

## 发酵工艺对黑果腺肋花楸果酒贮藏期品质和抗氧化活性的影响

张瑞<sup>1</sup>, 景缘<sup>2</sup>, 刘静<sup>1</sup>, 胡雨晴<sup>1</sup>, 高惠颖<sup>1</sup>, 范明慧<sup>3</sup>, 吕长鑫<sup>1\*</sup>(1.渤海大学 食品科学与工程学院, 辽宁 锦州 121013; 2.辽宁通正检测有限公司, 辽宁 沈阳 110020;  
3.辽宁智联谷网络科技有限公司, 辽宁 锦州 121013)

**摘要:**以黑果腺肋花楸为原料,用果汁、带渣汁和熟汁三种不同发酵工艺酿造黑果腺肋花楸果酒,测定其在贮藏期理化指标、功能性成分、抗氧化活性的变化,并采用电子鼻和气相色谱-质谱(GC-MS)分析其挥发性香气成分。结果表明,熟汁发酵酒具有较高的酒精度[(12.13±0.11)%vol]、花色苷[(644.63±12.08) mg/L]和总酚[(4 213.41±89.03) mg/L]含量,有较强的1,1-二苯基-2-三硝基苯肼(DPPH)和2,2'-联氮-双(3-乙基-苯并噻唑-6-磺酸)(ABTS)自由基清除能力,分别为(75.33±2.08)%和(60.21±1.83)%;带渣汁发酵酒的黄酮含量最高为(555.50±24.15) mg/L,有较强的羟自由基清除能力;果汁、带渣汁和熟汁发酵酒分别检测出35种、40种、31种挥发性香气成分,其中醇类物质占比较高,分别是39.78%、42.70%和45.76%;熟汁发酵酒感官评价较高为83.03分。综上所述,熟汁发酵较其他两种发酵工艺获得的果酒香气协调,口感醇厚,整体品质较佳。

**关键词:**黑果腺肋花楸;发酵工艺;贮藏期;香气成分;抗氧化活性

中图分类号:TS262.1

文章编号:0254-5071(2023)08-0191-06

doi:10.11882/j.issn.0254-5071.2023.08.031

引文格式:张瑞,景缘,刘静,等.发酵工艺对黑果腺肋花楸果酒贮藏期品质和抗氧化活性的影响[J].中国酿造,2023,42(8):191-196.

Effects of fermentation technology on the quality and antioxidant activities of *Aronia melanocarpa* wineZHANG Rui<sup>1</sup>, JING Yuan<sup>2</sup>, LIU Jing<sup>1</sup>, HU Yuqing<sup>1</sup>, GAO Huiying<sup>1</sup>, FAN Minghui<sup>3</sup>, LV Changxin<sup>1\*</sup>

(1.College of Food Science and Technology, Bohai University, Jinzhou 121013, China; 2.Liaoning General Fair Testing Co., Ltd., Shenyang 110020, China; 3.Liaoning Zhiliangu Network Technology Co., Ltd., Jinzhou 121013, China)

**Abstract:** Using *Aronia melanocarpa* as raw material, *A. melanocarpa* wine was brewed by three different fermentation technologies: fresh juice, slag juice, and cooked juice fermentation. The changes of physicochemical indexes, functional components, and antioxidant activities during storage were determined, and the aroma components were analyzed by electronic nose and gas chromatography-mass spectrometry (GC-MS). The results showed that the fermented wine brewed by cooked juice had higher alcohol content [(12.13±0.11)%vol], anthocyanins content [(644.63±12.08) mg/L], and total phenols content [(4 213.41±89.03) mg/L]. Moreover, it had strong DPPH free radical and ABTS free radical scavenging ability, which were (75.33±2.08)% and (60.21±1.83)%, respectively. The fermented wine brewed by slag juice had the highest flavonoid content [(555.5±24.15) mg/L], and showed strong hydroxyl radical scavenging ability. There were 35, 40 and 31 volatile aroma components detected in wine fermented with fresh juice, slag juice, and cooked juice, respectively. Alcohols accounted for a relatively high proportion, which were 39.78%, 42.70% and 45.76%, respectively. The sensory evaluation of fermented wine brewed by cooked juice was 83.03 points. In conclusion, compared with the other two fermentation technologies, the fruit wine fermented by cooked juice had better aroma, mellow taste and overall quality.

**Key words:** *Aronia melanocarpa*; fermentation technology; storage period; aroma component; antioxidant activity

黑果腺肋花楸(*Aronia melanocarpa*)又称为野樱莓,属蔷薇科腺肋花楸属,原产于北美和欧洲等地,20世纪90年代引进到我国辽西地区,现已有辽宁和黑龙江等10余个省市进行引种栽培<sup>[1]</sup>。黑果腺肋花楸富含黄酮类和酚酸类化合物,如花色苷、黄酮、总酚等营养成分<sup>[2]</sup>,有较强的抗氧化活性和自由基清除能力,可预防高血压、心脏病等心脑血管疾病,有降血脂、抑菌等作用<sup>[3]</sup>,同时有较高的药用价值,但黑果腺肋花楸果实个头小,味酸,不适合直接食用<sup>[4]</sup>。目前利用其生产的产品有果酱和果汁等,考虑到对黑果腺肋花楸生产的果酒,可改善产品风味、有效保留生物活性

