

苦荞品种对苦荞配制酒品质的影响

Effect of different soaking conditions on the quality of tartary buckwheat wine

柏佳佳 戢得蓉 何玉贞 钟 秋 段丽丽

BAI Jia-jia JI De-rong HE Yu-zhen ZHONG Qiu DUAN Li-li

(四川旅游学院食品学院, 四川 成都 610100)

(College of Food Science and Technology, Sichuan Tourism University, Chengdu, Sichuan 610100, China)

摘要:目的:寻找配制酒品质最佳的苦荞品种。方法:考察以 3 种不同苦荞浸泡出的酒(A、B、C)中的总黄酮、可溶性固形物、总酚含量,抗氧化特性,色差以及透光率,探究不同品种苦荞对酒品质特性的影响。结果:苦荞 B 的总黄酮、总酚、可溶性固形物含量及 DPPH 自由基、ABTS 自由基清除率均为最佳。色差值表明总黄酮、总酚含量与酒样颜色有一定的显著相关性。浸泡 40 d 的 B1 样品中共有 49 种挥发性物质,相对含量为 79.488%,其中酯类 16 种(相对含量为 49.916%),是主要挥发性物质。结论:品种对酒品质影响很大,酒中总黄酮、总酚含量与酒样颜色有一定的显著相关性,浸泡苦荞酒宜选择黑苦荞 B。

关键词:苦荞;白酒;挥发性物质;品质特性;GC-MS

Abstract: **Objective:** This study aimed to find the most appropriate tartary buckwheat variety for soaking wine. **Methods:** The contents of total flavones, soluble solids, total phenols, antioxidant properties, color difference and light transmittance of three kinds of tartary buckwheat wines (A, B and C) were investigated. The effects of different tartary buckwheat varieties on wine quality characteristics were explored. **Results:** The contents of total flavone, total phenol, soluble solid and the scavenging rate of DPPH and ABTS free radicals of tartary buckwheat B were the highest. The color difference showed that the content of total flavonoids and total phenols had a significant correlation with the color of wine samples. 49 kinds of volatile substances were found in B1 samples after soaking for 40 days, the relative content was 79.488%, among which 16 kinds of

esters (the relative content was 49.916%) were the main volatile substances. **Conclusion:** The variety of tartary buckwheat influences the quality of the wine significantly. The content of flavonoids and total phenols in the wine has a significant correlation with the color of the wine sample. The optimum variety for black wine is tartary buckwheat B.

Keywords: tartary buckwheat; Baijiu; volatile substances; quality characteristics; GC-MS

苦荞是中国特有荞麦品种,含有多种营养物质和黄酮类物质。黄酮类物质在水中的溶解度较小^[1],而在酒中有较高的溶解度,因此苦荞泡酒可以有效地提取苦荞中的功能营养成分,提高其营养价值。

四川是名酒之乡,具有悠久的酿酒历史^[2]。近年来,有关苦荞泡酒的产品研究主要集中在苦荞酒中葛根素、甜菜碱等营养成分测定以及苦荞酒发酵工艺优化等方面^[3-5],用不同品种的苦荞泡酒以探究其品质变化的研究尚未见报道。研究拟用 3 个不同品种苦荞与白酒浸泡,并改变浸泡条件,主要考察品种对苦荞泡酒总黄酮含量、总酚含量、抗氧化特性^[6-7]、透光率、可溶性固形物含量、色差及 GC-MS 的影响,以期得到泡酒品质最佳的苦荞品种,同时为苦荞—白酒类产品的开发利用提供依据。

1 材料与方法

1.1 材料与仪器

1.1.1 材料与试剂

黑苦荞 A:西昌市邛池茶业有限责任公司;
黑苦荞 B:贵州省威宁县东方神谷有限责任公司;
黄苦荞 C:福建省合盛康生物科技有限责任公司;
牧朗老窖原浆浓香型白酒:52% vol,泸州市泸孙曲酒厂;
泡酒瓶:350 mL,成都安宜好家贸易有限公司;
结晶氯化铝、乙酸钾、乙酸、无水乙醇、无水碳酸钠、

基金项目:四川旅游学院校级重点科研项目(编号:19SCTUZZ04);四川旅游学院科研创新团队基金(编号:2018SCTUTD05);四川省级大学生创新创业训练项目(编号:S202111552144)

作者简介:柏佳佳,女,四川旅游学院在读本科生。

通信作者:戢得蓉(1989—),女,四川旅游学院讲师,硕士。

E-mail:240765570@qq.com

收稿日期:2022-07-19 **改回日期:**2022-11-24

干没食子酸、甲醇、过硫酸钾;分析纯,成都润泽本土化工有限公司;

1,1-二苯基-2-三硝基苯(DPPH),2,2'-联氮双-(3-乙基苯并噻唑啉-6-磺酸)二胺盐(ABTS);分析纯,上海安耐吉化学有限公司;

磷酸盐缓冲溶液(PBS 溶液):以达科技(泉州)有限公司;

福林酚试剂:福州飞净生物科技有限公司。

1.1.2 仪器与设备

紫外—可见分光光度计:UV-BlueStarA 型,北京莱博泰科仪器有限公司;

万分之一电子天平:FA2204B 型,上海佑科仪器仪表有限公司;

电子天平:YH-M1002 型,东阳市英衡智能设备有限公司;

阿贝折射仪:LH-T80 型,浙江陆恒环境科技有限公司;

气相色谱—质谱联用仪:SQ680 型,美国珀金埃尔默仪器有限公司;

精密色差仪:NR110 型,深圳市三恩施科技有限公司。

1.2 方法

1.2.1 苦荞品种的选择及浸泡条件 A、B、C 3 种苦荞与 52% vol 白酒分别按固液比 1:10,1:15,1:20,1:25 (g/mL) 进行浸泡,相应的编号分别为 A1、A2、A3、A4;B1、B2、B3、B4;C1、C2、C3、C4。以不加苦荞的白酒为空白对照,分别浸泡 10、20、30、40、50 d,分析各酒样的总黄酮含量、总酚含量、抗氧化特性、透光率、可溶性固形物含量、色差及挥发性物质种类。

