

DOI: 10.13652/j.spjx.1003.5788.2024.80397

毛葡萄汁啤酒酿造工艺优化及品质分析

甘惠婷^{1,2} 杨静静³ 郝俊光^{1,2} 侯慧^{2,4} 庞庭才^{1,2}

(1. 广西高校北部湾海产品高值化利用与预制食品重点实验室, 广西 钦州 535011; 2. 北部湾大学食品工程学院, 广西 钦州 535011; 3. 华润雪花啤酒(中国)有限公司, 北京 100005; 4. 广西大学轻工与食品工程学院, 广西 南宁 535000)

摘要: [目的] 为拓宽毛葡萄加工的产品形式, 以野酿 2 号毛葡萄汁为原料开发一款果蔬汁型啤酒。[方法] 在固定红曲米粉添加量 1.5 g/L、青岛大花酒花添加量 0.6 g/L、Fruity 酵母接种量 0.4 g/L 的基础上, 以酒精度、总酸、多酚和感官评分为评价指标, 通过单因素试验和响应面试验优化其工艺。[结果] 发酵温度 18.0 °C、初始麦汁浓度 11.09 °P、毛葡萄稀释汁添加量 8.13 mL/100 mL 为最佳工艺。所得毛葡萄汁啤酒酸爽可口、果香麦香协调、酒体醇厚、色泽鲜红, 感官评分 90.5 分, 总酸 3.12 mL/100 mL, 酒精度 3.6%vol, 苦味值 10.8 BU, 多酚 0.52 mg/mL。此外, 毛葡萄汁啤酒中共测出 17 种氨基酸、18 种有机酸、9 种单体酚和 37 种挥发性风味物质。[结论] 优化后的毛葡萄汁啤酒较普通啤酒具有更丰富醇厚的口感, 毛葡萄汁的添加为啤酒引入了丰富的氨基酸、有机酸、单体酚和挥发性风味物质, 具有更高的营养价值。

关键词: 毛葡萄; 果蔬汁型啤酒; 红曲; 氨基酸; 有机酸; 单体酚; 挥发性风味物质

Optimization of brewing process and quality analysis of *Vitis quinquangularis* Rehd juice beer

GAN Huiting^{1,2} YANG Jingjing³ HAO Junguang^{1,2} HOU Hui^{2,4} PANG Tingcai^{1,2}

(1. Guangxi College and University Key Laboratory of High-value Utilization of Seafood and Prepared Food in Beibu Gulf, Qinzhou, Guangxi 535011, China; 2. College of Food Engineering, Beibu Gulf University, Qinzhou, Guangxi 535011, China; 3. China Resources Snow Breweries Limited, Beijing 100005, China; 4. College of Light Industry and Food Engineering, Guangxi University, Nanning, Guangxi 535000, China)

Abstract: [Objective] To broaden the product form of *Vitis quinquangularis* Rehd processing, and develop a fruit and vegetable juice beer with Yenang No. 2 *Vitis quinquangularis* Rehd juice as raw material. [Methods] On the basis of fixed *Monascus* rice powder additive concentration of 1.5 g/L, Qindaodahua hop additive concentration of 0.6 g/L and Fruity yeast inoculation amount of 0.4 g/L, the optimization process was studied by single factor test and response surface test with alcohol content, total acid, total polyphenol and sensory score as evaluation indexes. [Results] The fermentation temperature of 18.0 °C, the initial wort concentration of 11.09 °P, and the dilution of *Vitis quinquangularis* Rehd juice of 8.13 mL/100 mL were the best conditions. The obtained *Vitis quinquangularis* Rehd juice beer was sour and delicious, with harmonious fruit and malty flavors, mellow body, bright red color, sensory score of 90.5, total acid 3.24 mL/100 mL, alcohol 3.6%vol, bitterness value 10.8 BU, polyphenols 0.52 mg/mL. In addition, 17 kinds of amino acids, 18 kinds of organic acids, 9 kinds of monomer phenols and 37 kinds of volatile flavor substances were detected in the *Vitis quinquangularis* Rehd juice beer. [Conclusion] The optimized *Vitis quinquangularis* Rehd juice beer has more rich and mellow taste than ordinary beer, and the addition of *Vitis quinquangularis* Rehd juice introduces rich amino acids, organic acids, monomer phenols and volatile flavor substances into beer, which has higher nutritional value.

Keywords: *Vitis quinquangularis* Rehd; fruit and vegetable juice beer; *Monascus*; amino acids; organic acids; monomer phenols; volatile flavor substances

果蔬汁型啤酒因色泽诱人、风味独特, 已成为精酿啤酒的新宠儿^[1]。其风味由麦汁组成、酵母菌株、水果种类、酿造工艺等共同决定^[2]。果汁中酚类物质对果蔬汁型啤酒的抗氧化性、胶体稳定性、泡沫稳定性、感官等特性均

基金项目: 广西重点研发计划项目(编号: 2021AB18030); 北部湾大学大学生创新创业训练计划资助项目(编号: 202311607015)

