

模糊数学评价三种配制新疆葡萄蒸馏酒工艺及香气成分分析

宋晶晶¹, 李宁¹, 佟文杰¹, 赵昊¹, 王伟雄¹, 张海军², 杨华峰³, 刘秀海², 卢丕超⁴, 武运¹

(1. 新疆农业大学食品科学与药学学院, 新疆乌鲁木齐 830052) (2. 吐鲁番楼兰酒庄股份有限公司, 新疆吐鲁番 838201) (3. 新疆乡都酒业有限公司, 新疆巴音郭勒蒙古自治州 841000) (4. 新疆中信国安葡萄酒业有限公司, 新疆昌吉 832200)

摘要: 基于模糊数学评价法对枸杞甘草配制葡萄蒸馏酒的 3 种不同加工工艺进行评价, 结合顶空固相微萃取-气相色谱-质谱联用技术 (headspace solid phase microextraction-gas chromatography-mass spectrometry, HS-SPME-GC-MS) 比较 3 种加工工艺对葡萄蒸馏酒挥发性香气成分的影响, 通过主成分分析 (principal component analysis, PCA) 探究枸杞甘草配制葡萄蒸馏酒中挥发性风味物质种类及相对含量。结果表明: 浸提工艺加工的枸杞甘草配制葡萄蒸馏酒总体得分最高, 香气种类丰富, 特征性风味突出, HS-SPME-GC-MS 检测结果与模糊数学评价结果一致, 因此确定枸杞甘草配制葡萄蒸馏酒的最佳加工工艺为枸杞甘草浸提法; 经检测 3 种配制葡萄蒸馏酒及基酒有 72 种挥发性物质, 采用主成分分析对 3 种配制葡萄蒸馏酒的 17 种共有挥发性物质和 5 类挥发性化合物进行分析, 结果显示: 酯类、醇类、酸类和醛类 4 类化合物是影响枸杞甘草配制葡萄蒸馏酒香气的重要成分, 对应的香气化合物为: 辛酸乙酯、癸酸乙酯、己酸乙酯、月桂酸乙酯、异戊醇、苯乙醇、辛酸。

关键词: 枸杞甘草配制葡萄蒸馏酒; 模糊数学评价; 顶空固相微萃取-气相色谱-质谱联用技术; 香气; 主成分分析

文章编号: 1673-9078(2021)02-249-260

DOI: 10.13982/j.mfst.1673-9078.2021.2.0768

The Optimization of Processing Technology Based on Fuzzy Mathematic Evaluation and Aroma Component Analysis of Grape Distilled Wine in Xinjiang

SONG Jing-jing¹, LI Ning¹, TONG Wen-jie¹, ZHAO Hao¹, WANG Wei-xiong¹, ZHANG Hai-jun², YANG Hua-feng³, LIU Xiu-hai², LU Pi-chao⁴, WU Yun¹

(1.College of Food Science and Pharmacy, Xinjiang Agricultural University, Urumqi 830052, China)(2.Turpan Loulan Chateau Co. Ltd., Turpan 838201, China)(3.Xinjiang Xiangdu Winery Co. Ltd., Bayingol Mongolian Autonomous Prefecture 841000, China)(4.CITIC Guoan Winery Co. Ltd., Changji 832200, China)

Abstract: Three processing technologies of flavored *Lycium barbarum* and *Glycyrrhiza* grape distilled wine were optimized by fuzzy mathematic evaluation combined with headspace solid-phase microextraction gas chromatography-mass spectrometry (HS-SPME-GC-MS). Subsequently, the volatile aroma components of flavored *Lycium barbarum* and *Glycyrrhiza* grape distilled wine and the effects of characteristic compounds on overall flavor were explored through principal component analysis. The results showed that the sample with *Lycium barbarum* and *Glycyrrhiza* extracts had the highest comprehensive score, and showed rich variety of aroma, strong characteristic flavor, meaning a

引文格式:

宋晶晶, 李宁, 佟文杰, 等. 模糊数学评价三种配制新疆葡萄蒸馏酒工艺及香气成分分析[J]. 现代食品科技, 2020, 37(2): 249-260

SONG Jing-jing, LI Ning, TONG Wen-jie, et al. The optimization of processing technology based on fuzzy mathematic evaluation and aroma component analysis of grape distilled wine in Xinjiang [J]. Modern Food Science and Technology, 2020, 37(2): 249-260

收稿日期: 2020-08-17

基金项目: 新疆维吾尔自治区重大科技专项 (2017A01001-2); 新疆维吾尔自治区重点研发专项 (2020B01001-3); 蒸馏酒、配制酒等系列产品项目研究

作者简介: 宋晶晶 (1996-), 女, 硕士研究生, 研究方向: 食品营养与安全

通讯作者: 武运 (1965-), 女, 教授, 硕士, 研究方向: 食品营养与安全

consistent result between HS-SPME-GC-MS analysis and fuzzy mathematics evaluation, thus the best processing technology for grape distilled wine was *Lycium barbarum* and *Glycyrrhiza* extraction. 72 volatile compounds were obtained from three kinds of grape distilled wine and base liquor, the results of principal 17 kinds of common volatile compounds and 5 kinds of volatile compounds for three kinds of grape distilled wine analysis showed that, esters, alcohols, acids and aldehydes components were the important components that affected the aroma of flavored *Lycium barbarum* and *Glycyrrhiza* grape distilled wine. The key characteristic compounds were: ethyl caprylate, ethyl caprate, ethyl caproate, ethyl laurate, isoamyl alcohol, phenethyl alcohol, octanoic acid.