和功能性成分,且果酒具有增强心脏功能和改善肤质等优点,对提高黑果腺肋花楸果资源利用有极大促进作用。果酒酿造前需要对原料进行一系列前处理工艺,常用的有二氧化碳浸渍法、冷浸渍处理<sup>[5]</sup>、热处理、闪蒸工艺<sup>[6]</sup>、控制破碎度<sup>[7]</sup>等措施,以期降低果酒中诸如单宁等影响果酒口感的成分,提升果酒的整体品质。高银璐<sup>[8]</sup>研究发现,采用二氧化碳浸渍法对黑果腺肋花楸进行前处理酿造的果酒与传统酿造方法相比,可显著降低果酒中单宁含量,酒体香气成分更丰富。因此,不同前处理工艺会使果酒品质出现差异,但目前研究最多的酿酒工艺包括传统的浸泡法、带渣

收稿日期:2022-12-01

修回日期:2023-03-14

基金项目:辽宁省民生科技计划项目(2021JH2/10200018);辽宁省喀左县食品加工科技特派团(2022JH5/10400102)

作者简介:张瑞(1996-),女,硕士研究生,研究方向为果蔬加工与资源利用。

\*通讯作者:吕长鑫(1965-),男,教授,硕士,研究方向为果蔬加工与资源利用。

汁发酵、熟汁发酵和果汁发酵。王菁等<sup>[9]</sup>比较了浸泡法、去渣发酵和熟汁发酵三种发酵方式制作欧李果酒,结果显示,不同前处理方式进行发酵的欧李果酒品质有显著差异,且熟汁发酵酒的香气浓郁度最佳、口感细腻柔顺、涩味适口,综合品质最佳。而关于不同前处理方式发酵黑果腺肋花楸果酒研究较少。

本研究选择果汁、带渣汁和熟汁三种发酵工艺来制作黑果腺肋花楸果酒,对其酒精度、感官评价和贮藏过程中活性成分、体外抗氧化活性、电子鼻响应值进行比较分析,旨在为黑果腺肋花楸果酒加工及贮藏提供更好的理论依据与创新思维。

## 1 材料与方法

### 1.1 材料与试剂

黑果腺肋花楸 (*Aronia melanocarpa*): 采摘于辽宁省海城市种植基地; 果胶酶 (7 000 U/g): 河南万邦实业有限公司; 安琪SY酿酒酵母 (*Saccharomyces cerevisiae*): 安琪酵母股份有限公司; 1,1-二苯基-2-三硝基苯肼 (1,1-diphenyl-2-picrylhydrazyl, DPPH)、2,2'-联氮-双(3-乙基-苯并噻唑-6-磺酸) (2,2'-azino-bis(3-ethylbenzothiazoline-6-sulfonic acid), ABTS) (均为分析纯)、芦丁 (纯度>98%): 北京索莱宝科技有限公司; 其他试剂均为分析纯。

### 1.2 仪器与设备

UV-2700紫外可见分光光度计: 日本岛津公司; RE-2000B旋转蒸发器: 成都康宇科技有限公司; DH5000II电热恒温培养箱: 天津泰斯特仪器有限公司; PEN3电子鼻: 德国AIRSENSE公司; 57550-U固相微萃取手柄: 上海楚定分析仪器有限公司; 7890N/5975气相色谱-质谱联用 (gas chromatography-mass spectrometer, GC-MS) 仪: 美国Agilent公司。

### 1.3 实验方法

#### 1.3.1 黑果腺肋花楸果酒发酵工艺流程及操作要点

果胶酶                      K<sub>2</sub>S<sub>2</sub>O<sub>8</sub>

↓                                      ↓

黑果腺肋花楸 → 打浆 → 酶解 → 原料处理 → 杀菌 → 成分调整 → 主发酵 → 过滤 → 后发酵 → 澄清 → 灌装 → 杀菌 → 成品 → 贮藏

↑

活化 → 接种

操作要点: 选择成熟度好、无腐烂的鲜果清洗干净, 沥干表面水分后直接打浆。在果浆中添加0.2%果胶酶40℃酶解1h, 备用。果汁发酵法将酶解后的浆液用200目滤布过滤, 以去除果皮和种子等果渣; 带渣汁发酵法对酶解后的浆液不进行过滤和热处理; 熟汁发酵法将酶解后的浆液加热保持沸腾5min。处理后的浆液中添加0.07g/L K<sub>2</sub>S<sub>2</sub>O<sub>8</sub>进行硫杀菌处理。浆液糖度调整为20°Bx, 酸度调整为pH 3.6。酵母在40℃、5%糖水中活化40min后添加到浆液中, 28℃条件下发酵14d。20℃条件下进行无氧发酵21d。向发酵液中添加0.6g/L澄清剂(壳聚糖:皂土=9:5), 静置72h