1.2.2 总黄酮含量测定 参照刘晓燕等^[8-9]的方法。

1.2.3 总酚含量测定 参照乌日娜等^[10]的方法。

1.2.4 DPPH 自由基清除率测定 参照刘平怀等^[11-12]的方法。

1.2.5 ABTS 自由基清除率测定 参照白永亮^[13-14]的方法并修改。取 5 mL 7.4 mmol/L 的 ABTS 储备液与 88 μ L 2.6 mmol/L 的 $K_2S_2O_8$ 储备液混匀,避光放置 12~16 h,配成 ABTS 工作液。取 0.4 mL ABTS 工作液,用 PBS 溶液稀释至 734 nm 处吸光值为 0.7 ± 0.02 ,得 $ABTS^+$ 溶液。吸取 1 mL 待测酒样,加入 3 mL $ABTS^+$ 溶液混匀,避光反应 6 min,测定 734 nm 处吸光度,以无水乙醇作空白对照,每个酒样重复测定 3 次。按式(1)计算 ABTS 自由基清除率。

$$R = (A_0 - A_i) / A_i \times 100\%, \quad (1)$$

式中:

R——ABTS 自由基清除率,%;

A_0 ——不加样品,加入 ABTS 的吸光度;

A_i ——加入样品和 ABTS 的吸光度。

1.2.6 透光率测定 以蒸馏水作对照,采用紫外可见分光光度计测定 550 nm 处吸光度。

1.2.7 可溶性固形物含量测定 采用阿贝折射仪。

1.2.8 色差测定 以空白组为参照,采用明度(L^*)、红—绿度(a^*)、黄—蓝度(b^*)表示。

1.2.9 GC-MS 测定 参照冯俊旗等^[15-16]的方法。

1.3 数据统计分析

采用 Excel 2016 和 SPSS 25.0 软件绘图,用 SPSS 25.0 软件进行数据分析,部分数据采用均数±标准差表示,多组数据间比较采用单因素方差分析(One-way, ANOVA), $P < 0.05$ 为显著, $P < 0.01$ 为极显著。

2 结果与分析

2.1 总黄酮含量的变化

由图 1 可知,从品种上来说,总黄酮含量由低到高排序为 $C < A < B$,B 品种酒样中的总黄酮平均含量为 1.7 mg/mL,说明黑苦荞中的黄酮类物质溶出更多;从浸泡时间来说,随着浸泡时间的增加,酒样中总黄酮含量整体呈上升趋势,直到浸泡第 40 天总黄酮含量不再随浸泡时间的增加而增加,说明苦荞中黄酮类物质在酒中的溶出率已达到最大值,浸泡第 50 天总黄酮含量降低,可能是因为部分黄酮类物质分解成其他物质;从固液比来说,当固液比为 1:10 (g/mL) 时 3 个品种的总黄酮含量均最高,随着固液比的减小,总黄酮含量降低。综上,黄酮溶出量最高的是苦荞品种 B,浸泡时间为 40 d,固液比为 1:10 (g/mL)。

2.2 总酚含量变化

由图 2 可知,加入了苦荞的酒样总酚含量均高于对照组,说明苦荞中的多酚类物质通过浸泡溶入到了酒中。从品种来看,A、B、C 品种酒样的总酚平均质量浓度分别为 67.16、69.70、60.55 mg/L,同时间、同固液比下,A、B 品种酒样中的总酚含量均高于 C 品种酒样,说明黑苦荞中的多酚类物质在酒中溶出率高于黄苦荞;从固液比来看,

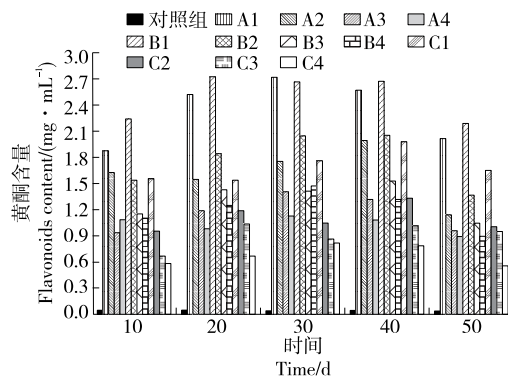


图 1 酒样中总黄酮含量变化曲线

Figure 1 Variation curve of total flavonoids content in wine samples

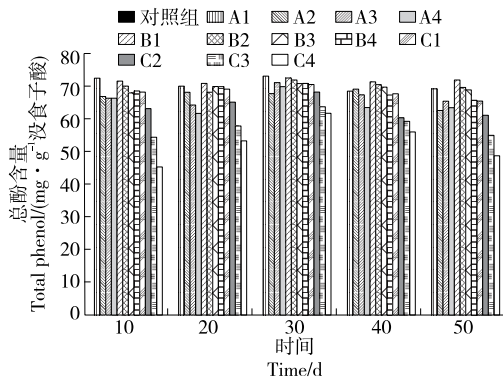


图2 酒样中总酚含量变化

Figure 2 Changes of total phenol content in wine samples

固液比为 1 : 10 (g/mL) 的酒样中总酚含量最高,总酚含量随固液比的减小而减小;不同浸泡时间下,酒样中总酚含量随浸泡时间的增加而增加,并于浸泡第 30 天达到最高值,之后总酚含量随浸泡时间的增加而降低,可能是因为浸泡 30 d 后酒样中溶解的氧气增多从而使各酒样中总酚含量呈下降趋势。综上,总酚含量最高的品种为 B,浸泡时间为 30 d,固液比为 1 : 10 (g/mL)。