Key words: *Lycium barbarum* and *Glycyrrhiza* grape distilled wine; fuzzy mathematics evaluation; headspace solid phase microextraction-gas chromatography-mass spectrometry; HS-SPME-GC-MS; aroma; principal component analysis

枸杞 (*Lycium barbarum* L.) 又名枸杞子, 是一种药食同源的植物资源, 主要分布于我国宁夏、新疆等地区^[1,2]。枸杞中含有枸杞多糖、多酚、类胡萝卜素、黄酮、氨基酸、甜菜碱等多种活性成分和微量元素, 具有抗疲劳、抗衰老、免疫调节、降血糖、降血脂等功效^[3-5]。甘草 (*Glycyrrhizae Radix et Rhizoma*) 为豆科植物甘草的干燥根和茎^[6], 甘草包括多糖、黄酮、三萜皂苷、生物碱和香豆素类等主要化学成分^[7], 具有抗炎、抗氧化、抗肿瘤、保肝等作用^[8], 也是一种药食两用植物, 其提取物在食品行业和医药、日用化工等领域得到广泛应用^[9]。新疆是中国最大的葡萄种植产区, 葡萄栽培品种多达 600 余种, 种质资源较为丰富, 且种植历史十分悠久^[10]。近年来, 新疆葡萄酒产业呈飞速发展态势, 也带动了葡萄蒸馏酒类的繁荣。同时, 配制酒是一个丰富的酒类体系, 它的出现晚于单一酒类, 但发展较快, 市场前景较为可观。目前对配制酒的研究较多, 其中大部分以白酒、黄酒与米酒为基酒, 鲜有将葡萄蒸馏酒作为配制酒酒基的报道, 缺少对配制葡萄蒸馏酒感官品质及香气特征的研究。通过对 3 种不同工艺制备的药食同源植物枸杞甘草的研究, 以配制葡萄蒸馏酒特征性香气充分发挥为重点, 得到一种适宜制备葡萄蒸馏酒的工艺, 增补配制酒市场上枸杞甘草配制葡萄蒸馏酒的空白。

果酒的香气成分直接决定着果酒的风味特点和典型性^[11], 不同的香气物质造就了不同葡萄酒香气的独特性^[12]。葡萄蒸馏酒是一个由乙醇、水以及众多来源于原料和特定加工工艺的极少量挥发性成分组成的复杂混合体系^[13]。枸杞与甘草两种药食同源植物在处理过程中, 浸提技术有利于原料中营养物质的保存, 提高浸提液的可溶性固形物提取率和多种生物活性物质, 从而提高产品中的有效功能成分的含量^[14]。枸杞甘草中多糖类、酚类、黄酮类等活性物质能改善胃肠功能、提高免疫力、降血脂等作用^[15,16]。两种药食同源植物具有特殊的香气化合物, 并能有效的与葡萄蒸馏酒相融合, 产生独特的风味和口感^[17,18]。

通过模糊数学评价和气相色谱-质谱联用技术比

较 3 种配制葡萄蒸馏酒及基酒的挥发性香气成分的影响, 对比 3 种不同加工工艺制备的枸杞甘草配制葡萄蒸馏酒的香气特点, 以期探明香气化合物与枸杞甘草配制葡萄蒸馏酒的加工工艺的关系, 选出枸杞甘草配制葡萄蒸馏酒的最佳加工工艺, 保留更多枸杞甘草功能性成分, 旨在最大化提高枸杞甘草配制葡萄蒸馏酒的香气质量, 提升枸杞甘草配制葡萄蒸馏酒的品质, 充分利用新疆药食两用植物资源, 开发特色葡萄酒类新产品, 在带动葡萄酒产业发展及新疆中草药资源方面具有重要意义, 并为葡萄蒸馏酒及药食同源植物的开发利用提供一定理论依据。

1 材料与方法

1.1 材料与试剂

酿酒葡萄, 新疆农业科学院园艺所葡萄种植基地; 干枸杞, 乌鲁木齐北园春干果市场; 甘草, 乌鲁木齐百草堂连锁药店; 安琪葡萄酒果酒专用酵母, 安琪酵母股份有限公司; 偏重亚硫酸钾, 北京奥博星生物技术有限责任公司; 葡萄糖、无水乙醇 (分析纯), 天津市致远化学试剂有限公司; 果胶酶 (酶活力 8600 PGNU/g), 法国拉氟德公司; D-异抗坏血酸钠, 浙江新银象生物工程有限公司; 氯化钠 (分析纯), 天津市致远化学试剂有限公司。

1.2 仪器与设备

SB6 L 三步精馏器, 烟台市吉讯酿酒设备加工厂; SXKW 数显控温电热套, 北京市永光明医疗仪器厂; HH-S1 恒温升降数显水浴锅, 上海精科仪器公司; FA2004N 型分析天平, 上海舜宇恒平实验室设备有限公司; SB-25-12DT 型超声清洗仪, 宁波新生物科技股份有限公司; 50/30 μm DVB/CAR/PDMS 型固相微萃取头, 美国 Supelco 公司; SHIMADZU SH-Rxi-5Sil MS 色谱柱 (30 m $\times$ 0.25 mm $\times$ 0.25 μm), 美国 Agilent 公司。

1.3 方法

1.3.1 枸杞甘草葡萄蒸馏酒工艺流程

- 1 枸杞甘草预处理→浸泡(基酒)→澄清、过滤→调整酒度→枸杞甘草配制蒸馏酒
- 2 枸杞甘草预处理→复水→护色酶解→混合打浆→过滤、杀菌→枸杞甘草汁
- 3 枸杞甘草预处理→护色酶解→两次浸提→合并浓缩→过滤、杀菌→枸杞甘草浸提液

↓
葡萄分选→除梗、破碎→发酵→澄清过滤→一次蒸馏→二次蒸馏→葡萄蒸馏酒→调配

↓
枸杞甘草配制葡萄蒸馏酒

1.3.2 操作要点:

1.3.2.1 葡萄蒸馏酒的制备

(1) 葡萄的发酵工艺

酿酒葡萄分选后,进行清洗、除梗、压榨取汁,分别添加 0.02 g/L 果胶酶, 0.05 g/L 的偏重亚硫酸钾,澄清后,加 0.2 g/L 酿酒专用酵母,在 18~20 °C 进行发酵,发酵结束后低温保存。

(2) 葡萄蒸馏酒的蒸馏工艺

发酵结束后的葡萄酒采用夏朗德壶式蒸馏法进行蒸馏。蒸馏时采用二次蒸馏工艺,第一次蒸馏收集所有的馏出液,将收集后的蒸馏酒进行二次蒸馏,在二次蒸馏时采用掐头去尾的方式,截取头馏酒为总体积的 1%~2%,蒸馏后期酒精低于 55% vol 的酒尾单独接出,只选取中间部分为葡萄蒸馏酒^[19]。

1.3.2.2 枸杞甘草原料的制备

(1) 浸泡工艺

枸杞、甘草经分选,清洗后沥干称重。枸杞:甘草为 4:1, 1:12 的料液比,置于葡萄蒸馏酒基酒中,常温避光浸泡 14 d,过滤澄清,备用。

(2) 果汁制作工艺

枸杞、甘草经分选,清洗后沥干称重,将两者置于 4~8 倍水中复水 4 h,连同浸泡水一起倒入打浆机中做打浆处理,后倒入灭菌后的容器中,同时加入等体积 0.40% D-异抗坏血酸钠和 30 mg/L 果胶酶,搅拌均匀后放置于超净工作台内,静置 2 h,澄清过滤,备用。