过滤<sup>[10]</sup>。将发酵酒转移至密闭容器中在67℃条件下杀菌15min<sup>[11]</sup>, 4℃贮藏备用。

#### 1.3.2 理化指标及活性成分测定

乙醇含量测定: 参考GB 5009.225—2016《食品安全国家标准 酒中乙醇浓度的测定》中的密度瓶法进行测定<sup>[12]</sup>。

花色苷含量测定: 采用pH示差法<sup>[13]</sup>; 总酚含量测定: 采用福林-酚法<sup>[14]</sup>, 以没食子酸质量浓度(mg/L)为横坐标, 波长765nm处吸光度值为纵坐标, 得到回归方程为 $y=163.34x+0.0231$ , 相关系数 $R^2=0.9992$ , 根据回归方程计算总酚含量; 总黄酮含量测定: 采用硝酸铝法<sup>[15]</sup>, 以芦丁质量浓度(mg/L)为横坐标, 波长510nm处吸光度值为纵坐标, 得到回归方程为 $y=6.6607x-0.002$ , 相关系数 $R^2=0.9991$ , 根据回归方程计算总黄酮含量。

#### 1.3.3 体外抗氧化活性测定

DPPH自由基清除能力: 量取果酒1.0mL与3.0mL 0.2mmol/L DPPH混合, 在黑暗处反应30min后, 用无水乙醇作对照, 于波长517nm处测定其吸光度值<sup>[16]</sup>, 记为A<sub>1</sub>; 以蒸馏水代替样品测吸光度值, 记为A<sub>0</sub>; 以无水乙醇代替DPPH溶液测吸光度值, 记为A<sub>2</sub>。DPPH自由基清除率见式(1):

$$S = \frac{1 - (A_1 - A_2)}{A_0} \times 100\% \quad (1)$$

ABTS自由基清除能力: 分别制备浓度为7mmol/L ABTS、2.45mmol/L K<sub>2</sub>S<sub>2</sub>O<sub>8</sub>储备液, 等量混匀, 室温避光反应12~16h。移取1.0mL样品, 加入3mL ABTS工作液, 以蒸馏水作空白, 对照管用无水乙醇代替ABTS工作液, 室温黑暗处反应30min, 于波长734nm处测定其吸光度值<sup>[17]</sup>。ABTS自由基清除率计算公式同式(1)。

羟自由基清除能力: 依次向反应体系中加入1mL 10mmol/L FeSO<sub>4</sub>溶液、1mL 10mmol/L水杨酸溶液、1mL样品溶液和1mL 8.8mmol/L H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>溶液, 37℃避光反应30min, 在波长510nm处测其吸光度值<sup>[18]</sup>。羟自由基清除率计算公式同式(1)。

#### 1.3.4 电子鼻检测

称取15mL果酒样品放入50mL离心管中, 用4层保鲜膜密封, 室温静置30min, 用电子鼻检测其挥发性气味。电子鼻测试时间为120s, 清洗时间为60s, 利用Winmuster软件分析80~85s内的数据<sup>[19]</sup>。

#### 1.3.5 顶空固相微萃取-气相色谱-质谱测定挥发性风味成分

吸取5mL样品加入样品瓶中, 于50℃平衡15min, 将固相微萃取手柄针头插入样品瓶中萃取30min, 250℃解吸5min<sup>[20]</sup>。色谱柱Agilent DB-5 (30m×0.25mm, 0.25μm); 进样口温度250℃, 不分流进样, 高纯氦气(He), 流速1.0mL/min; 初始温度40℃, 保持2min, 以3℃/min速率升至120℃保持2min, 后以10℃/min升至230℃保持5min。采用美国国家标准技术研究所(national institute of standards and technology,



NIST)05质谱数据库检索定性分析;采用峰面积归一化法计算单个化合物的相对含量;选择匹配度>80的物质作为有效香气成分。

### 1.3.6 感官评定

参照张秀玲等<sup>[21]</sup>的方法,选10名经培训感官评价人员对3种不同工艺发酵黑果腺肋花楸果酒在感官品评室进行感官评价,将10名评价人员的打分结果取平均值,满分100分,感官评价标准见表1。

表1 黑果腺肋花楸果酒感官评价标准

Table 1 Sensory evaluation standards of *Aronia melanocarpa* wine

色泽(20分)	气味(25分)	组织状态(30分)	口感(25分)
黑果腺肋花楸应有的色泽、光泽(16~20分)	香气协调、浓郁(18~25分)	汁液澄清、无悬浮物(21~30分)	酒体饱满、清醇协调(18~25分)
颜色过浅或过深,略有光泽(8~15分)	略有黑果腺肋花楸和果酒气味(9~17分)	汁液较均匀、少许悬浮(11~20分)	酒体适中、口感略差(9~17分)
颜色不正,无光泽(0~7分)	无黑果腺肋花楸和果酒气味(0~8分)	汁液浑浊,明显悬浮(0~10分)	酒体寡淡、不协调(0~8分)

### 1.3.7 数据处理

采用Excel 2016对实验数据进行收集和整理,采用

Origin 2021进行绘图,采用SPSS 26.0进行数据处理和分析,显著水平 $P<0.05$ ,电子鼻所测数据用Winmuster软件进行分析,实验均进行3次重复,结果用“平均值±标准差”表示。