2.3 DPPH 自由基清除能力变化

由图 3 可知,苦养品种及浸泡条件不同,其 DPPH 自由基清除能力不同,且添加苦养的酒样中 DPPH 自由基清除能力明显强于对照组。从品种上看,DPPH 自由基清除能力由强到弱依次为 B>C>A,B 酒样中平均 DPPH 自由基清除率为 95%,A、B 同为黑苦养,但整体 DPPH 自由基清除能力为 A<B,二者产地不同,其含有的抗氧化类物质也有差异,因此抗氧化能力不同;从浸泡时间来看,浸泡 10~20 d 时苦养中具有抗氧化活性的物质的溶出量较少,所以 DPPH 自由基清除率相对较低,浸泡 20 d 后随着浸泡时间的增加,DPPH 自由基清除率逐渐增加并在浸泡第 40 天趋于平稳;从固液比来看,其对 DPPH 自由基清除能力变化的影响较小,当固液比为 1 :

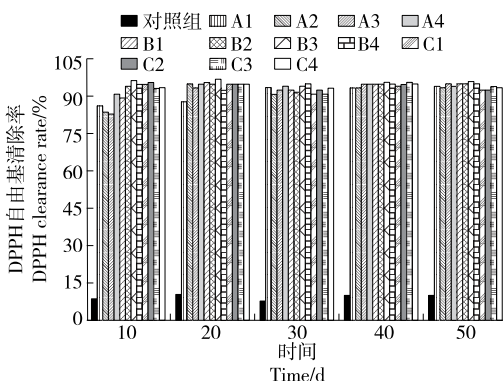


图3 不同酒样对 DPPH 自由基的清除能力

Figure 3 Change of DPPH ability to scavenge free radicals in wine samples

25 (g/mL) 时,整体 DPPH 自由基清除能力最佳为 94%。综上,DPPH 自由基清除率最高的品种为 B,浸泡时间为 40 d,固液比为 1 : 25 (g/mL)。

2.4 ABTS 自由基清除能力的变化

由图 4 可知,加入苦养的酒样清除 ABTS 自由基的能力明显强于对照组,说明苦养中的抗氧化性物质在酒中溶出。从品种上来看,ABTS 自由基清除能力由强到弱依次为 B>C>A,说明品种对抗氧化能力有一定影响;从浸泡时间来看,各酒样的 ABTS 自由基清除能力在浸泡第 40 天达到最佳,浸泡第 50 天的 ABTS 自由基清除能力略有降低,可能是样品中部分具有抗氧化活性的物质分解成了其他物质;固液比对酒样的 ABTS 自由基清除能力影响较小,当固液比为 1 : 15 (g/mL) 时,ABTS 自由基清除能力最强,为 93%。综上,ABTS 自由基清除率最高的品种为 B,浸泡时间为 40 d,固液比为 1 : 15 (g/mL)。

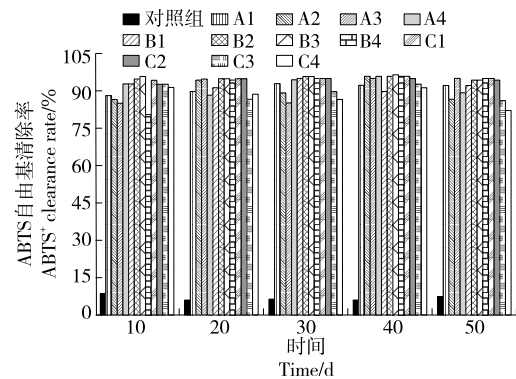


图4 不同酒样对 ABTS 自由基的清除能力

Figure 4 Change of ABTS free radical scavenging ability of wine samples

2.5 透光率的变化

由图 5 可知,从品种分析,透光率由大到小依次是 C>A>B,C 品种酒样的平均透光率为 93.22%,C 是唯一黄苦养品种,其含有的有色物质如黄酮、酚类物质等,相比于黑苦养品种 A、B 在酒中溶出得更少,所以透光率最高;从浸泡时间分析,浸泡 10 d 的酒样整体透光率较高,平均透光率为 88.66%,可能是浸泡时间短,溶出物质较少,所以透光率普遍较高,而整体透光率较低的是浸泡 30 d 的酒样,平均透光率为 81.62%,此时酒样中溶出物质较多,所以透光率低;从固液比分析,当固液比为 1 : 25 (g/mL) 时酒样的透光率最高,平均透光率为 89.93%,此固液比下液体占比最大,而苦养中溶出的有色物质有限,所以透光率最高,而透光率最低的固液比为 1 : 10 (g/mL),此时平均透光率为 78.18%。综上,平均透光率最高的是品种 C,最佳浸泡时间为 10 d,固液比为 1 : 25 (g/mL);平均透光率最低时的品种是 B,最佳浸泡时间为 30 d,固液比为 1 : 10 (g/mL)。