(3) 浸提工艺

枸杞、甘草经分选,清洗后沥干称重,将真空冷冻干燥后的枸杞甘草粉碎,盛于容器中并加 4~8 倍水,同时加入等体积 0.40% D-异抗坏血酸钠和 30 mg/L 果胶酶,静置 2 h 护色、酶解;放入 60 °C 恒温水浴锅中浸提 2 h 后,置于超声器中浸提 30 min;过滤后滤液备用;将残渣加 4~6 倍水进行二次浸提,重复上述浸提步骤,将两次合并浸提液浓缩为原浸提液体积的 1/2 倍。过滤澄清,备用。

1.3.2.3 枸杞甘草配制葡萄蒸馏酒的调配

为突出中草药葡萄蒸馏酒的风格与作用,3 种加工工艺制备的葡萄蒸馏酒经调配,得到 28% vol 枸杞甘草配制葡萄蒸馏酒。

1.3.2.4 直接浸泡枸杞甘草配制葡萄蒸馏酒(样品 G1)的制备

枸杞甘草预处理→浸泡(基酒)→过滤→与蒸馏水多次调配→样品 G1。

1.3.2.5 枸杞甘草汁配制葡萄蒸馏酒(样品 G3)的制备

枸杞甘草预处理→复水→打浆→过滤→果汁→与葡萄蒸馏酒调配→样品 G2。

1.3.2.6 枸杞甘草浸提液配制葡萄蒸馏酒(样品 G2)的制备

枸杞甘草预处理→浸提→浓缩→过滤→浸提液→与葡萄蒸馏酒调配→样品 G3。

1.3.3 枸杞甘草配制葡萄蒸馏酒及基酒品质评价

参照国家检测标准对枸杞甘草配制葡萄蒸馏酒及基酒中的理化指标及生物活性物质进行检测分析。

1.3.4 模糊数学模型的建立

1.3.4.1 感官评定

由 15 名完成《葡萄酒品尝学》课程的葡萄酒专业人员经培训组成感官评定小组,分别对 3 组不同加工工艺制备的枸杞甘草配制葡萄蒸馏酒的外观、色泽、香气、滋味 4 个指标进行感官评价,外观指标中包括澄清度、均一度和沉淀情况,色泽指标中包括光泽度和颜色,香味指标中包括葡萄蒸馏酒的果香、枸杞与甘草的特征香味、草药味和酒香味,滋味指标中包括醇厚度、和谐度和柔和感,所有指标分为优、良、中、差 4 个等级。要求身体健康且对酒精无过敏性症状人员作为感官评定组成员,样品评鉴完成后用清水漱口,3 min 后评鉴下一个样品^[20]。请 15 名葡萄酒感官评定小组的专业人员对枸杞甘草配制葡萄蒸馏酒的感官品质进行评定,具体评分标准见表 1。

表 1 枸杞甘草配制葡萄蒸馏酒感官评价指标

Table 1 Sensory evaluation index of <i>Lycium barbarum</i> and <i>Glycyrrhiza</i> grape distilled wine				
因素	感官评价标准			
	优	良	中	差
外观	澄清透明, 无悬浮物, 无沉淀, 无分层现象	基本澄清, 无沉淀, 无明显分层现象	有少许浑浊, 有微量沉淀, 有轻微分层现象	酒体浑浊, 有少许沉淀, 分层现象明显
色泽	橙黄色	淡黄色	砖红色	褐色
香气	药香与葡萄蒸馏酒气味均衡, 具有纯正、愉悦酒香, 无刺激性气味	枸杞味不足, 甘草香气浓郁, 蒸馏酒酒香稍淡, 无其他异味	枸杞和甘草味不突出, 蒸馏酒香气过浓, 伴有不愉快气味	无果香与药香味, 蒸馏酒香气较淡, 伴有明显异味, 刺鼻
滋味	酒体圆润醇和, 细腻和谐, 口感甘冽, 回味绵延	酒体略显简单, 口感较绵柔, 有回味感	酒体单薄, 留香时间较短, 口感完整, 无杂味	有少许苦涩味, 伴有辛辣味, 无杂味

表 2 枸杞甘草配制葡萄蒸馏酒及基酒理化指标、活性物质的分析

Table 2 Analysis of physical, chemical indicators and active substances of <i>Lycium barbarum</i> - <i>Glycyrrhiza</i> grape distilled wine and base liquor						
编号	理化指标			活性物质		
	甲醇/(g/L)	杂醇油/(g/100 mL)	氰化物/(mg/L)	多糖/(mg/mL)	多酚/(mg/mL)	黄酮/(mg/mL)
基酒	0.18	0.22	4.37	-	-	-
样品 G1	0.21	0.20	5.57	361.70	2.56	0.268
样品 G2	0.24	0.23	5.42	173.33	3.42	0.227
样品 G3	0.19	0.27	4.96	511.25	3.98	0.219

1.3.4.2 因素集确立

根据表 1, 对 3 种不同原料加工方式制备的枸杞甘草配制葡萄蒸馏酒的感官指标进行模糊数学综合评价, 并建立评价集。评价对象集 U , 代表进行感官评价的 3 种枸杞甘草配制葡萄蒸馏酒样品集合, $U=\{\text{样品 G1, 样品 G2, 样品 G3}\}$, u_j 代表 3 种枸杞甘草配制葡萄蒸馏酒的综合评价, 其中: $j=1, 2, 3$ 。评价因素集 $R=\{v_1, v_2, v_3, v_4\}$, 其中, $v_1\sim v_4$ 分别代表评价枸杞甘草配制葡萄蒸馏酒的 4 个评价指标。即 $R=\{\text{外观, 色泽, 香气, 滋味}\}$ 。

1.3.4.3 权重的确立

评价得分集 $B=\{b_1, b_2, b_3, b_4\}$, 其中, $b_1\sim b_4$ 分别代表优、良、中和差 4 个评价等级, 相对应的分值为 90, 80, 70 和 60。权重集 $X=\{x_1, x_2, x_3, x_4\}$, 相对应的权重为 0.20, 0.20, 0.30, 0.30。