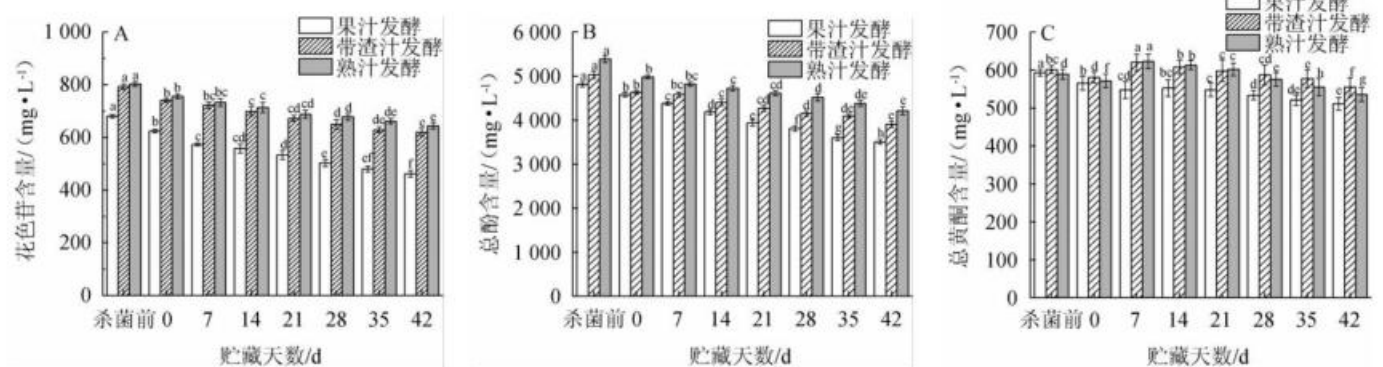
## 2 结果与分析

### 2.1 不同发酵工艺对黑果腺肋花楸果酒酒精度的影响

经测定,采用熟汁发酵工艺得到的黑果腺肋花楸果酒酒精度(12.13%vol)显著高于果汁发酵(10.60%vol)及带渣汁发酵(11.02%vol)( $P<0.05$ )。可能是由于酵母菌更容易分解热处理后的发酵液糖分,使糖发酵得更彻底,酒精度越高<sup>[22]</sup>。

### 2.2 黑果腺肋花楸果酒贮藏期活性成分变化

由图1可知,3种发酵酒贮藏过程中花色苷含量呈下降后趋于稳定。杀菌热处理对花色苷和总酚含量有一定影响,果汁、带渣汁和熟汁发酵酒花色苷含量分别损失8.28%、6.50%、5.81%;贮藏0~28 d时,3种发酵酒的花色苷含量都呈下降趋势,28 d后花色苷含量趋于稳定,此时的带渣汁发酵酒花色苷含量为(649.23±18.45) mg/L、熟汁发酵酒花色苷含量为(677.45±11.89) mg/L,均显著高于果汁发酵酒(502.67±14.11) mg/L( $P<0.05$ );贮藏期果汁发酵酒的花色苷含量变化最大,贮藏42 d后降至(462.38±12.82) mg/L。



不同小写字母表示差异显著( $P<0.05$ )。下同。

图1 不同发酵方式对果酒贮藏过程中活性成分含量的影响

Fig. 1 Effect of different fermentation methods on the content of active ingredients in fruit wine during storage

熟汁发酵酒在杀菌前的总酚含量为(5385.29±73.13) mg/L,均显著高于其他两种发酵酒( $P<0.05$ ),贮藏期间总酚含量呈缓慢下降趋势,在贮藏42 d后,熟汁发酵酒总酚含量降至(4213.41±89.03) mg/L,但仍高于带渣汁发酵酒(3907.15±68.32) mg/L和果汁发酵酒(3507.18±53.22) mg/L;熟汁发酵酒在贮藏过程中花色苷和总酚损失较低,是因为在发酵过程中部分花色苷来自于果皮和果渣,但细胞壁和细胞膜渗透性不足,影响花色苷等活性物质提取,而熟汁发酵酒中细胞经热处理导致其结构被破坏,果渣中花色苷和单宁得到释放<sup>[23]</sup>。

加热处理和贮藏过程对果酒中总黄酮含量损失较小,由于果渣中含有一定量黄酮类物质,在贮藏过程中黄酮被释放,

因此带渣汁发酵酒中总黄酮含量较高为(555.50±24.15) mg/L,是果汁发酵酒的1.08倍,是熟汁发酵酒的1.03倍;三种工艺发酵酒对总黄酮含量影响较小<sup>[24]</sup>。

### 2.3 黑果腺肋花楸果酒贮藏期抗氧化活性变化

由图2可知,3种发酵方式的果酒贮存过程中DPPH、ABTS和羟自由基清除能力都呈先下降后趋于稳定;其中果汁发酵酒杀菌后DPPH自由基清除能力下降最多,下降了6.67%,显著高于带渣汁发酵酒下降的5.51%和熟汁发酵酒下降的3.83%;随着果酒贮藏时间增长,酒中抗氧化物不断被分解,导致DPPH自由基清除率降低,42 d后果汁、带渣汁和熟汁发酵酒的清除率分别为(66.37±1.89)%、(71.17±2.19)%和(75.33±2.08)%,这与花色苷含量整体变化保持一致。熟