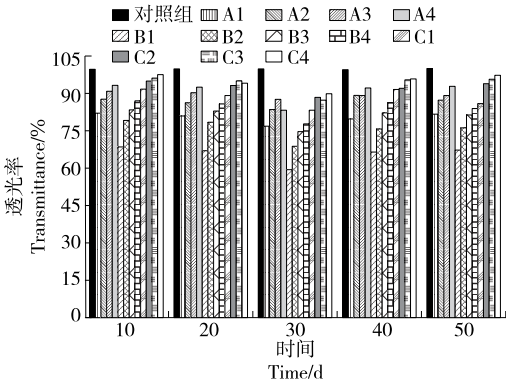


图 5 酒样中透光率的变化
Figure 5 Light transmittance change of wine sample

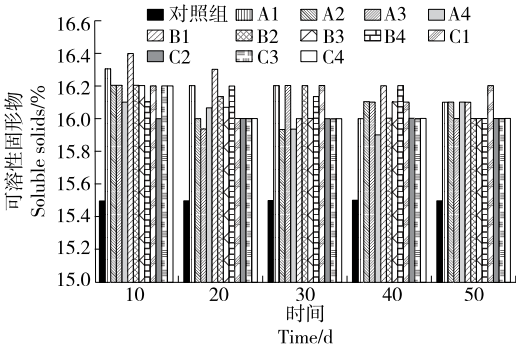


图 6 酒样中可溶性固形物含量的变化
Figure 6 Changes of soluble solid content in wine samples

2.6 可溶性固形物含量变化

由图 6 可知,可溶性固形物含量最高的是 B 品种,平均含量为 16.1%;从浸泡时间分析,浸泡 10 d 时整体酒样的可溶性固形物含量最高为 16.1%,浸泡 20~50 d 的酒样中可溶性固形物含量均为 16.0%,说明苦荞中的可溶性固形物在酒中溶出较快,短时间内就达到了最高;从固液比分析,当固液比为 1:10 (g/mL) 时,酒样中的可溶性固形物含量最高为 16.2%,此时液体占比最低,所以单位体积内苦荞溶出的物质最多;综上,可溶性固形物含量最高的品种是 B,浸泡时间为 10 d,固液比为 1:10 (g/mL)。

2.7 苦荞品种、固液比、浸泡时间对各指标影响的综合分析

2.7.1 苦荞品种 由表 1 可知,苦荞品种与总黄酮含量、总酚含量、DPPH 自由基清除率和透光率的相关性极显著,说明不同品种苦荞对这些指标的影响较大;但对 ABTS 自由基清除率和可溶性固形物含量影响不显著,可能是因为固形物主要为可溶性糖,而 3 个品种苦荞的可溶性糖含量差异较小,所以相关性最不显著。

2.7.2 固液比 由表 2 可知,固液比与总黄酮含量、总酚含量、透光率的相关性极显著,说明浸泡过程中,固液比对这 3 项指标的影响较大;与可溶性固形物含量的相关

性显著,说明固液比对可溶性固形物含量有较大影响,只是相对较弱一些;而与 DPPH 自由基和 ABTS 自由基的清除率相关性不显著,说明固液比对酒样的抗氧化性无显著影响。

2.7.3 浸泡时间 由表 3 可知,浸泡时间仅与 DPPH 自由基清除率的相关性极显著,与可溶性固形物含量的相关性显著,而与总黄酮含量、总酚含量、ABTS 自由基清除率、透光率无显著相关性。

综上,苦荞品种和固液比与样品总黄酮含量、总酚含量和透光率的相关性极显著,苦荞品种和浸泡时间与 DPPH 自由基清除率的相关性极显著,固液比和浸泡时间与可溶性固形物含量的相关性显著;而苦荞品种、固液比和浸泡时间与 ABTS 自由基清除率均无显著相关性。

2.8 40 d 酒样的色差

由图 7 可知,对照组和 C 组酒样的 L^* 值较大,且酒样偏白;A、B 两组酒样的 L^* 值较小为 2~8,且酒样颜色偏黑; L^* 值的标准偏差较小,离散程度较小。所有酒样的 a^* 值均为正值,且酒样颜色偏红; a^* 值相对偏差较大,离散程度较大。对照组和 C 组酒样的 b^* 值均为正值,且颜色偏黄,而 A、B 酒样的 b^* 值均为负值,且酒样颜色偏

表 1 苦荞品种对各指标的影响[†]

Table 1 Effects of tartary buckwheat varirties on various indexes

品种	总黄酮含量				总酚含量				DPPH 自由基清除率		
	($M \pm SD$)/ ($\text{mg} \cdot \text{mL}^{-1}$)	F (组间)	P (组间)		($M \pm SD$)/ ($\text{mg} \cdot \text{g}^{-1}$)	F (组间)	P (组间)		($M \pm SD$)/%	F (组间)	P (组间)
A	1.537 5 $\pm$ 0.579 81	6.932	0.002		67.155 5 $\pm$ 3.202 97	21.823	0.000		92.000 0 $\pm$ 3.755 70	5.588	0.006
B	1.697 5 $\pm$ 0.573 33	6.932	0.002		69.698 5 $\pm$ 1.710 72	21.823	0.000		94.600 0 $\pm$ 1.602 63	5.588	0.006
C	1.098 5 $\pm$ 0.409 51	6.932	0.002		60.551 5 $\pm$ 1.693 55	21.823	0.000		93.750 0 $\pm$ 1.582 35	5.588	0.006

品种	ABTS 自由基清除率			透光率			可溶性固形物含量		
	($M \pm SD$)/%	F (组间)	P (组间)	($M \pm SD$)/%	F (组间)	P (组间)	($M \pm SD$)/%	F (组间)	P (组间)
A	91.200 0 $\pm$ 3.592 39	2.781	0.070	86.809 0 $\pm$ 4.723 42	38.308	0.000	16.008 0 $\pm$ 0.119 65	1.030	0.364
B	93.800 0 $\pm$ 3.503 38	2.781	0.070	76.626 5 $\pm$ 7.899 61	38.308	0.000	16.125 0 $\pm$ 0.111 80	1.030	0.364
C	91.800 0 $\pm$ 3.847 08	2.781	0.070	92.447 0 $\pm$ 3.998 10	38.308	0.000	16.125 0 $\pm$ 0.111 80	1.030	0.364