通信作者: 郝俊光(1971—), 男, 北部湾大学教授级高级工程师, 博士。E-mail: hjgkwzhrq@163.com

收稿日期: 2024-04-28 改回日期: 2024-07-19

会产生影响^[3],果汁带入的香气成分还能丰富精酿果蔬汁型啤酒的香气组成^[4]。

野酿2号毛葡萄是广西农科院从野生株选育的优质两性花品种,具有耐逆抗病、高产稳产、抗湿热、酿酒性能佳等优点,适合在喀斯特山区种植,已在广西被大力推广,仅在罗城县种植面积就达1 600余hm²^[4-7]。毛葡萄富含维生素、花色苷等营养物质,因过酸不适合鲜食而多用于酿酒^[6]。随着毛葡萄种植面积的扩大,当地毛葡萄加工形式单一、产能有限的短板日益凸显^[8]。为保证毛葡萄产业的健康发展,延长毛葡萄加工原料的供应期,实现毛葡萄深加工形式多样化已成为毛葡萄产业健康发展的必然。但尚未见果蔬汁型毛葡萄汁啤酒的报道。

试验初期,曾试图用毛葡萄皮色素对毛葡萄汁啤酒进行调色,但由于啤酒中蛋白含量较高会与酚类物质发生凝聚而造成明显的花色苷损失,得不到理想的红色,因而后期改用红曲米粉。红曲作为安全的传统食用色素,具备降血脂、降血压等生理活性,是红色食品生产的首选天然色素^[9]。研究拟以酒精度、总酸、多酚和感官评分为考察指标,优化毛葡萄汁啤酒的酿造工艺,并进行产品品质分析,以期对果蔬汁型啤酒进一步的研究发展提供依据。

1 材料与方 法

1.1 材料与试剂

野酿2号毛葡萄汁(稀释2.5倍后用于试验;原汁添加量较少,直接添加可能会产生误差):广西罗城大益生态酒业有限公司;

富露缇(Fruity)酵母:霓珂(上海)贸易有限公司;

CHATEAU PILSEN 2RS 皮尔森麦芽:深圳市禾众贸易有限公司;

红曲米粉:武汉佳成生物制品有限公司;

青岛大花:95型,雅基玛酒花有限公司;

焦亚硫酸钾:食品级,上海德化食品添加剂有限公司;

氢氧化钠、氯化钠、没食子酸:分析纯,上海市麦克林生化科技股份有限公司;

浓盐酸:分析纯,天津市大茂化学试剂厂;

无水乙酸钠、硫酸锌、亚铁氰化钾:分析纯,天津市科密欧化学试剂有限公司;

乙腈、甲醇、矢车菊素-3-*O*-葡萄糖苷、绿原酸、阿魏酸、虎杖苷、芦丁、水杨酸、白藜芦醇、槲皮素、山奈酚、草酸、葡萄糖酸、*L*-酒石酸、奎尼酸、甲酸、丙酮酸、*L*-苹果酸、抗坏血酸、*L*-乳酸、柠檬酸、富马酸、琥珀酸、乙酸、丙酸、正丁酸、异丁酸、正戊酸、异戊酸:色谱纯,上海市麦克林生化科技股份有限公司;

Waters Accq-Tag 氨基酸流动相试剂盒、17种氨基酸混合标准溶液:美国 Waters 公司。

1.2 仪器与设备

氨基酸专用色谱柱:Waters Accq-Tag 型,美国 Waters 公司;

色谱柱:Atlantis®T3 型,美国 Waters 公司;

高效液相色谱仪:Waters-2695 型,美国 Waters 公司;

气质联用仪:Trace1300-TSQ8000 Evo 型,美国 Thermo-Fisher Scientific 公司;

毛细管色谱柱:DB-WAX 型,美国 Agilent 公司;

微萃取纤维头:50/30 μm DVB/CAR/PDMS 型,美国 Supelco 公司;

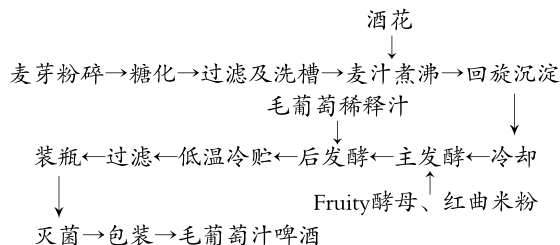
紫外可见分光光度计:UV-1800 型,岛津仪器有限公司;

自酿一体机:ACE40L 型,英国 ACE 公司;

酒精计:PAL-34S 型,广州市爱宕科学仪器有限公司。

1.3 方法

1.3.1 毛葡萄汁啤酒酿造工艺流程



1.3.2 单因素试验 在固定红曲米粉添加量为 1.5 g/L、青岛大花酒花添加量为 0.6 g/L、Fruity 酵母接种量为 0.4 g/L 的基础上,以发酵温度、初始麦汁浓度、毛葡萄稀释汁添加量作为单因素,以感官评分、酒精度、总酸、多酚为评价指标进行单因素对比试验。即在发酵温度 16 °C 和毛葡萄稀释汁添加量 8 mL/100 mL 的基础上,考察初始麦汁浓度(9, 10, 11, 12, 13 °P)对毛葡萄汁啤酒的影响;在初始麦汁浓度 11 °P 和毛葡萄稀释汁添加量 8 mL/100 mL 的基础上,考察发酵温度(12, 14, 16, 18, 20 °C)对毛葡萄汁啤酒的影响;在发酵温度 16 °C 和初始麦汁浓度 11 °P 的基础上,考察毛葡萄稀释汁添加量(4, 6, 8, 10, 12 mL/100 mL)对毛葡萄汁啤酒的影响。

1.3.3 响应面试验 根据单因素试验结果,选择发酵温度、初始麦汁浓度、毛葡萄稀释汁添加量为影响因素,以感官评分为响应指标,进行 Box-Behnken 三因素三水平响应面试验设计。