汁发酵酒呈较强的ABTS自由基清除能力,贮藏42 d后,清除率降为(60.21±1.83)%,是果汁和带渣汁发酵酒1.21倍和1.10倍,是由于热处理对细胞壁破坏,熟汁发酵酒中果渣、果皮中花色苷和总酚等活性物质得到充分释放<sup>[25-26]</sup>。带渣汁发

酵酒羟自由基清除率较好为(87.81±1.45)%,贮藏42 d后降至(55.31±3.12)%,是果汁和熟汁发酵酒的1.36倍、1.45倍,是因为在浸渍作用下果皮、果肉中活性成分进入酒液,酒液对羟自由基清除能力升高,带渣汁发酵酒的清除率相对较高。

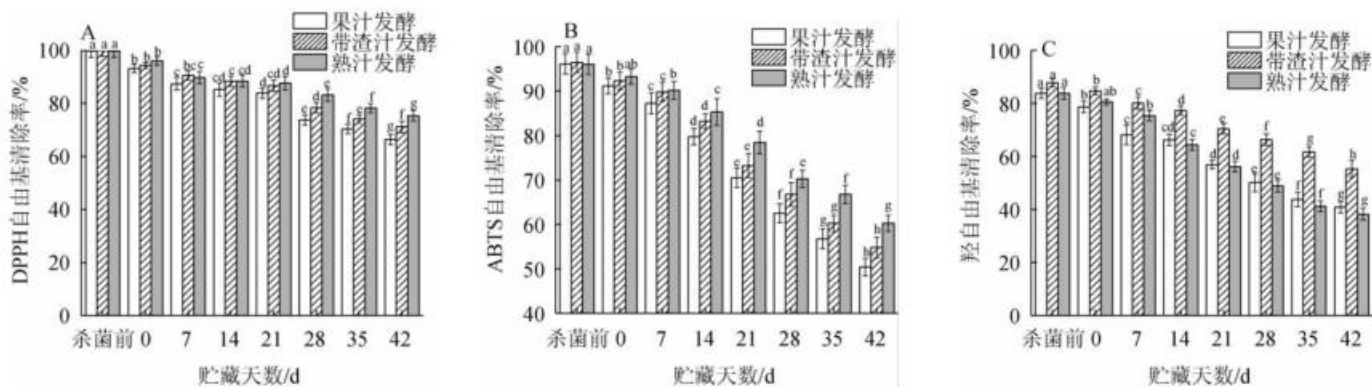


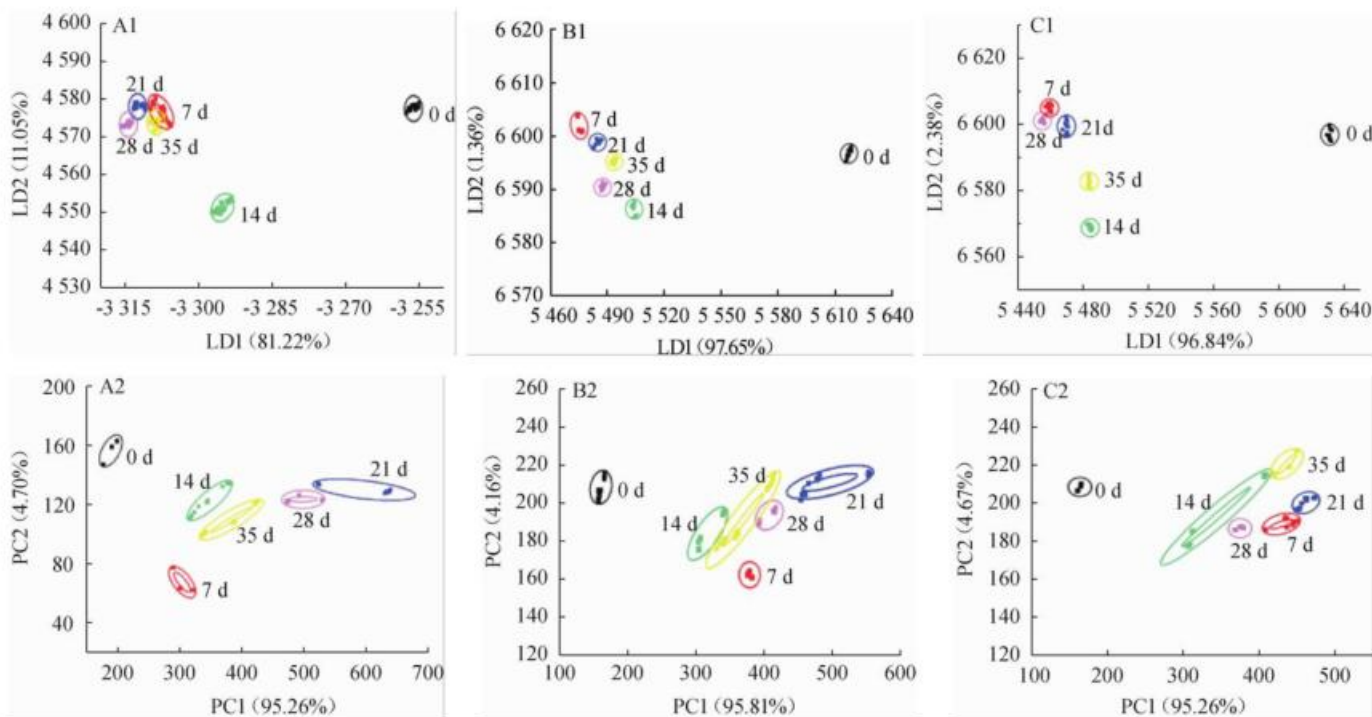
图2 不同发酵方式对果酒贮藏过程中抗氧化活性的影响

Fig. 2 Effect of different fermentation methods on the antioxidant activity in fruit wine during storage

#### 2.4 黑果腺肋花楸果酒在贮藏期的电子鼻分析

黑果腺肋花楸果酒不同发酵工艺发酵过程中电子鼻

响应值主成分分析(principal component analysis, PCA)和线性判别分析(linear discriminant analysis, LDA)结果见图3。



A为果汁发酵;B为带渣汁发酵;C为熟汁发酵;A1、B1、C1为LDA;A2、B2、C2为PCA。

图3 黑果腺肋花楸果酒在贮藏过程中电子鼻响应值的主成分分析和线性判别分析结果

Fig. 3 PCA and LDA results of electronic nose response value of *Aronia melanocarpa* wine during storage

由图3A1、B1、C1可知,LD1和LD2累计方差贡献率分别为92.27%、99.01%和99.22%,LDA对样品间的气味差异能有效辨别。随着贮藏时间增长,样品气味之间存在差异,带渣汁发酵和熟汁发酵的果酒有很高相似性,说明两种气味较为接近,而果汁发酵和其他两种果酒相似度不高,说明

风味之间存在差异;LDA结果说明三种不同发酵方式对果酒的风味有一定影响。

由图3A2、B2、C2可知,PC1和PC2累计方差贡献率分别为99.96%、99.97%和99.93%,方差贡献率均在85%以上,说明黑果腺肋花楸酒在贮藏过程中香气相互独立,能够包



