology, 2018, 285: 18-26.
- [7] 陈孜铜,李静媛.浸渍方法对葡萄酒功能物质及品质的影响[J]. 中国酿造, 2017, 36(5): 132-135.
- [8] Tesniere C, Flanzy C. Carbonic maceration wines: Characteristics and winemaking process[J]. Advances in food and nutrition research, 2011, 63: 1-15.
- [9] 裴辰玉,张薇,李悦,等. CO₂ 浸渍法对北冰红山葡萄酒中成分影响的研究[J]. 食品工业, 2019, 40(3): 315-319.
- [10] 张轶斌,刘晨,侯玮.低温二氧化碳浸渍工艺对葡萄醋酿造的影响研究[J].中国调味品, 2018, 43(11): 109-112.
- [11] 王金玲,李亮亮,赵福杰,等.二氧化碳浸渍对红树莓果酒品质的影响[J]. 食品与发酵工业, 2012, 38(8): 93-96.
- [12] 杜妹玲,张秀玲,范丽莉,等.蓝靛果酒带渣发酵工艺的优化及其香气分析[J]. 食品工业科技, 2020, 41(5): 136-144, 150.
- [13] 高银璐.黑果腺肋花楸干酒发酵工艺研究[D]. 长春:吉林农业大学, 2017.
- [14] 王治同,梁瑞,南海龙.福林-酚法测定成熟期左优红浆果中的总酚含量[J]. 食品工业, 2018, 39(8): 281-284.
- [15] 王艺菲,辛秀兰,陈亮,等. pH 示差法测定不同种类蓝果忍冬总花色苷含量[J]. 食品研究与开发, 2014, 35(7): 75-78.
- [16] 梁冬梅,李记明,林玉华.分光光度法测葡萄酒的色度 [J]. 中外葡萄与葡萄酒, 2002(3): 9-10,13.
- [17] 舒楠,谢苏燕,路文鹏,等.延迟采收及不同酿造工艺对北国红山葡萄干红酒单宁含量影响[J]. 中国酿造, 2019, 38(2): 173-176.
- [18] 梁敏,包怡红.蓝靛果酒发酵工艺优化及发酵过程对花色苷的影响[J]. 食品科学, 2018, 39(10): 151-157.
- [19] González Arenzana L, Santamaría R, Escribano Viana R, et al. Influence of the carbonic maceration winemaking method on the physicochemical, colour, aromatic and microbiological features of tempranillo red wines[J]. Food Chemistry, 2020, 319: 126569.
- [20] Cadot Y, Caillé S, Samson A, et al. Sensory representation of typicality of Cabernet franc wines related to phenolic composition: Impact of ripening stage and maceration time [J]. Analytica Chimica Acta, 2012, 732: 91-99.
- [21] 刘晶,王华,李华,等. CO₂ 浸渍法酿造两性花毛葡萄 NW196 葡萄酒的研究[J]. 中国酿造, 2011(9): 19-21.

加工编辑:王艳

收稿日期:2020-08-19

人民有信仰，
民族有希望，
国家有力量。