1.3.4 感官评价 根据 GB/T 15038—2006《葡萄酒、果酒通用分析方法》及 GB/T 4928—2008《啤酒分析方法》制定毛葡萄汁啤酒的感官评价标准,见表 1。品评小组由 10 名经过专门培训的大学生品评员(5 男、5 女)组成,从色泽、风味、口感、泡沫 4 个方面进行评分。

1.3.5 理化指标测定

(1) 原麦汁浓度、总酸、酒精度、色价和双乙酰:按 GB/T 4928—2008《啤酒分析方法》执行,其中原麦汁浓度采用密度瓶法、总酸采用电位滴定法、酒精度采用蒸馏法、色价和双乙酰采用分光光度计法。

(2) 多酚:采用福林酚比色法^[10]。

(3) *L*^{*}值、*a*^{*}值和 *b*^{*}值:参照文献^[11]。

表 1 毛葡萄汁啤酒感官评价标准

Table 1 Sensory evaluation criteria of *Vitis quinquangularis* Rehd juice beer

项目	标准	分数
色泽 (30分)	鲜红色,有光泽,澄清透明,无悬浮物,无沉淀	21~30
	红色,有光泽,较澄清透明,有悬浮物,无沉淀	11~20
	淡红色,无光泽,浑浊,有悬浮物,有沉淀	0~10
风味 (20分)	浓郁醇和,具有和谐的毛葡萄果香和麦香	15~20
	香气单薄不醇和,具有较和谐的毛葡萄果香和麦香	7~14
	果香不明显,有不愉快的异香	0~6
口感 (40分)	酸爽可口,柔和丰满,酒体完整,杀口感强	31~40
	酸爽较适度,较柔和,酒体较完整,有杀口感	21~30
	较酸,柔和度一般,酒体较完整,略有杀口感	11~20
泡沫 (10分)	很酸,柔和度差,酒体不完整,无杀口感	0~10
	泡沫洁白细腻,持杯性久	7~10
	泡沫较洁白细腻,持杯性较好	4~6
	泡沫较粗,不够洁白,持杯性差	0~3

- (4) 苦味值:参照文献[12]。
- (5) 氨基酸:参照文献[13]。
- (6) 有机酸:参照文献[14]。
- (7) 单体酚:参照文献[15]。
- (8) 挥发性风味物质:采用顶空固相微萃取法^[16]。

顶空固相微萃取条件:取 10 mL 酒样置于 20 mL 顶空瓶中,加入 NaCl 至饱和后将恒温水浴磁力搅拌装置于 45 °C 预热 15 min。将 50/30 μm DVB/CAR/PDMS 微萃取纤维头 50 °C 萃取吸附 45 min 后插入进样口解析 5 min,进行分析。

气相条件:DB-WAX 毛细管色谱柱,高纯度氦气流速 1 mL/min,不分流进样,进样口温度 250 °C。程序升温:起始温度 30 °C 保持 10 min,以 1.4 °C/min 升温至 90 °C 保持 8 min,以 2.5 °C/min 升温至 145 °C 保持 2 min,以 3.5 °C/min 升温至 160 °C 保持 1 min,以 10 °C/min 升温至 250 °C 保持 3 min。

质谱条件:EI 离子源,电离电压 70 eV,离子源温度 230 °C,传输线温度 250 °C,质量扫描范围 35~400 aum。

通过与 NIST2.3 谱库检索比对进行定性,将匹配可能性 >80% 的物质用峰面积归一法进行相对定量。

1.4 数据处理

采用 WPS Office、Origin 2021 对试验结果进行图表绘制,响应面分析试验设计及其显著性差异分析采用 Design-Expert 13.0.15 软件处理。

2 结果与分析

2.1 单因素试验

2.1.1 发酵温度对毛葡萄汁啤酒的影响 温度是啤酒发酵的重要工艺参数,它通过影响酵母的相关酶的活力来改变风味物质和酒精的产生速率^[17]。由图 1 可知,随着发

酵温度的升高,毛葡萄汁啤酒的感官评分呈先升后降的趋势,而总酸和酒精度随之逐步增加,多酚则逐步降低。发酵温度较低时,发酵过程缓慢,酒体口感差;随着发酵温度的增加,毛葡萄汁啤酒口感趋于协调;而发酵温度过高时,毛葡萄汁啤酒的高级醇刺激味突兀,果香不明显。在发酵温度为 16 °C 时,毛葡萄汁啤酒感官评分最高达 88.6 分,其泡沫细腻、香气浓郁、果香麦香协调、口味醇和。故选取发酵温度 14,16,18 °C 作为响应面优化的试验水平。

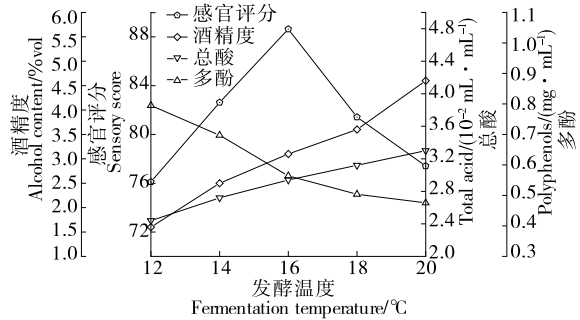


图 1 发酵温度对毛葡萄汁啤酒的影响

Figure 1 The Sensory effects of fermentation temperature on *Vitis quinquangularis* Rehd juice beer