含果酒中大部分芳香物质<sup>[19]</sup>;且3种数据都呈椭圆形,说明电子鼻分析的重复性和稳定性较好;带渣汁和熟汁发酵酒在第一主成分(PC1)上有一定的相似性,但和果汁发酵酒有一定差异;而三者第二主成分(PC2)上有区别,说明三者整体风味上有差异,因此LDA和PCA结果可以很好的将三种发酵酒区分开来。

### 2.5 黑果腺肋花楸果酒香气成分分析

香气成分是影响果酒质量和感官特性的关键因素<sup>[19]</sup>。不同发酵工艺黑果腺肋花楸果酒挥发性香气成分测定结果及特征描述见表2。

表2 不同发酵工艺的黑果腺肋花楸果酒香气成分测定结果  
Table 2 Determination results of aroma components of the *Aronia melanocarpa* wine fermented by different fermentation processes

种类	化合物	相对含量/%			香气特征
		果汁发酵	带渣汁发酵	熟汁发酵	
酯类	棕榈酸乙酯	6.18	0.58	2.72	奶油香气
	乙酸丙酯	0.16	0.01	0.49	水果香
	正己酸乙酯	0.07	0.98	-	水果香
	月桂酸乙酯	2.32	2.00	1.74	花果香
	油酸乙酯	1.59	0.18	8.31	花果香
	硬脂酸乙酯	0.44	0.05	1.51	蜡香
	亚油酸乙酯	2.61	0.76	14.09	
	辛酸乙酯	1.37	0.06	0.89	白兰地酒香
	十三酸乙酯	-	0.09	-	椰子香
	乙酸异丁酯	1.02	0.11	1.76	坚果香
	乙酸异戊酯	1.36	0.43	2.96	果香
	甲酸乙酯	0.11	-	0.47	水果香
	癸酸异戊酯	0.24	0.13	0.34	玫瑰香
	癸酸乙酯	2.70	4.22	2.45	椰子香
	丁二酸二乙酯	0.62	-	-	愉快气味
	反式肉桂酸乙酯	1.62	1.19	0.47	桂皮香
	苯甲酸异戊酯	0.20	-	-	水果香
	苯甲酸异丁酯	0.05	0.21	-	琥珀香
	乙酸乙酯	-	0.62	-	蜂蜜香
	异丁酸乙酯	1.30	0.23	1.09	草香
苯甲酸乙酯	2.96	14.68	1.58	依兰油香	
苯甲酸甲酯	-	1.05	-	果香	
月桂酸乙酯	0.11	0.02	0.61	花香	
小计		27.03	27.60	41.48	
酸类	辛酸	1.21	0.33	2.48	水果香
	正癸酸	2.23	0.31	0.51	
	月桂酸	-	0.20	-	月桂香
	小计	3.44	0.84	2.99	
醇类	异戊醇	2.48	3.02	-	茶香
	乙醇	19.13	22.19	25.35	酒精味
	苯乙醇	6.31	4.85	3.55	玫瑰香
	正己醇	1.06	0.75	1.76	椰果味
	乙二醇	0.45	0.20	1.80	甜味