表 2 固液比对各指标的影响
Table 2 Effect of solid-liquid ratio on various indicators

固液比 (g/mL)	总黄酮含量			总酚含量			DPPH 自由基清除率		
	(M±SD)/	F(组间)	P(组间)	(M±SD)/	F(组间)	P(组间)	(M±SD)/%	F(组间)	P(组间)
	(mg·mL ⁻¹)			(mg·g ⁻¹)					
1:10	2.180 0±0.446 94	36.189	0.000	69.956 7±2.163 60	6.099	0.001	92.733 3±2.313 52	0.732	0.537
1:15	1.496 0±0.384 11	36.189	0.000	66.635 3±3.548 83	6.099	0.001	93.200 0±2.883 45	0.732	0.537
1:20	1.127 3±0.245 08	36.189	0.000	64.603 3±5.594 30	6.099	0.001	93.800 0±3.384 84	0.732	0.537
1:25	0.974 7±0.265 81	36.189	0.000	62.012 0±7.881 91	6.099	0.001	94.066 7±1.222 80	0.732	0.537

固液比 (g/mL)	ABTS 自由基清除率			透光率			可溶性固形物含量		
	(M±SD)/%	F(组间)	P(组间)	(M±SD)/%	F(组间)	P(组间)	(M±SD)/%	F(组间)	P(组间)
1:10	92.733 3±2.313 52	1.392	0.255	78.180 7±10.135 10	6.795	0.001	16.186 7±0.135 58	3.358	0.025
1:15	93.400 0±3.112 19	1.392	0.255	85.015 3±7.749 38	6.795	0.001	16.086 7±0.099 04	3.358	0.025
1:20	92.200 0±4.212 23	1.392	0.255	88.043 3±6.298 95	6.795	0.001	16.080 0±0.094 11	3.358	0.025
1:25	90.733 3±4.757 95	1.392	0.255	89.937 3±5.693 17	6.795	0.001	16.086 7±0.099 04	3.358	0.025

表 3 浸泡时间对各指标的影响
Table 3 Effect of soaking time on each index

浸泡时 间/d	总黄酮含量			总酚含量			DPPH 自由基清除率		
	(M±SD)/	F(组间)	P(组间)	(M±SD)/	F(组间)	P(组间)	(M±SD)/%	F(组间)	P(组间)
	(mg·mL ⁻¹)			(mg·g ⁻¹)					
10	1.275 8±0.495 37	1.268	0.294	64.922 5±7.701 99	1.039	0.395	91.385 8±4.522 04	4.196	0.005
20	1.492 5±0.613 18	1.268	0.294	65.518 3±5.541 97	1.039	0.395	94.813 3±2.862 40	4.196	0.005
30	1.593 3±0.634 27	1.268	0.294	68.706 7±3.971 98	1.039	0.395	92.630 8±1.359 21	4.196	0.005
40	1.636 7±0.611 71	1.268	0.294	65.715 0±4.920 97	1.039	0.395	94.803 3±0.649 52	4.196	0.005
50	1.224 2±0.488 92	1.268	0.294	64.146 7±6.614 96	1.039	0.395	94.090 8±1.102 08	4.196	0.005

浸泡时 间/d	ABTS 自由基清除率			透光率			可溶性固形物含量		
	(M±SD)/%	F(组间)	P(组间)	(M±SD)/%	F(组间)	P(组间)	(M±SD)/%	F(组间)	P(组间)
10	92.333 3±4.849 24	1.555	0.199	86.965 0±8.121 48	1.010	0.410	16.183 3±0.083 48	2.577	0.047
20	95.666 7±2.741 38	1.555	0.199	86.423 3±8.026 03	1.010	0.410	16.083 3±0.133 71	2.577	0.047
30	93.416 7±3.918 68	1.555	0.199	80.816 7±9.330 75	1.010	0.410	16.050 0±0.108 71	2.577	0.047
40	93.166 7±3.352 97	1.555	0.199	85.951 7±9.210 93	1.010	0.410	16.075 0±0.105 53	2.577	0.047
50	92.000 0±4.690 42	1.555	0.199	86.328 3±8.838 52	1.010	0.410	16.075 0±0.121 54	2.577	0.047

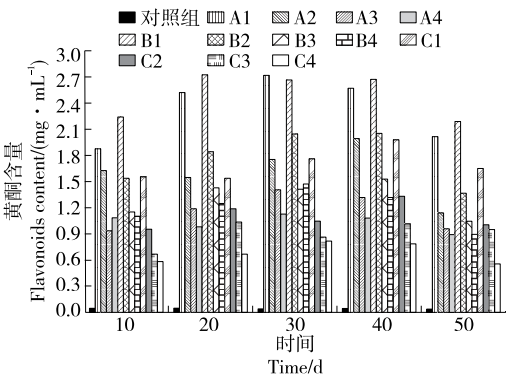


图 7 40 d 酒样的色差值差异
Figure 7 Color difference value difference of 40 d wine samples

蓝; b^* 值标准偏差较小,离散程度较小。
2.9 40 d 酒样色差值与总黄酮、总酚含量的相关性
由表 4 可知,总黄酮含量与 a^* 、 b^* 值无显著相关性,与 L^* 值呈显著负相关,即随着总黄酮含量的增大,酒样

表 4 40 d 酒样色差值与总黄酮含量、总酚含量的相关性[†]
Table 4 Correlation between color difference value of 40 d wine sample and total flavonoids

指标	L^* 值	a^* 值	b^* 值	总黄酮含量	总酚含量
L^* 值	1.000				
a^* 值	-0.976 **	1.000			
b^* 值	0.989 **	-0.992 **	1.000		
总黄酮含量	-0.566 *	0.534	-0.492	1.000	
总酚含量	-0.515	0.553 *	-0.495	0.740 **	1.000

[†] * 相关性显著 ($P<0.05$); ** 相关性极显著 ($P<0.01$)。

的 L^* 值减小。总酚含量与 a^* 值呈显著正相关,即随着总酚含量的增大,酒样的 a^* 值增大。综上,苦荞中黄酮类、酚类物质含量对苦荞酒呈色具有较重要的作用。