1.3.4.4 建立综合模糊评定矩阵

请 15 位感官评定人员根据表 1 对 3 个样品进行评判, 经统计分析可得, 3 个样品质量的模糊评定矩阵 R_j , 得到样品的综合评分结果。

1.3.5 枸杞甘草配制葡萄蒸馏酒中挥发性香气成分分析

GC 条件: 进样口温度 250 ℃, 初始温度为 35 ℃

保持 5 min, 以 3 ℃/min 升至 100 ℃, 再以 4 ℃/min 升至 240 ℃, 保持 4 min; 色谱柱流速: 1 mL/min^[21]。MS 条件: 电离方式 EI; 载气为 He; 离子源温度 230 ℃; 数据采集方式 Q3 Scan; 扫描范围 45~500 m/z ^[22]。

采用 NIST MS Search 2.0 标准谱库相匹配检索定性, 确定化合物的类型, 通过峰面积归一化法计算各化合物的相对含量。

1.3.6 数据整理

所有样品均进行 3 组平行试验, 分别采用 IBM SPSS Statistics 23 软件对数据进行统计、主成分分析。

2 结果与讨论

2.1 枸杞甘草配制葡萄蒸馏酒及基酒理化指标和生物活性成分的检测结果

对枸杞甘草配制葡萄蒸馏酒及基酒理化指标和生物活性成分进行检测, 其检测结果如表 2 所示。

2.2 模糊感官评定结果

由 15 位感官评定组成员, 根据表 1 对 3 种配制葡萄蒸馏酒进行感官评价, 评价结果见表 3。

表 3 枸杞甘草配制葡萄蒸馏酒感官评价得分表

Table 3 Sensory evaluation score table of <i>Lycium barbarum</i> and <i>Glycyrrhiza</i> grape distilled wine																
品种	外观				色泽				香气				滋味			
	优	良	中	差	优	良	中	差	优	良	中	差	优	良	中	差
浸泡 G1 组	12	3	0	0	13	2	0	0	8	5	2	0	6	5	2	2
果汁 G2 组	13	2	0	0	13	2	0	0	5	4	4	2	4	5	3	3
浸提 G3 组	11	3	1	0	12	3	0	0	7	6	2	0	3	7	4	1
权重	0.20				0.20				0.30				0.30			

根据 3 种不同工艺制备的枸杞甘草配制葡萄蒸馏酒得出模糊评定矩阵 R_1 、 R_2 、 R_3 ，得到如下数据：

$$R_1 = \begin{Bmatrix} 0.87 & 0.13 & 0.00 & 0.00 \\ 0.87 & 0.13 & 0.00 & 0.00 \\ 0.33 & 0.27 & 0.27 & 0.13 \\ 0.27 & 0.33 & 0.20 & 0.20 \end{Bmatrix}$$

$$R_2 = \begin{Bmatrix} 0.73 & 0.20 & 0.07 & 0.00 \\ 0.80 & 0.20 & 0.00 & 0.00 \\ 0.47 & 0.40 & 0.13 & 0.00 \\ 0.20 & 0.47 & 0.26 & 0.07 \end{Bmatrix}$$

$$R_3 = \begin{Bmatrix} 0.80 & 0.20 & 0.00 & 0.00 \\ 0.87 & 0.13 & 0.00 & 0.00 \\ 0.54 & 0.33 & 0.13 & 0.00 \\ 0.40 & 0.33 & 0.13 & 0.14 \end{Bmatrix}$$

得到模糊关系矩阵，经模糊线性变换得到评判结果，归一化得：

$$B_1 = \{0.528 \quad 0.232 \quad 0.141 \quad 0.099\}$$

$$B_2 = \{0.507 \quad 0.341 \quad 0.131 \quad 0.021\}$$

$$B_3 = \{0.616 \quad 0.264 \quad 0.078 \quad 0.042\}$$

综合得分：将评价结果乘以其对应值，通过加和求得模糊数学评价分数：

$$U_1 = 0.528 \times 90 + 0.232 \times 80 + 0.141 \times 70 + 0.099 \times 60 = 81.8$$

9;

$$U_2 = 0.507 \times 90 + 0.341 \times 80 + 0.131 \times 70 + 0.021 \times 60 = 83.3$$

4;

$$U_3 = 0.616 \times 90 + 0.264 \times 80 + 0.078 \times 70 + 0.042 \times 60 = 84.5$$

4。

结果表明，3 组样品的模糊评价结果有明显差异，表明枸杞甘草的加工工艺对枸杞甘草配制葡萄蒸馏酒的感官品质影响显著。其中，综合得分最高的为样品 G3，综合得分最低的为样品 G1^[23]，原因可能是：浸提过程中产生大量的挥发性物质；而原料直接浸泡于葡萄蒸馏酒组，样品经浸泡部分风味物质不能充分进入酒中，故挥发性香气成分以葡萄蒸馏酒香气为主，枸杞甘草典型的特征香气成分含量较低，其中酯醇类化合物含量较高，萜烯类化合物未检出；枸杞甘草汁组中，枸杞和甘草经复水后混合打浆，醛类化合物含

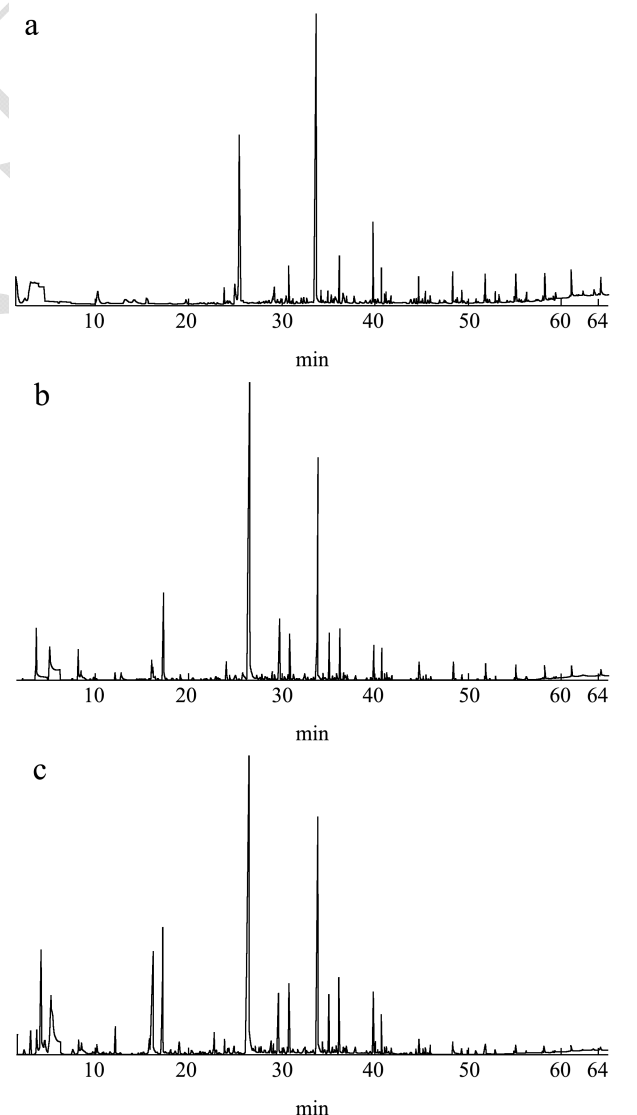
量增加，考虑有微生物污染现象，同时样品色泽相对较深，影响外观和色泽。依据综合评分结果，初步判定枸杞甘草配制葡萄蒸馏酒香气成分较为丰富的是浸提法。