续表

种类	化合物	相对含量/%			香气特征
		果汁发酵	带渣汁发酵	熟汁发酵	
醛酮类	苯甲醇	0.91	0.99	0.86	芳香味
	异丁醇	1.25	1.32	1.15	醇香
	异戊醇	8.19	9.38	11.29	青草味
	小计	39.78	42.7	45.76	
	苯甲醛	0.87	2.04	3.58	杏仁味
	$\alpha$ -己基肉桂醛	0.07	0.02	-	茉莉香
	正戊醛	-	0.23	0.45	青草味
	2,3-戊二酮	0.23	0.11	0.35	奶酪味
	小计	1.17	2.40	4.38	
	丁香酚	0.08	0.02	-	丁香味
酚烃类	麝香草酚	0.20	-	-	
	四氢呋喃	0.06	0.07	0.50	
	2-苯基-1-丙烯	-	0.21	0.47	
	苯乙烯	0.21	5.03	0.34	芳香气味
	$\gamma$ -松油烯	-	0.19	-	柠檬香气
	小计	0.55	5.52	1.32	
总计		71.97	79.06	95.92	

注:“-”表示未检出。

由表2可知,果汁、带渣汁和熟汁发酵酒分别检测出35种、40种、31种香气成分,共包含酯类23种、醇类8种、醛酮类4种、酸类3种、酚类3种、烃类3种;3种工艺发酵酒的挥发性物质中醇类和酯类占比最高,其中果汁、带渣汁和熟汁发酵酒的醇类物质相对含量分别为39.78%、42.7%、45.76%,适当的醇类物质可提高酒的醇香,提高其协调性;酯类物质相对含量分别为27.03%、27.60%和41.48%,这是因为热处理会加速酯化反应<sup>[9]</sup>,从而提高了熟汁发酵酒中酯类物质的含量;酸类、醛酮类和酚烃类占比较少,但也是构成果酒特殊香气重要成分,对黑果腺肋花楸果酒香气特征有一定影响。

### 2.6 感官评价

表3 不同发酵工艺发酵黑果腺肋花楸果酒感官评分  
Table 3 Sensory scores of the *Aronia melanocarpa* wine fermented by different fermentation processes

	色泽/分	气味/分	组织状态/分	口感/分	总分/分
果汁发酵	17.79±1.53ab	19.47±1.73b	21.38±1.37b	17.38±2.13c	76.02±1.93b
带渣发酵	18.19±0.89a	17.38±2.19c	20.71±1.57c	19.87±1.32b	76.15±2.68b
熟汁发酵	16.63±2.31b	22.13±1.39a	23.36±2.13a	21.91±2.45a	83.03±2.33a

注:同列小写字母不同表示差异显著(P<0.05)。

由表3可知,3种黑果腺肋花楸果酒均符合GB/T 15038—2006《葡萄酒、果酒通用分析方法》中优质果酒要求<sup>[27]</sup>,色泽鲜亮、酒体丰满柔滑、口感清醇,具有典型果酒优点。三种果酒在色泽上差别不大,熟汁因加热颜色会偏深;带渣汁发酵酒单宁涩味影响感官,导致分数较低,而熟

汁发酵酒因加热气体会浓郁;组织状态中因熟汁发酵酒经热处理使蛋白发生絮凝,酒体较清澈;与带渣汁发酵酒和熟汁发酵酒相比较,果汁发酵酒的口感稍差。综合以上评价结果,熟汁发酵酒香气浓郁,口感协调,综合评价较高,达到83分。

### 3 结论

本研究利用果汁、带渣汁和熟汁发酵3种工艺对黑果腺肋花楸果酒贮藏品质影响进行研究,通过对果酒感官评价、酒精度、香气成分检测,贮藏期间活性成分、体外抗氧化活性进行比较分析。结果表明,熟汁发酵酒酒精度较高为12.13%vol,表现出较好的发酵性能;三种发酵方式果酒在贮藏阶段功能性和抗氧化分析发现,熟汁发酵酒的花色苷和总酚含量保留率较高,有较好的DPPH和ABTS自由基清除能力;带渣汁发酵酒的黄酮类化合物保留率较高,羟自由基清除率效果较好。通过对发酵酒的香气成分分析,三种发酵酒共检出44种香气物质,其中熟汁发酵酒酯类物质占比较高,带渣汁发酵酒醇类物质相对较高,果汁发酵酒有特殊的玫瑰香气。与果汁、带渣汁发酵相比,熟汁发酵酒在贮藏过程中活性成分损失较小,体外抗氧化活性较强,酒精度较高,且果酒香气成分丰富,感官评价最佳。