2.1.2 毛葡萄稀释汁添加量对毛葡萄汁啤酒的影响 毛葡萄汁富含有机酸、氨基酸以及酚类物质,其添加量影响果啤的风味和口感^[6]。由图 2 可知,随毛葡萄稀释汁添加量的增加,毛葡萄汁啤酒的总酸和酒精度逐步增加,多酚则逐步下降。总酸的增加可能与毛葡萄汁自身含酸量高有关,而酒精度的增加可能与毛葡萄中富含的氨基酸、矿物质等营养物质提高了酵母的发酵活力有关^[18]。毛葡萄稀释汁添加量较低时,毛葡萄汁啤酒的果香不足;毛葡萄稀释汁添加量过高时,麦芽香会被掩盖,口感偏酸,酒体接受度会下降;而毛葡萄稀释汁添加量为 8 mL/100 mL 时,毛葡萄汁啤酒感官评分最高达 88.6 分,其麦香和果香协调,酒体醇厚。故选取毛葡萄稀释汁添加量 6, 8, 10 mL/100 mL 作为响应面优化的试验水平。

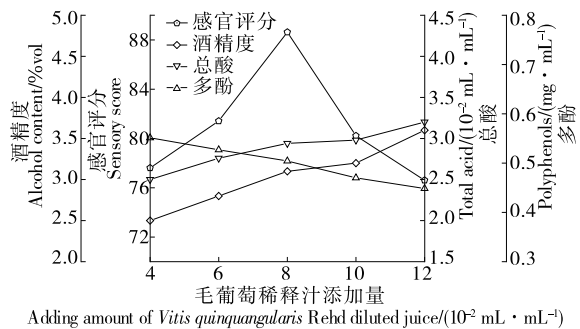


图 2 毛葡萄稀释汁添加量对毛葡萄汁啤酒的影响

Figure 2 The effect of adding amount of *Vitis quinquangularis* Rehd diluted juice on *Vitis quinquangularis* Rehd juice beer

2.1.3 初始麦汁浓度对毛葡萄汁啤酒的影响 初始麦汁浓度直接影响酵母的代谢强度,从而改变乙醇的含量和风味物质的产生能力^[19]。由图3可知,随初始麦汁浓度的增加,毛葡萄汁啤酒的酒精度、总酸和多酚均呈上升趋势。试验所采用的最高初始麦汁浓度为13 °P,未发生高浓度抑制效应^[20]。初始浓度较低时,毛葡萄汁啤酒的醇厚性不够、酒体寡淡;初始麦汁浓度过高时,毛葡萄汁啤酒的高级醇味突出、香气不协调;而初始麦汁浓度11 °P时口感最好,感官评分最高达88.6分,其麦香果香明显,典型性佳。故选取初始麦汁浓度10,11,12 °P为响应面优化的试验水平。

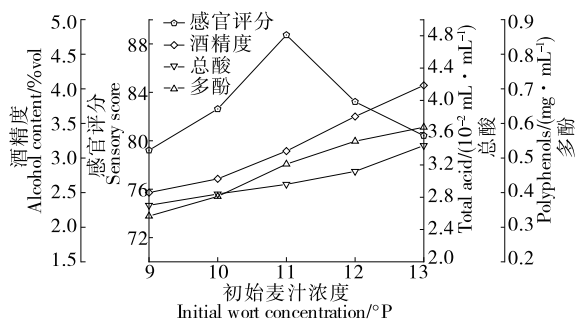


图3 初始麦汁浓度对毛葡萄汁啤酒的影响

Figure 3 The effect of initial wort concentration on *Vitis quinquangularis* Rehd juice beer

2.2 响应面试验

2.2.1 模型建立及方差分析 响应面试验的试验因素与水平见表2,试验结果见表3,对应的方差分析见表4。毛葡萄汁啤酒的感官评分与各因素间的回归方程表达式为:

$$Y=88.2+2.6A+1.95B+0.95C-1.08AB-0.575AC+1.32BC-0.6625A^2-5.01B^2-3.81C^2. \quad (1)$$

表2 毛葡萄汁啤酒酿造工艺优化响应面试验因素与水平
Table 2 Experimental factors and levels of response surface tests for optimizing process of *Vitis quinquangularis* Rehd juice beer

因素	A 发酵温度/°C	B 初始麦汁浓度/°P	C 毛葡萄稀释汁添加量/(10 ⁻² mL·mL ⁻¹)
-1	14	10	6
0	16	11	8
1	18	12	10

由表4可知:模型P值<0.01,极显著,表明所得模型可靠;失拟项P值>0.05,不显著,说明所拟合方程可靠性较高;决定系数R²=0.9816,调整决定系数R_{adj}²=0.9579,表明方程拟合度高。由F值可知,对感官评分的影响从大到小依次是A>B>C。A、B、B²、C²达到极显著水平(P<0.01),C、AB、BC影响显著(P<0.05),AC、A²影响不显著(P>0.05)。

表3 Box-Behnken响应面试验设计与结果

Table 3 Design and results of Box-Behnken response surface tests

试验号	A	B	C	感官评分
1	-1	0	1	82.2
2	0	-1	-1	78.3
3	1	0	-1	86.4
4	-1	1	0	83.9
5	0	-1	1	77.6
6	1	0	1	87.1
7	0	0	0	88.1
8	0	1	1	83.1
9	-1	0	-1	79.2
10	0	0	0	88.7
11	0	0	0	88.6
12	0	0	0	87.1
13	1	1	0	86.1
14	0	0	0	88.5
15	1	-1	0	83.3
16	1	1	-1	78.5
17	-1	-1	0	76.8