2.3 3 种不同工艺制备的枸杞甘草配制葡萄蒸

馏酒及基酒香气成分分析

2.3.1 3 种枸杞甘草葡萄蒸馏酒及基酒香气成

分分析



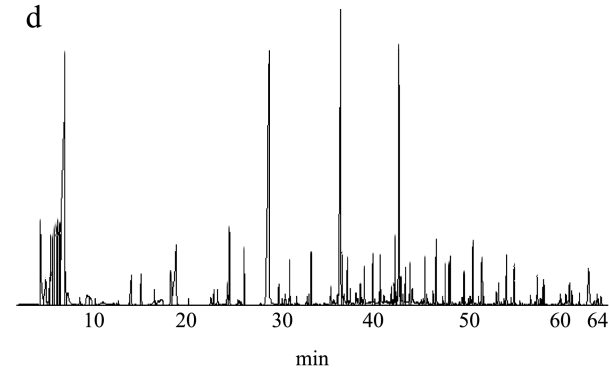


图 1 3 种枸杞甘草配制葡萄蒸馏酒及基酒挥发性成分总离子图

Fig.1 Total ion diagram of volatile components of 3 *Lycium barbarum* and *Glycyrrhiza* grape distilled wine and base liquor

注: a: 样品 G1 (浸泡组); b: 样品 G2 (果汁组); c: 样品 G3 (浸提液组); d: 基酒。

3 种葡萄蒸馏酒及基酒挥发性成分总离子流图及香气成分检测结果见图 1、表 4。

由图 1 及表 4 可知, 从 3 种不同工艺制备的枸杞甘草配制葡萄蒸馏酒中共有 72 种挥发性成分, 样品 G1 中共有 28 种香气成分; 样品 G2 中共有 38 种香气成分; 样品 G3 中共有 49 种香气成分, 基酒中共有 34 种香气成分。虽然 4 种蒸馏酒的香气化合物组分差异较大, 但仍有的 10 种组分相同, 如己酸乙酯、异戊醇以及辛酸等。

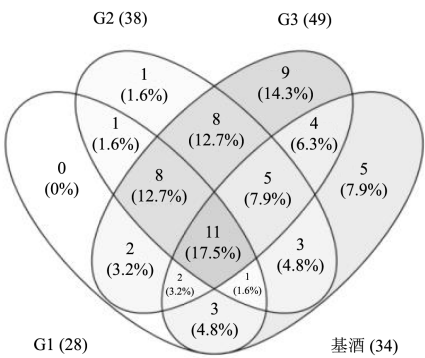


图 2 3 种枸杞甘草配制葡萄蒸馏酒样及基酒中挥发性风味的维

恩图

Fig.2 Venn diagram of volatile flavor of 3 *Lycium barbarum* and *Glycyrrhiza* grape distilled wine and base liquor

采用维恩图对表 4 的挥发性化合物进行可视化分析^[24] (图 2), 3 组枸杞甘草配制葡萄蒸馏酒及基酒共有的 10 种挥发性风味物质中酯类化合物 5 种, 醇类化合物 2 种, 醛类化合物 2 种, 酸类化合物 1 种, 共有化合物数量占总风味化合物 (72 种) 的 15.63%。对不同处理组的结果分组比较, 两组共有物质最少 (19 种), 推测这两组样品挥发性成分有差异; 组间共有物质分别为 19 种、30 种, 推测这三种不同工艺处理的枸杞甘草配制葡萄蒸馏酒的香气相似度较高^[25-27], 与基酒组相比样品 G2、G3 组香气化合物数量增加。

表 4 3 种枸杞甘草配制葡萄蒸馏酒样及基酒中挥发性成分检测结果

Table 4 Detection results of components of 3 *Lycium barbarum* and *Glycyrrhiza* grape distilled wine and base liquor samples

峰号	保留时间/min	化合物名称	相对含量/%				香气描述
			G1	G2	G3	基酒	
1	2.705	乙酸乙酯	--	--	--	3.20±0.93	微带果香
2	4.060	甲酸乙酯	--	--	--	4.47±1.21	水果和绿叶香气
3	5.456	丙酸乙酯	--	--	--	2.40±0.53	菠萝香气
4	12.055	乙酸异戊酯	--	0.47±0.12	1.14±0.25	--	香蕉香气
5	17.195	己酸乙酯	1.26±0.41	5.64±0.78	6.00±1.12	--	青苹果、茴香味
6	18.935	乙酸乙酯	3.17±0.17	0.35±0.03	0.44±0.08	3.64±0.35	梨似的酸甜味道
7	22.250	乳酸乙酯	--	0.25±0.01	0.18±0.07	--	朗姆酒, 水果及奶油的香气
8	24.175	辛酸甲酯	--	--	0.25±0.06	--	甜橙香气
9	26.470	辛酸乙酯	33.84±5.91	53.82±4.41	45.62±1.98	31.62±2.74	菠萝、苹果样的香韵和白兰地的酒香气
10	27.170	己酸异戊酯	0.84±0.13	0.16±0.07	0.18±0.09	--	苹果和菠萝香气
11	28.805	己酸乙酯	0.42±0.17	--	--	--	青刀豆和生水果香气
12	28.830	山萘酸乙酯	--	0.37±0.12	0.45±0.15	--	--
13	29.085	山梨酸乙酯	0.44±0.20	0.22±0.08	0.29±0.07	--	--
14	30.185	壬酸乙酯	--	0.18±0.05	0.24±0.04	--	葡萄香气
15	31.700	4-乙基苯甲酸癸酯	--	--	0.18±0.02	--	--
16	32.265	癸酸甲酯	--	--	0.16±0.03	--	有特殊的香气