### 参考文献:

- [1] 杨洋,高航,谭玉笛.黑果腺肋花楸的活性成分及功能特性研究进展[J].饮料工业,2021,24(5):71-76.
- [2] KADIER T, SUN G, HUANG Y. Chemical composition of *Aronia melanocarpa*[J]. *Chem Nat Comp*, 2021, 57(2): 364-366.
- [3] KIM B, KU C S, PHAM T X, et al. *Aronia melanocarpa* (chokeberry) polyphenol-rich extract improves antioxidant function and reduces total plasma cholesterol in apolipoprotein E knockout mice[J]. *Nutr Res*, 2013, 33(5): 406-413.
- [4] OCHMIAN I D, GRAJKOWSKI J, SMOLIK M. Comparison of some morphological features, quality and chemical content of four cultivars of *Aronia melanocarpa*[J]. *Notul Botan Horti Agr Cluj-napoca*, 2012, 40(1): 253-260.
- [5] 宫学颖.两种浸渍方法酿造黑果腺肋花楸果酒的品质比较[D].长春:吉林农业大学,2020.
- [6] 魏春雨.黑果腺肋花楸酒酿造工艺的研究[D].无锡:江南大学,2021.
- [7] 李广伟,杨春晓,于杰,等.蓝莓-酸樱桃复合果酒发酵工艺优化[J].中国酿造,2021,40(12):211-216.
- [8] 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.
- [9] 王菁,赵璐,肖世娣,等.不同工艺制作欧李果酒的品质比较[J].食品工业科技,2019,40(14):42-48,55.
- [10] 吕长鑫,巴俊文,纪秀凤,等.响应面优化红树莓-蓝莓复合果酒澄清工艺研究[J].渤海大学学报(自然科学版),2020,41(1):30-36.
- [11] 孙天利,曲思奕,薛亚宁,等.软枣猕猴桃-梨复合果酒发酵工艺优化[J].中国酿造,2022,41(9):204-208.
- [12] 中华人民共和国国家卫生和计划生育委员会. GB 5009.225—2016食品安全国家标准 酒中乙醇浓度的测定[S].北京:中国标准出版社,2016.
- [13] WANG Y, LUAN G X, ZHOU W, et al. Subcritical water extraction, UPLC-Triple-TOF/MS analysis and antioxidant activity of anthocyanins from *Lycium ruthenicum* Murr[J]. *Food Chem*, 2018, 249: 119-126.
- [14] 高麦瑞,陈琳,何强,等.方法及标准品的选择对总酚含量测定的影响[J].分析实验室,2018,37(9):1053-1056.
- [15] XIE G F, XUX Y, ZHOU X L, et al. Changes in phenolic profiles and antioxidant activity in rabbiteye blueberries during ripening[J]. *Int J Food Protect*, 2019, 22(1): 320-329.
- [16] BRUMMELHAUS D M, MIRONUK F L, RAFAEL D, et al. A critical examination of the DPPH method: mistakes and inconsistencies in stoichiometry and IC<sub>50</sub> determination by UV-vis spectroscopy[J]. *Anal Chim Acta*, 2021, 1157: 338398.
- [17] ZHOU L, XIE M H, YANG F, et al. Antioxidant activity of high purity blueberry anthocyanins and the effects on human intestinal microbiota[J]. *LWT-Food Sci Technol*, 2020, 117: 100621.
- [18] PUPPEL K, KAPUSTA A, KUCZY N. The etiology of oxidative stress in the various species of animals: a review[J]. *J Sci Food Agr*, 2015, 95(11): 2179-2184.
- [19] 程宏桢,蔡志鹏,王静,等.基于GC-MS、GC-O和电子鼻技术评价百香果酒香气特征[J].食品科学,2021,42(6):256-264.
- [20] 李宝丽,邓建玲,蔡欣,等.顶空固相微萃取-气质联用结合主成分分析研究纯葡萄汁的香气成分[J].中国食品学报,2016,16(4):258-270.
- [21] 张秀玲,汲润,李凤凤,等.发酵工艺对蓝莓果酒功能性及香气成分的影响[J].食品科学,2022,43(10):189-198.
- [22] LEI C, YENA P, SANGGIL L, et al. Extraction, identification and health benefits of anthocyanins in blackcurrants[J]. *Appl Sci*, 2021, 11(4): 1863.
- [23] TAN G, WANG Z X, WANG R, et al. Study on extraction process optimization and antioxidant activity of total polyphenols from leaves of *Prunus villosum*[J]. *Con Hor*, 2022, 45(9): 17-20.
- [24] 饶炎炎,桑英,唐琳琳,等.红树莓果酒发酵过程中功效成分、香气物质及体外降血糖功效的动态变化[J].食品科学,2020,41(6):222-230.
- [25] 焦扬,宋海,张勇,等.3种野生浆果酒中活性物质及抗氧化活性比较[J].食品与发酵工业,2015,41(1):60-65.
- [26] OKINO S, KOKAWA M, IALAM M Z, et al. Effects of apple juice manufacturing processes on procyanidin concentration and nondestructive analysis by fluorescence fingerprint[J]. *Food Biotechnol*, 2021, 14(4): 692-701.
- [27] 中华人民共和国国家质量监督检验检疫总局,中国国家标准化管理委员会. GB/T 15038—2006 葡萄酒、果酒通用分析方法[S].北京:中国标准出版社,2006.