表4 回归模型方差分析[†]

Table 4 Variance analysis of the regression model

方差来源	平方和	自由度	均方	F值	P值	显著性
模型	286.26	9	31.81	41.42	<0.000 1	**
A	54.08	1	54.08	70.43	<0.000 1	**
B	30.42	1	30.42	39.62	0.000 4	**
C	7.22	1	7.22	9.40	0.018 2	*
AB	4.62	1	4.62	6.02	0.043 9	*
AC	1.32	1	1.32	1.72	0.230 8	
BC	7.02	1	7.02	9.15	0.019 3	*
A ²	1.85	1	1.85	2.41	0.164 8	
B ²	105.79	1	105.79	137.77	<0.000 1	**
C ²	61.20	1	61.20	79.70	<0.000 1	**
残差	5.38	7	0.77			
失拟项	3.66	3	1.22	2.83	0.170 1	
纯误差	1.72	4	0.43			
总和	291.64	16				

† “*”表示对结果影响显著(P<0.05);“**”表示对结果影响极显著(P<0.01)。

2.2.2 各因素间交互作用分析 由于AC对感官评分的影响不显著,故只对AB和BC的交互作用对感官评分的影响进行比较。如图4所示,AB和BC的交互作用的等高线均趋于椭圆形,意味着椭圆短轴对应因素对感官评分的影响大于长轴对应因素的影响。

2.2.3 验证结果 模型优化出的毛葡萄汁啤酒酿造工艺为:发酵温度18.0 °C,初始麦汁浓度11.09 °P,毛葡萄稀释汁添加量8.13 mL/100 mL,对应的预测感官评分为90.2

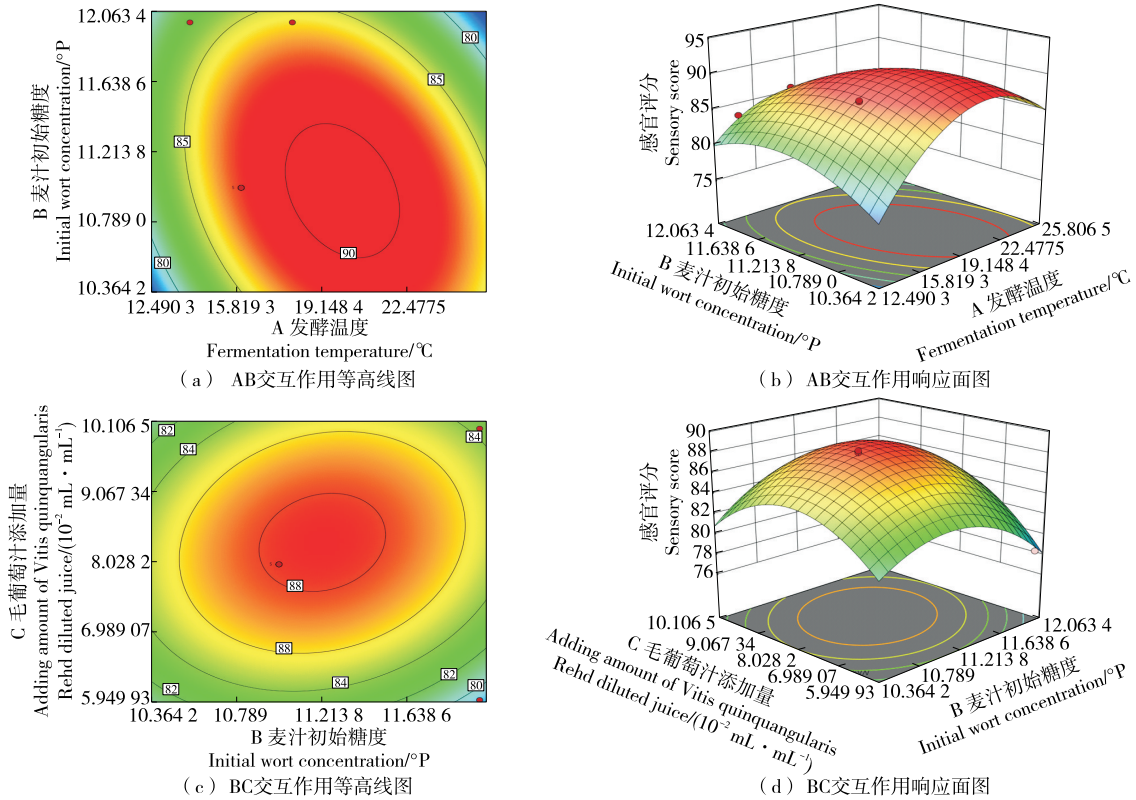


图 4 AB、BC 交互作用对毛葡萄汁啤酒的影响
Figure 4 The interactive effects of AB and BC on *Vitis quinquangularis* Rehd juice beer