2.10 GC-MS 风味物质分析

由表 5 可知,各酒样中共检出 69 种风味化合物,包

括醇类 10 种、酯类 23 种、酸类 5 种、酮类 3 种、醛类 4 种、苯类 10 种、烯烃衍生物 4 种、烷烃衍生物 2 种、其他 8 种,酯类是其主要挥发性物质。

由表 6 可知,乙醇、丙醇具有刺激气味,符合酒的基
本气味特征;己酸乙酯^[17]、乙酸乙酯、丁酸乙酯^[18]等具有

表 5 A1、B1、C1 样品 GC-MS 分析结果[†]

Table 5 GC-MS analysis results of A1, B1 and C1 samples %

化合物	对照组	A1	B1	C1	化合物	对照组	A1	B1	C1
乙醇	20.933	13.087	6.323	20.114	2-甲基酒石酸	—	0.552	0.522	0.708
丙醇	—	1.031	1.504	1.318	乙氧基乙酸	—	1.031	1.504	0.318
(<i>R</i>)-1,2-丙二醇	—	—	0.050	0.044	2-氧代戊酸	—	—	0.053	—
3-甲氧基-2-丁醇	—	1.031	—	—	2-甲氧基-2-氧乙酸	—	—	1.504	0.318
2-乙氧基丙醇	—	0.043	—	—	甲基异丁基酮	—	0.056	—	—
3-甲基-2-丁醇	—	0.029	—	—	3-羟基-2-丁酮	—	0.085	0.099	0.035
氮甲酰甲醇	—	—	0.162	—	4-羟基-2-丁酮	—	—	—	0.755
丙二醇	—	—	—	0.044	甲氧基乙醛	—	0.199	0.152	0.487
1,2,4-丁三醇	—	—	—	0.031	乙缩醛	—	0.034	1.793	0.319
1-甲氧基-2-丙醇	—	—	—	0.048	3-羟基丁醛	—	0.043	—	—
硝酸甲酯	6.678	8.604	5.092	3.562	二甲醇缩甲醛	—	—	—	0.048
3,3'-氧化二(1,2-丙二醇)四硝 酸酯	4.873	5.624	3.517	6.803	邻伞花烺	—	0.034	0.065	—
2-硝基乙基硝酸酯	7.256	5.416	3.573	1.550	间伞花烺	—	0.034	0.065	—
1,3-丙二醇,2-甲基-2-硝基-二硝 酸酯	0.968	1.778	—	—	4-异丙基甲苯	—	0.034	0.065	—
丙二醇二硝酸酯	—	2.420	—	—	1,3-二甲基-4-乙基苯	—	0.034	0.065	—
乙酸乙酯	0.228	3.607	4.977	0.467	异丙烯基甲苯	—	0.319	0.249	0.124
甲酸异丙酯	—	0.029	—	—	1-异丙烯基-3-甲基苯	—	0.184	0.249	0.185
甲氧基乙酸乙酯	—	0.017	0.179	—	4-乙烯基-1,2-二甲苯	—	0.135	0.105	0.061
丁酸乙酯	0.396	0.236	0.338	0.363	2,5-二甲基苯乙烯	—	0.184	0.144	0.124
<i>L</i> -乳酸乙酯	—	0.034	0.016	0.075	2,4-二甲基苯乙烯	—	0.184	0.249	0.185
3-甲基戊酸乙酯	7.479	7.803	8.130	6.989	1-乙烯基-3,5-二甲苯	—	—	—	0.061
异丁酸乙酯	7.223	—	0.196	0.256	3,7,7-三甲基-1,3,5-环庚烯	—	0.034	0.065	—
己酸乙酯	7.846	7.803	8.130	6.757	(<i>Z</i>)-二氟二氮烯	—	0.322	2.071	4.344
异己酸乙酯	—	6.620	8.130	6.757	2-氟丙烯	—	1.031	1.504	0.318
丁酸异丙酯	—	—	0.072	—	羟胺甲基乙烯	—	0.322	2.071	—
2,3-丁二醇二硝酸酯	3.046	—	3.573	0.894	2-氟丙烷	—	0.322	0.316	2.824
乳酸乙酯	—	—	0.016	0.269	氟三硝基甲烷	4.103	2.867	1.895	2.326
乙醇酸丙酯	—	—	2.473	—	氘代乙腈	—	1.531	0.654	0.381
乙氧基乙酸 1-甲基乙酯	—	—	1.504	—	2-乙氧基乙胺	—	0.060	0.017	—
乳酸甲酯	—	—	—	0.044	3-氯苯甲酰乙腈	—	—	—	4.344
乳酸丙酯	—	—	—	0.075	硝基乙腈	—	—	0.777	—
1,2-丙二醇二硝酸酯	—	—	—	0.619	二甲醚	4.138	2.209	2.246	1.365
三(2-乙基丁酸)1,2,3-丙三醇酯	0.391	—	—	—	氟化烯丙基	—	—	—	0.318
<i>L</i> -乳酸	—	0.264	1.793	0.194	甲氧基甲基胺	—	—	1.056	—
					甲基异戊醚	—	—	0.050	—

† “—”表示未检测到。

表 6 苦荞酒中香气成分种类及含量
Table 6 Types and contents of aroma components of tartary buckwheat wine

类别	对照组		A1		B1		C1	
	相对含量/%	种类	相对含量/%	种类	相对含量/%	种类	相对含量/%	种类
醇类	2.933	1	15.211	5	8.039	4	21.626	7
酯类	46.384	11	49.991	13	49.916	16	35.480	15
酸类	0.000	0	1.847	3	5.376	5	1.538	4
酮类	0.000	0	0.141	2	0.099	1	0.790	2
醛类	0.000	0	0.276	3	1.945	2	0.854	3
苯类	0.000	0	1.277	10	1.391	9	0.740	6
烯烃衍生物	0.000	0	1.574	3	5.711	4	4.662	2
烷烃衍生物	4.103	1	3.189	2	2.211	2	5.150	2
其他	4.138	1	3.800	3	4.800	6	6.408	4
合计	75.558	14	77.306	44	79.488	49	6.408	45