转下页

接上页							
17	32.680	三癸酸甘油酯	0.46±0.11	--	0.20±0.08	--	--
18	33.860	癸酸乙酯	37.46±6.09	19.61±2.84	17.72±5.35	28.73±1.22	椰子香气
19	34.370	辛酸异戊酯	0.66±0.21	0.24±0.10	0.25±0.07	--	--
20	35.040	丁酸乙酯	0.82±0.14	2.46±0.65	1.83±0.46	2.60±0.71	草莓和苹果香气
21	35.400	9-癸烯酸乙酯	0.42±0.07	--	0.23±0.05	--	脂肪、轻微果香
22	36.175	2,6-双苯甲酸三甲基硅酯	2.79±0.95	2.04±0.88	2.68±0.73	--	--
23	36.750	4-氯苯基氯甲酸酯	--	0.31±0.12	--	--	--
24	37.865	水杨酸甲酯	0.55±0.14	0.23±0.09	0.22±0.06	--	冬青叶香气
25	39.835	月桂酸乙酯	4.46±1.32	1.43±0.67	1.74±0.42	5.30±1.15	温和的果香和花香香气
26	40.330	癸酸 3-甲基丁酯	--	--	0.16±0.02	--	--
27	41.470	3-甲基丁二酸乙酯	--	0.15±0.04	--	--	--
28	45.155	肉豆蔻酸乙酯	--	0.16±0.06	--	0.77±0.22	鸚尾油和油脂香气
29	48.370	棕榈酸甲酯	1.86±0.81	1.09±0.29	--	--	烟叶的香气
小计		酯类	89.03	89.18	80.16	82.73	
30	4.031	异丁醇	--	--	--	1.13±0.24	苦杏仁香气
31	6.669	己醇	--	--	--	3.87±1.06	花香
32	6.714	2-甲基丁醇	--	--	--	1.97±0.70	特殊香气
33	12.084	丙醇	--	1.14±0.30	0.88±0.21	1.03±0.39	酒精、水果香气
34	13.225	庚醇	0.55±0.12	--	--	--	水果香气
35	16.120	异戊醇	3.05±0.89	1.16±0.37	8.97±2.16	2.56±0.54	苦杏仁味、涩味
36	20.285	十八烷-1,2-二醇	--	--	0.21±0.03	--	--
37	22.670	正己醇	--	0.24±0.05	0.86±0.19	0.45±0.10	铃兰香气
38	29.487	月桂醇	0.49±0.10	0.27±0.06	--	0.43±0.11	月下香、油脂及紫罗兰香气
39	32.485	硬脂醇	--	0.22±0.04	--	0.25±0.13	--
40	41.755	苯乙醇	0.53±0.17	0.14±0.05	0.22±0.08	0.52±0.27	鲜花的清香气
小计		醇类	4.62	3.17	11.14	12.21	
41	5.054	苹果酸	--	--	--	0.25±0.11	山楂香气
42	25.991	月桂酸	--	--	--	0.21±0.33	月桂油香气
43	31.185	十二烷二酸	--	--	0.16±0.04	--	--
44	45.945	辛酸	0.57±0.12	0.29±0.10	0.45±0.13	0.26±0.07	奶酪味、水果味
45	48.390	3, 4-二羟基扁桃酸	--	0.89±0.21	0.36±0.11	--	--
46	50.850	丁酸	0.44±0.03	--	--	0.10±0.08	奶酪和糖果的香气
47	63.500	棕榈酸	0.65±0.16	--	--	--	--
小计		酸类	1.66	1.18	0.97	0.82	
48	24.290	壬醛	--	--	0.24±0.07	--	--
49	27.525	糠醛	--	--	0.20±0.03	--	有香蕉味、苦涩味
50	30.610	2,5-二羟基苯甲醛	0.86±0.21	0.17±0.03	0.27±0.12	0.42±0.17	--
51	29.605	苯甲醛	1.88±0.17	4.41±1.31	2.82±0.41	1.61±0.53	杏仁香气
52	35.845	4-乙基苯甲醛	0.45±0.10	0.38±0.06	0.33±0.01	--	--
53	57.517	乙醛乙基己基缩醛	0.45±0.12	--	--	0.42±0.20	醚样香气
小计		醛类	3.64	4.96	3.86	2.45	
54	10.060	正庚烯	--	--	0.38±0.10	--	--
55	15.105	右旋萜二烯	--	--	0.20±0.03	--	--

转下页

接上页							
56	18.050	环辛四烯	--	0.14±0.07	0.33±0.12	--	--
57	18.545	4-异丙基甲苯	--	--	0.18±0.07	--	--
58	20.415	十三烷	--	0.22±0.08	--	0.18±0.29	--
59	18.784	己烯	--	0.15±0.07	--	--	芳香气味
60	27.740	α-依兰烯	--	0.22±0.12	0.18±0.03	--	清鲜花香味
61	35.130	罗勒烯	--	--	0.16±0.08	0.36±0.28	草香、花香并伴有橙花油香
62	23.105	茛满	--	0.18±0.06	0.24±0.09	--	--
63	24.800	十四烷	--	0.14±0.03	0.32±0.10	0.32±0.02	--
64	25.010	甲氧基苯基胍	--	0.27±0.10	0.37±0.13	0.18±0.02	--
65	32.470	二十烷	--	--	0.34±0.07	--	--
66	33.350	二十五烷	--	--	0.24±0.12	0.10±0.05	--
67	35.655	十七烷	--	0.19±0.04	0.18±0.02	0.27±0.02	烟草香气
68	36.730	甘菊蓝	--	--	0.30±0.12	--	--
69	36.825	1,1,6-三甲基-1,2-二氢萘	0.51±0.21	--	0.16±0.04	--	--
70	37.999	十五烷	--	--	--	0.37±0.09	--
71	40.025	十九烷	--	--	0.29±0.11	0.11±0.05	--
72	53.295	2,3-二氢苯并呋喃	0.54±0.23	--	--	--	--
小计		烃类	1.05	1.51	3.87	2.09	

注：表中去除乙醇和硅烷类杂质；“--”表示未检出。

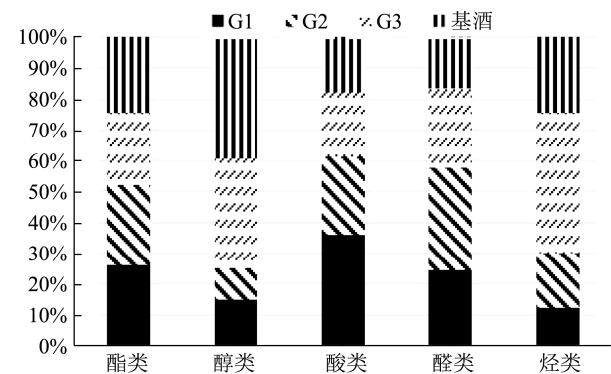


图3 3种枸杞甘草葡萄蒸馏酒及基酒挥发性物质相对含量比较
Fig.3 Comparison of relative contents of volatile compounds of 3 *Lycium barbarum* and *Glycyrrhiza* grape distilled wine and base liquor