分。3 次平行验证实验实际感官评分的平均值为 90.5 分，与预测值接近，说明该预测模型准确可靠。

2.3 毛葡萄汁啤酒品质分析

2.3.1 常规理化指标 按优化工艺酿造的毛葡萄汁啤酒对应的常规理化指标见表 5。

2.3.2 氨基酸含量 氨基酸不仅是啤酒酵母的营养物质，也是酵母产生高级醇的直接底物，对果啤的香气、口感和营养价值有较大影响^[21]。毛葡萄汁啤酒中 17 种氨基酸均有检出，总量达到 159.76 mg/L，人体 8 种必需氨基酸占氨基酸总量的 25.38%。毛葡萄汁啤酒中含量前三的氨基酸依次是脯氨酸、苯丙氨酸、谷氨酸，分别占总氨基酸的 53.23%，17.93%，10.82% (表 6)，符合啤酒中脯氨酸含量最高的分布特点。

表 5 毛葡萄汁啤酒的常规理化指标测定结果
Table 5 Determination results of conventional physicochemical indexes of *Vitis quinquangularis* Rehd juice beer ($n=3$)

指标	单位	结果	指标	单位	结果
pH 值		3.58 ± 0.01	总酸	mL/100 mL	3.12 ± 0.01
L* 值		83.74 ± 0.13	多酚	mg/mL	0.52 ± 0.01
a* 值		13.16 ± 0.04	苦味值	BU	10.80 ± 0.05
b* 值		27.65 ± 0.07	色价	EBC	9.77 ± 0.02
酒精度	%vol	3.60 ± 0.02	双乙酰	mg/L	0.06 ± 0.01

2.3.3 有机酸含量 有机酸是啤酒酸味的主要来源，其组成决定了啤酒的总酸、pH 值和缓冲性能，是啤酒风味和风味稳定的主要影响因素^[22]。毛葡萄汁啤酒中 18 种有机酸均有检出，总量为 3 452.63 mg/L。含量前三的有机酸依次是葡萄糖酸、柠檬酸、L-酒石酸，分别占总有机酸的 48.91%，7.95%，21.59% (表 7)。葡萄糖酸的口感纯正柔和，酸度约为乳酸的 1/4，其存在对果蔬汁啤酒的酸感柔顺有利^[14]。

2.3.4 单体酚含量 单体酚主要包括类黄酮类物质和非

表 6 毛葡萄汁啤酒氨基酸含量
Table 6 Content of amino acids in *Vitis quinquangularis* Rehd juice beer ($n=3$)

化合物	含量	化合物	含量
天冬氨酸	0.51 ± 0.05	酪氨酸	0.98 ± 0.03
谷氨酸	17.28 ± 0.68	缬氨酸	1.54 ± 0.05
丝氨酸	1.53 ± 0.05	半胱氨酸	1.78 ± 0.06
甘氨酸	0.15 ± 0.01	亮氨酸	1.29 ± 0.04
组氨酸	9.59 ± 0.32	异亮氨酸	2.10 ± 0.07
精氨酸	0.95 ± 0.03	苯丙氨酸	28.65 ± 1.02
苏氨酸	0.60 ± 0.02	色氨酸	1.84 ± 0.06
丙氨酸	3.19 ± 0.11	赖氨酸	2.74 ± 0.09
脯氨酸	85.04 ± 2.35		

表7 毛葡萄汁啤酒有机酸含量

Table 7 Content of organic acids in *Vitis quinquangularis* Rehd juice beer (n=3) mg/L

化合物	含量	化合物	含量
草酸	5.32±0.05	乙酸	117.50±1.23
葡萄糖酸	1 688.83±13.38	柠檬酸	745.58±7.83
L-酒石酸	274.49±2.58	富马酸	2.08±0.04
奎尼酸	1.56±0.03	琥珀酸	116.85±0.67
甲酸	78.34±1.15	丙酸	56.56±0.29
丙酮酸	30.17±0.13	正丁酸	39.74±0.78
L-苹果酸	28.76±0.08	异丁酸	72.60±0.33
抗坏血酸	1.78±0.02	正戊酸	35.51±0.47
L-乳酸	109.24±0.72	异戊酸	47.72±0.89

类黄酮类物质,是影响啤酒风味和口感的重要物质^[23]。毛葡萄汁啤酒中9种单体酚均有检出,总量为16.67 mg/L。含量前三的单体酚依次是绿原酸、芦丁、水杨酸,分别占总单体酚的38.22%,27.15%,14.12%(表8)。由于酚类物质在发酵过程中损失大^[4,23]、毛葡萄原汁实际添加量小等原因,所得果蔬汁啤酒花色苷含量很低。

表8 毛葡萄汁啤酒单体酚含量

Table 8 Content of monomer phenol in *Vitis quinquangularis* Rehd juice beer (n=3) mg/L

化合物	含量	化合物	含量
矢车菊素-3-O-葡萄糖苷	0.04±0.01	水杨酸	2.36±0.06
绿原酸	6.37±0.10	白藜芦醇	0.08±0.01
阿魏酸	1.04±0.03	槲皮素	0.06±0.01
虎杖苷	1.57±0.04	山奈酚	0.64±0.02
芦丁	4.53±0.07		

2.3.5 挥发性风味物质含量 由表9可知,毛葡萄汁啤酒中共检出37种风味物质,其中醇类10种、酯类14种、酸类5种、酮类1种、醛类1种、酚类1种、其他5种。毛葡萄果汁在后发酵添加,可以避免在主发酵添加时果香损失大和在清酒添加时果汁啤酒融合度不够的缺点^[24]。果汁不仅通过自身所含的风味直接影响终产品的风味,而且其引入的特定成分会通过酵母的代谢转化形成其他物质间接影响果蔬汁啤酒的风味^[25]。