植物本身的独特香气,对酒样整体的香气形成有较大贡献;*L*-乳酸^[19]能直接参与人体代谢,被广泛应用于食品领域;乙缩醛具有辛辣气味;酸、酮、醛、苯类含量较低,对酒样香气形成贡献不大;B1、C1 酒样中(*Z*)-二氟二氮烯含量>2%,A1、B1 酒样中 2-氟丙烯含量>1%,这两种物质对香气形成有一定的影响。氟三硝基甲烷在 3 个酒样中的含量均>1%,2-氟丙烷在 C1 样品中的含量>2%,对香气形成有一定的贡献。

苦荞在浸泡过程中溶出了多种新的挥发性成分,且部分物质相对含量还较高,说明苦荞的加入对酒的香气、口味和色泽等有较大影响;且不同品种苦荞酒的挥发性物质种类及相对含量差异较大,说明品种对苦荞酒品质的影响较大。

3 结论

试验表明,苦荞品种对苦荞泡酒的品质特性影响最大,其与总黄酮含量、总酚含量、DPPH 自由基清除率和透光率的相关性极显著;而且苦荞 B 的总黄酮含量、总酚含量、可溶性固形物含量、DPPH 自由基清除率及 ABTS 自由基清除率均为最佳。苦荞 B 的透光率整体低于其他两种,且随着浸泡时间的增加,透光率减小,可能是其在酒中溶出物质较多。色差结果表明总黄酮、总酚含量与酒样颜色有一定的显著相关性。各酒样中共检出 69 种挥发性物质,且加入苦荞后的酒样中挥发性物质种类明显增多,其中 B1 检出 49 种,相对含量为 79.448%;醇、酯类是主要挥发性物质,同时酯类可能也是造成气味差异的主要来源。综上,苦荞在酒中浸泡一定时间后,能够赋予酒独特的苦荞香味,一定程度上提高酒的抗氧化活性,且苦荞品种对酒品质特性的影响较大。但试验还未能研究白酒度数的变化对苦荞浸泡后的各项指标是否存在影响,需要进一步研究。

参考文献

[1] BOROVAYA S A, KLYKOV A G. Some aspects of flavonoid biosynthesis and accumulation in buckwheat plants [J]. Plant Biotechnology Reports, 2020, 14: 1-13.

[2] 康琚,倪江波. 四川酒文化的剖析[J]. 商业文化(学术版), 2010(2): 97-98.

KANG J, NI J B. An atomy of Sichuan wine culture[J]. Business Culture (Academic Edition), 2010(2): 97-98.

[3] 谢丽丽,吴丽华,刘曼曼,等. 苦荞酒中葛根素含量测定的方法研究[J]. 酿酒, 2019, 46(3): 45-46.

XIE L L, WU L H, LIU M M, et al. Method study on the determination of kudzu content in buckwheat wine[J]. Winemaking, 2019, 46(3): 45-46.

[4] 董孝元,喻斌,吴昊,等. 苦荞酒中甜菜碱检测方法及抗氧化性研究[J]. 酿酒科技, 2016(11): 37-40.

DONG X Y, YU B, WU H, et al. Detection method and antioxidant properties of betaine in buckwheat wine[J]. Winemaking Science and Technology, 2016(11): 37-40.

[5] 周金虎,张玉,方尚玲,等. 苦荞黄酒发酵工艺[J]. 食品工业, 2019, 40(6): 165-169.

ZHOU J H, ZHANG Y, FANG S L, et al. Fermentation process of buckwheat rice wine[J]. Food Industry, 2019, 40(6): 165-169.

[6] 马飞跃,张明,李娅,等. 人心果叶不同极性组分的抗氧化与抗菌活性[J]. 食品与机械, 2021, 37(5): 144-148.

MA F Y, ZHANG M, LI Y, et al. Antioxidative and antimicrobial activity of different polar components of human fruit leaves[J]. Food & Machinery, 2021, 37(5): 144-148.

[7] RIVERO A G, ANNA K J, ELKE P. Antioxidant properties of tomato fruit (*Lycopersicon esculentum* Mill.) as affected by cultivar and processing method[J]. Horticulturae, 2022, 8(6): 547.

[8] 刘晓燕. 苦荞浸泡酒中总黄酮的测定方法及浸提条件研究[J]. 湖北农业科学, 2014, 53(13): 3 156-3 159.

LIU X Y. Determination method and extraction conditions of total flavonoids in buckwheat soaked wine [J]. Hubei Agricultural