结合表4和图3分析可知：直接浸泡原料组相比于基酒组各类化合物数量均少，其中酯类化合物含量相对较高，表明该工艺制备的枸杞甘草配制葡萄蒸馏酒的挥发性风味较单薄，但仍以呈葡萄酒香、水果香味的酯类^[28,29]为主；枸杞甘草汁组中化合物数量较基酒组有所增加，烃类物质的含量与其相比略有增加，表明果汁组香气成分保留较多，枸杞特征性香气有所表现；浸提液组与基酒组中香气化合物相比增加较多，其中带有刺激性气味的醛类物质含量降低，醇类、烃类等呈特征性芳香化合物^[30]含量增加，说明浸提液组中的香气成分相对复杂，适宜的加工工艺对香气成分产生促进作用，有利于提高酒体整体风味评价。分析

可得，浸提液组经浸提保留了部分香气成分，能与葡萄蒸馏酒酒香较好的融合^[31]，初步得出结果与综合模糊评判结果一致。

2.3.2 3种枸杞甘草葡萄蒸馏酒共有香气成分主成分分析

按保留时间对3种样品挥发性物质进行编号(1-64)，并进行主成分分析。将3个样品中的17种香气化合物转化成2个独立的主成分，根据表5方差贡献率和累计贡献率可知，这两个主成分包含了枸杞甘草配制葡萄蒸馏酒香气的大部分信息，需对其进一步分析^[31]。

表5 基于3种枸杞甘草配制葡萄蒸馏酒样中共有的17种香气成分主成分的方差贡献率

Table 5 Variance contribution rate of principal component based on common 17 aroma components in 3 <i>Lycium barbarum</i> and <i>Glycyrrhiza</i> grape distilled wine samples			
主成分	特征值	方差贡献率/%	累计贡献率/%
PC1	14.475	85.147	85.147
PC2	2.525	14.853	100.000

由表6可知，3种枸杞甘草配制葡萄蒸馏酒样中共有的17种挥发性成分经旋转后得到因子负荷矩阵，第一个主成分与乙酸己酯、己酸异戊酯、苯乙醇等12种香气化合物呈极大的正相关，因此第一个因子主要解释这12个变量；第二个主成分与癸酸乙酯、辛酸乙酯、苯甲醛等11种香气化合物呈极大的正相关，因此

第二个因子主要解释这 11 个变量。

表 6 3 种枸杞甘草配制葡萄蒸馏酒共有 17 种挥发性物质旋转后因子负荷矩阵

Table 6 Rotated factor load matrix of common 17 components in the 3 <i>Lycium barbarum</i> and <i>Glycyrrhiza</i> grape distilled wine samples			
序号	香气化合物	成分	
		1	2
1	己酸乙酯	-0.969	-0.247
2	乙酸己酯	0.988	0.153
3	辛酸乙酯	-0.972	0.237
4	己酸异戊酯	0.988	0.155
5	山梨酸乙酯	0.991	-0.135
6	癸酸乙酯	0.964	0.265
7	辛酸异戊酯	0.987	0.160
8	丁酸乙酯	-0.978	0.208
9	2,6-双苯甲酸三甲基硅酯	0.745	-0.667
10	水杨酸甲酯	0.978	0.206
11	月桂酸乙酯	0.996	0.088
12	异戊醇	-0.108	-0.994
13	苯乙醇	1.000	-0.014
14	辛酸	0.911	-0.412
15	2,5-二羟基苯甲醛	0.999	0.047
16	苯甲醛	-0.883	0.470
17	4-乙基苯甲醛	0.820	0.572

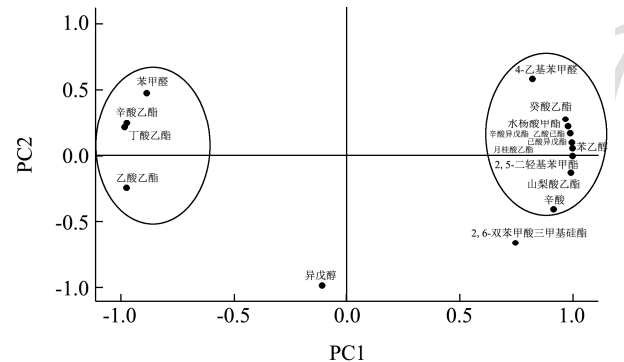


图 4 3 种枸杞甘草配制葡萄蒸馏酒样中共有 17 种香气成分的载荷图

Fig.4 Loading diagram of 3 *Lycium barbarum* and *Glycyrrhiza* grape distilled wine samples

以 PC1 为横坐标, PC2 为纵坐标绘制载荷图 (图 4), 由图 4 可知, 3 种不同工艺制备的葡萄蒸馏酒样品中的 17 种共有香气化合物在 PC1 正半轴与负半轴均有聚集分布, 两处聚集大致分布在 PC2 两侧。癸酸乙酯、水杨酸甲酯、苯乙醇等 9 种香气化合物分布较为集中, 主要代表浸提液配制葡萄蒸馏酒的香气。苯甲醛、辛酸乙酯、丁酸乙酯等 4 种香气化合物分布较

为集中, 主要代表枸杞甘草汁配制蒸馏酒的香气。不同样品葡萄蒸馏酒中挥发性物质的含量和组成差异较大, 其中样品 G3 中检测出更多的挥发性风味物质, 说明浸提液法制备的葡萄蒸馏酒风味更丰富。

2.3.3 3 种枸杞甘草配制葡萄蒸馏酒中 5 类挥发性香气成分主成分分析

表 7 3 种枸杞甘草配制葡萄蒸馏酒样中 5 类挥发性香气成分主成分的方差贡献率

Table 7 Variance contribution rate of principal component based on 5 volatile aroma components in 3 <i>Lycium barbarum</i> and <i>Glycyrrhiza</i> grape distilled wine samples			
主成分	特征值	方差贡献率/%	累计贡献率/%
1	3.624	72.475	72.475
2	1.376	27.525	100.000