3 结论

通过单因素试验和响应面试验,得到野酿2号毛葡萄汁啤酒的优化酿造工艺:发酵温度18.0℃、初始麦汁浓度11.09°P、毛葡萄稀释汁添加量8.13 mL/100 mL。按该工艺酿造的毛葡萄汁啤酒酸爽可口、果香和麦香协调、酒体醇厚、色泽鲜红,感官评分为90.5分。经检测,其含17种氨基酸、18种有机酸、9种单体酚类物质及37种挥发性风味物质。后续将进一步探究其他酵母菌株及酒花品种对

表9 毛葡萄汁啤酒挥发性风味物质含量

Table 9 Volatile flavor substances in *Vitis quinquangularis* Rehd juice beer

种类	CAS编号	化合物名称	相对含量/%	
醇类	123-51-3	异戊醇	8.21	
	71-41-0	正戊醇	1.66	
	111-27-3	正己醇	0.41	
	3391-86-4	1-辛烯-3-醇	0.07	
	111-70-6	庚醇	0.10	
	104-76-7	异辛醇	0.27	
	78-70-6	沉香醇	0.54	
	4412-91-3	3-呋喃甲醇	0.06	
	505-10-2	3-甲硫基丙醇	0.06	
	60-12-8	苯乙醇	32.56	
	酯类	123-92-2	乙酸异戊酯	0.99
		123-66-0	正己酸乙酯	2.25
		142-92v7	乙酸己酯	0.08
		106-32-1	辛酸乙酯	3.65
112-23-2		甲酸庚酯	0.10	
623-17-6		乙酸糠酯	0.01	
110-38-3		癸酸乙酯	0.54	
1189-09-9		香叶酸甲酯	0.01	
628-97-7		棕榈酸乙酯	0.14	
103-45-7		乙酸苯乙酯	11.30	
106-33-2		月桂酸乙酯	0.04	
104-61-0		丙位壬内酯	0.17	
124-06-1		十四酸乙酯	0.03	
6290-37-5		己酸-2-苯乙酯	0.19	
酸类	79-31-2	异丁酸	0.07	
	503-74-2	异戊酸	0.53	
	616-62-6	丙基丙二酸	0.02	
	142-62-1	己酸	5.69	
醛类	124-07-2	辛酸	22.17	
	122-78-1	苯乙醛	0.06	
酮类	110-93-0	甲基庚烯酮	0.06	
酚类	96-76-4	2,4-二叔丁基苯酚	0.05	
其他	57-13-6	尿素	0.25	
	1438-94-4	1-糠基吡咯	0.01	
	540-84-1	异辛烷	7.54	
	100-42-5	苯乙烯	0.10	
	1072-82-8	3-乙酰基吡咯	0.03	

毛葡萄汁啤酒品质的影响。

参考文献

[1] BAIANO A. Craft beer: an overview[J]. Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety, 2020, 20(2): 1 829-1 856.

[2] 李林波, 杭金龙, 张士双, 等. 精酿果啤的酿造工艺及风味影响因素的研究进展[J]. 食品与发酵工业, 2022, 48(24): 337-345.

LI L B, HANG J L, ZHANG S S, et al. Research progress on brewing technology and flavor influencing factors of craft fruit-beer [J]. Food and Fermentation Industries, 2022, 48(24): 337-345.

[3] NARDINI M, GARAGUSO I. Characterization of bioactive compounds and antioxidant activity of fruit beers[J]. Food Chemistry, 2020, 305: 125437.