- Sciences, 2014, 53(13): 3 156-3 159.
- [9] 王娜, 张昊宇, 宁灿灿, 等. 艾草黄酮提取工艺优化及抗氧化活性研究[J]. 食品与机械, 2022, 38(7): 174-179, 240.
- WANG N, ZHANG H Y, NING C C, et al. Optimization of extraction process and antioxidant activity of mugwort flavonoids [J]. Food & Machinery, 2022, 38(7): 174-179, 240.
- [10] 乌日娜, 钟秋平, 李雯. 不同酵母发酵的火龙果酒抗氧化活性及颜色变化[J]. 中国酿造, 2017, 36(1): 102-106.
- WU R N, ZHONG Q P, LI W. Antioxidant activity and color change of dragon fruit wine fermented with different yeasts[J]. China Brewing, 2017, 36(1): 102-106.
- [11] MARXEN K, KLOUS H V, EBASTIAN L S, et al. Determination of DPPH radical oxidation caused by methanolic extracts of some microalgal species by linear regression analysis of spectrophotometric measurements[J]. Sensors, 2007, 7(10): 2 080-2 095.
- [12] 刘平怀, 刘洋洋, 时杰, 等. ASE 联合 DPPH 法比较研究 13 种热带水果的抗氧化活性[J]. 食品研究与开发, 2010, 31(11): 9-12.
- LIU P H, LIU Y Y, SHI J, et al. A Comparative study of antioxidant activities of 13 tropical fruits by ASE combined with DPPH method[J]. Food Research and Development, 2010, 31(11): 9-12.
- [13] 白永亮, 林柔敏, 吴采瑛, 等. 基于黄酮积累的苦荞萌发工艺优化及其抗氧化活性研究[J]. 广东农业科学, 2022, 49(4): 135-142.
- BAI Y L, LIN R M, WU C Y, et al. Optimization of buckwheat germination process based on flavonoid accumulation and its antioxidant activity[J]. Guangdong Agricultural Sciences, 2022, 49(4): 135-142.
- [14] 张新振, 杨涛, 蒋依婷, 等. 蓝莓渣复合粳米膨化工艺优化及抗氧化活性研究[J]. 食品与机械, 2022, 38(10): 194-200.
- ZHANG X Z, YANG T, JIANG Y T, et al. Optimization and antioxidant activity of blueberry residue[J]. Food & Machinery, 2022, 38(10): 194-200.
- [15] 冯俊旗, 张永生, 魏新军. 杜康酒香气成分的 GC/MS 分析[J]. 光谱实验室, 2013, 30(2): 847-849.
- FENG J Q, ZHANG Y S, WEI X J. GC/MS analysis of aroma components of Dukang wine[J]. Spectroscopic Laboratory, 2013, 30(2): 847-849.
- [16] 张锦程, 余信, 麻成金, 等. GC-MS 结合 ROAV 分析评价加工工艺对藤茶香气成分的影响[J]. 食品与机械, 2021, 37(12): 20-25, 31.
- ZHANG J C, YU J, MA C J, et al. GC-MS was combined with ROAV analysis to evaluate the influence of the processing process on the aroma composition of rattan tea[J]. Food & Machinery, 2021, 37(12): 20-25, 31.
- [17] 马晓斌, 陈露, 刘颖, 等. 白酒中己酸乙酯检测方法研究进展[J]. 酿酒, 2022, 49(2): 54-55.
- MA X B, CHEN L, LIU Y, et al. Research progress on detection method of ethyl caproate in liquor[J]. Brewing, 2022, 49(2): 54-55.
- [18] 郭燕, 邓杰, 任志强, 等. 响应面优化酿酒酵母与窖泥酯化细菌协同发酵产丁酸乙酯和己酸乙酯[J]. 食品科学, 2021, 42(10): 209-217.
- GUO Y, DENG J, REN Z Q, et al. Response surface optimization *Saccharomyces cerevisiae* and cellar slurry esterification bacteria synergistic fermentation of ethyl butyrate and ethyl caproate[J]. Food Science, 2021, 42(10): 209-217.
- [19] 江锋, 赵振宇, 聂叶, 等. 高效液相色谱法对白酒中的 L-乳酸和 D-乳酸的手性分离和测定[J]. 酿酒科技, 2019(9): 93-97.
- JIANG F, ZHAO Z Y, NIE Y, et al. Chiral Separation and determination of L-lactic acid and D-lactic acid in liquor by high performance liquid chromatography [J]. Brewing Science and Technology, 2019(9): 93-97.
-
- (上接第 71 页)
- [9] 耿孝正. 双螺杆挤出机及其应用[M]. 北京: 中国轻工业出版社, 2003: 90-102.
- GENG X Z. Twin screw extruders and its application[M]. Beijing: China Light Industry Press, 2003: 90-102.
- [10] 李梦林, 刘凯, 黄志刚, 等. 聚乳酸用单螺杆挤出机熔体输送数值模拟研究[J]. 中国塑料, 2015, 29(11): 102-107.
- LI M L, LIU K, HUANG Z G, et al. Numerical simulation of conveying sections of a special single screw extruder for PLA[J]. China Plastics, 2015, 29(11): 102-107.
- [11] 毕超. Polyflow 软件基础及其在双螺杆挤出仿真过程中的应用[M]. 北京: 机械工业出版社, 2018: 10-74.
- BI C. Polyflow software fundamentals and its application to twin screw extrusion simulation processes[M]. Beijing: China Machine Press, 2018: 10-74.
- [12] 张杨. 双螺杆挤出机螺杆参数化 CAD 的研究[D]. 苏州: 苏州大学, 2006: 15-18.
- ZHANG Y. The study on screw's parametric CAD of twin-screw plastic extruder[D]. Suzhou: Soochow University, 2006: 15-18.
- [13] 安琪, 黄志刚, 胡淑珍, 等. 适应性网格技术在异向双螺杆挤出机中的仿真[J]. 食品与机械, 2021, 37(4): 91-97.
- AN Q, HUANG Z G, HU S Z, et al. Simulation in counter-rotating twin screw extruder by adaptive grid technology [J]. Food & Machinery, 2021, 37(4): 91-97.
- [14] 董中华, 江波, 郭建, 等. 同向双螺杆挤出机中不同导程螺纹元件的流动和混合模拟[J]. 橡塑技术与装备, 2005(7): 1-5.
- DONG Z H, JIANG B, GUO J, et al. Varied flow and blended simulation of guiding screw thread component in the same direction twin screw extruder [J]. Plastics Technology and Equipment, 2005(7): 1-5.
- [15] 赵玉莲, 李鑫, 安琪, 等. 非等温条件下啮合同向双螺杆挤出过程数值模拟分析[J]. 食品与机械, 2019, 35(4): 76-79.
- ZHAO Y L, LI X, AN Q, et al. Numerical simulation of meshing co-rotating twin screw extrusion process under non-isothermal conditions[J]. Food & Machinery, 2019, 35(4): 76-79.