- [4] HOLT S, MIKS M H, CARVALHO B T D, et al. The molecular biology of fruity and floral aromas in beer and other alcoholic beverages[J]. FEMS Microbiology Reviews, 2019, 43(3): 193-222.
- [5] 何海旺, 赵明, 龙芳, 等. 广西桂北喀斯特地区野生毛葡萄种质资源初步评价[J]. 中国农学通报, 2015, 31(31): 119-124.
HE H W, ZHAO M, LONG F, et al. Primary assessment of *Vitis quinquangularis* germplasm resources in northern Guangxi Karst district[J]. Chinese Agricultural Science Bulletin, 2015, 31(31): 119-124.
- [6] 吴代东, 李乃流, 姚宁, 等. 毛葡萄酿酒工艺优化初探[J]. 中外葡萄与葡萄酒, 2016(2): 32-34.
WU D D, LI N L, YAO N, et al. A preliminary study on the optimization of the wine making technology for *Vitis quinquangularis* Rehd[J]. Sino-Overseas Grapevine & Wine, 2016(2): 32-34.
- [7] 管敬喜, 黄羽, 韦荣福, 等. 三种酿造工艺对野酿 2 号毛葡萄酒香气成分的影响[J]. 食品工业科技, 2020, 41(2): 220-226.
GUAN J X, HUANG Y, WEI R F, et al. Effects of three winemaking processes on aromatic components of wine made from *Vitis quinquangularis* Rehd. Yennieng No. 2[J]. Science and Technology of Food Industry, 2020, 41(2): 220-226.
- [8] 何彦平, 韦宇萍. 广西罗城毛葡萄产业发展现状及“十四五”期间发展措施[J]. 南方农业, 2021, 15(17): 154-155.
HE Y P, WEI Y P. The development status of Guangxi Luocheng *Vitis quinquangularis* Rehd industry and the development measures during the "14th Five-year Plan" period [J]. South China Agriculture, 2021, 15(17): 154-155.
- [9] 代文婷, 吴宏, 郭安民, 等. 红曲霉在酿酒行业中的应用研究进展[J]. 食品与发酵工业, 2018, 44(1): 280-284.
DAI W T, WU H, GUO A M, et al. The research progress in the wine industry of *Monascus*[J]. Food and Fermentation Industries, 2018, 44(1): 280-284.
- [10] 赵晓娟, 李敏仪, 黄桂颖, 等. Folin-Ciocalteu 法测定苹果醋饮料的总多酚含量[J]. 食品科学, 2013, 34(8): 31-35.
ZHAO X J, LI M Y, HUANG G Y, et al. Determination of total polyphenols in apple vinegar drink by Folin-Ciocalteu method [J]. Food Science, 2013, 34(8): 31-35.
- [11] 郝俊光, 莫小丹, 陈静, 等. 三个焙烤温度焦香麦芽焙烤过程的 $L^* a^* b^*$ 变化[J]. 食品与发酵工业, 2020, 46(13): 160-165.
HAO J G, MO X D, CHEN J, et al. Color change of caramel malt during roasting process at three low roast temperatures[J]. Food and Fermentation Industries, 2020, 46(13): 160-165.
- [12] 刘和雨, 于美芹. 浅谈啤酒苦味值的测定[J]. 啤酒科技, 2002 (3): 31-32.
LIU H Y, YU M Q. Discussion on the measurement of bitterness value of beer[J]. Beer Science and Technology, 2002 (3): 31-32.
- [13] 何建军, 王明召, 刘萍, 等. 利口猕猴桃酒加工技术[J]. 南方园艺, 2021, 32(1): 65-68.
HE J J, WANG M Z, LIU P, et al. Processing technology of liqueur kiwifruit wine[J]. Southern Horticulture, 2021, 32(1): 65-68.
- [14] 郝俊光, 柯锋, 梁振荣, 等. 液相法测定米香型白酒发酵液中 18 种有机酸[J]. 食品工业科技, 2021, 42(19): 283-290.
HAO J G, KE F, LIANG Z R, et al. Determination of 18 organic acids in rice flavored liquor fermentation broth by high pressure liquid chromatography[J]. Science and Technology of Food Industry, 2021, 42(19): 283-290.
- [15] 郝俊光, 梁振荣, 银书, 等. 高效液相色谱法测定罗城“桂葡 1 号”毛葡萄酿酒过程中 9 种酚类物质的变化[J]. 食品工业科技, 2021, 42(21): 303-310.
HAO J G, LIANG Z R, YIN S, et al. Content changes of 9 phenolic compounds during the fermentation of Luocheng "Gui-pu No. 1" *Vitis quinquangularis* Rehd wine traced by HPLC[J]. Science and Technology of Food Industry, 2021, 42(21): 303-310.
- [16] 陈冰丹, 陈明, 罗娜. 啤酒中酒花香气成分检测及应用的研究[J]. 中外酒业·啤酒科技, 2019(1): 18-24.
CHEN B D, CHEN M, LUO N. Study on detection and application of hop aroma components in beer[J]. Global Alcnfo, 2019(1): 18-24.
- [17] MAICAS S. The role of yeasts in fermentation processes[J]. Microorganisms, 2020, 8(8): 1 142.
- [18] 郭璇. 啤酒酵母对高浓酿造条件的耐受性研究[D]. 大连: 大连工业大学, 2017: 31-45.
GUO X. The research of brewing yeast tolerance under the high gravity condition[D]. Dalian: Dalian Polytechnic University, 2017: 31-45.
- [19] 黄琳, 葛秀琪, 张元夫, 等. 精酿啤酒专用麦芽的研究进展[J]. 中国酿造, 2020, 39(2): 7-12.
HUANG L, GE X Q, ZHANG Y F, et al. Research progress of special malts for craft beers[J]. China Brewing, 2020, 39(2): 7-12.
- [20] AUESUKAREE C. Molecular mechanisms of the yeast adaptive response and tolerance to stresses encountered during ethanol fermentation[J]. Journal of Bioscience and Bioengineering, 2017, 124(2): 133-142.
- [21] RUBEN M, PILAR M, RAMON G, et al. Biomass production and alcoholic fermentation performance of *Saccharomyces cerevisiae* as a function of nitrogen source[J]. FEMS Yeast Research, 2012, 12(4): 477-485.
- [22] 郑昕, 张彦青, 张华, 等. 啤酒中有机酸含量的 RP-HPLC 检测条件优化及其酿造过程中动态分析[J]. 中国酿造, 2021, 40 (10): 185-190.
ZHENG X, ZHANG Y Q, ZHANG H, et al. Optimization of detection conditions of organic acids contents in beer by RP-HPLC and dynamic analysis in brewing process[J]. China Brewing, 2021, 40(10): 185-190.
- [23] LINGUA M S, FABANI M P, WUNDERLIN D A, et al. From grape to wine: changes in phenolic composition and its influence on antioxidant activity[J]. Food Chemistry, 2016, 208: 228-238.
- [24] YANG Q, GONG X, CHEN M, et al. Comparative analysis of the aroma profile of pineapple beers brewed with juice added at different times[J]. Journal of the Institute of Brewing, 2023, 129: 151-163.
- [25] ZHAO X Y, YIN Y Q, FANG W M, et al. What happens when fruit married with beer[J]. International Journal of Gastronomy and Food Science, 2023, 32: 100716.