表 8 3 种枸杞甘草配制葡萄蒸馏酒样中 5 类挥发性香气成分旋转后的因子负荷矩阵

Table 8 Rotated factor load matrix of 5 volatile aroma components in 3 <i>Lycium barbarum</i> and <i>Glycyrrhiza</i> grape distilled wine samples			
序号	香气成分	成分	
		1	2
1	酯类香气化合物	0.997	0.073
2	醇类香气化合物	-0.974	-0.228
3	酸类香气化合物	0.773	-0.635
4	醛类香气化合物	0.304	0.953
5	烃类香气化合物	-0.996	0.094

表 9 3 种枸杞甘草配制葡萄蒸馏酒样中 5 类挥发性香气成分的成分得分系数矩阵

Table 9 Component score coefficient matrix of 5 volatile aroma components in 3 <i>Lycium barbarum</i> and <i>Glycyrrhiza</i> grape distilled wine samples			
序号	香气成分	成分	
		1	2
1	酯类香气化合物	0.275	0.053
2	醇类香气化合物	-0.269	-0.166
3	酸类香气化合物	0.213	-0.461
4	醛类香气化合物	0.084	0.692
5	烃类香气化合物	-0.275	0.068

由于得到的 3 种蒸馏酒的共有香气成分的结果代表性不足, 继而对 3 种葡萄蒸馏酒的 5 类香气化合物进行进一步分析^[23], 得到表 7、表 8。将 3 个样品中的 5 类挥发性香气成分转化成 2 个独立的主成分, 根据表 7 方差贡献率和累计贡献率可知, 这两个主成分代表了原香气化合物的部分信息^[32]。由表 8 可知, 经旋转后得到因子主成分与酯类、酸类香气化合物呈极

大的正相关,与醇类、烃类香气化合物呈极大的负相关;第二个主成分与醛类香气化合物类呈很大的正相关,与酸类呈很大的负相关。

根据表 9,用 Y1、Y2 这 2 个综合指标计算香气化合物的综合得分,得到葡萄蒸馏酒香气化合物的线性关系式:

$$Y1=0.275X1-0.269X2+0.213X3+0.084X4-0.275X5$$

$$Y2=0.053X1-0.166X2-0.461X3+0.692X4+0.068X5$$

式中:Y1 和 Y2 分别代表 2 个主成分的得分值。

Y1 和 Y2 的得分可以从不同种类香气化合物的角度反映 3 种葡萄蒸馏酒的香气品质。根据这 2 个主成分的得分函数和方差贡献率可以得出 3 种葡萄蒸馏酒香气的综合评价函数 Y,表达式为:

$$Y=0.72475Y1+0.27525Y2$$

在 3 种葡萄蒸馏酒中,第 1 主成分得分最高的是样品 G3;第 2 主成分得分最高的样品 G2。根据挥发性香气综合评价,样品 G3>样品 G2>样品 G1,有关挥发性香气成分方面,样品 G3(枸杞甘草浸提液配制葡萄蒸馏酒)的香气品质更突出,与模糊数学评定结果一致。

3 结论

3.1 本试验通过对样品的外观、色泽、香气、滋味 4 个因素为评价指标,基于模糊数学评价法对 3 组不同加工工艺制备的枸杞甘草配制葡萄蒸馏酒进行评价,发现不同加工工艺对枸杞甘草配制葡萄蒸馏酒的感官品质影响显著,其中浸提液组样品综合评分最高,理化指标及活性物质的检测可知,3 组样品理化指标均符合国家标准,且样品 G3 相比于样品 G1、G2 活性物质含量相对较高,3 种葡萄蒸馏酒经感官评定初步判定和活性物质含量对比,浸提法为枸杞甘草配制葡萄蒸馏酒的最佳加工工艺。

3.2 采用 HS-SPME-GC-MS 技术对 3 种不同工艺制备的枸杞甘草配制葡萄蒸馏酒样品及基酒进行挥发性风味成分分析,共检测出 72 种香气化合物,其中样品 G1 有 28 种、样品 G2 有 38 种、样品 G3 有 49 种及基酒 32 种。采用主成分分析分别对 3 种枸杞甘草配制葡萄蒸馏酒共有的 17 种香气成分和 5 类香气化合物进行分析,并建立基于主成分分析的枸杞甘草配制葡萄蒸馏酒品质评价模型,经评价可得:样品 G3>样品 G2>样品 G1,与模糊数学评价结果一致。

3.3 通过对 3 组不同工艺制备的枸杞甘草配制葡萄蒸馏酒样品进行模糊数学评价及香气成分分析,综合结果显示:枸杞甘草浸提液配制葡萄蒸馏酒(样品 G3)的模糊数学评分最高,香气化合物的种类最丰富,综

合评价结果最优,从而确定枸杞甘草配制葡萄蒸馏酒的最佳加工工艺为枸杞甘草浸提法。

参考文献

- [1] Wang H B, Zhang S M, Shen Q W, et al. A metabolomic explanation on beneficial effects of dietary goji on intestine inflammation [J]. Journal of Functional Foods, 2019, 53: 109-114
- [2] Ma Z F, Zhang H X, Teh S S, et al. Goji berries as a potential natural antioxidant medicine: an insight into their molecular mechanisms of action [J]. Oxidative Medicine and Cellular Longevity, 2019: 2437397
- [3] 钱丹,纪瑞锋,郭威.中国枸杞属种间亲缘关系和栽培枸杞起源研究进展[J].中国中药杂志,2017,42(17):3282-3285
QIAN Dan, JI Rui-feng, GUO Wei. Research progress on interspecific relationship and origin of cultivated *Lycium* in China [J]. Impurities of Chinese traditional medicine, 2017, 42(17): 3282-3285
- [4] Wang X, Sun Z J, El-sway S, et al. Effect of ridges and furrows plant of wolfberry on alkalized solonchak [J]. Ekoloji, 2018, 27(106): 975-983
- [5] Xie L, Zheng Z A, Mujunndar A S, et al. Pulsed vacuum drying (PVD) of wolfberry: drying kinetics and quality attributes [J]. Dry Technol, 2018, 36(12): 1501-1514
- [6] 国家药典委员会.中华人民共和国药典[M].北京:中国医药科技出版,2015
National Pharmacopoeia Committee. Pharmacopoeia of the People's Republic of China [M]. Beijing: China Pharmaceutical Science and Technology Publishing, 2015
- [7] 贾世亮,武雪玲,李筱筱,等.甘草中黄酮类物质的功能研究进展[J].北京联合大学学报(自然科学版),2016,30(4): 67-73
JIA Shi-liang, WU Xue-ling, LI Xiao-xiao, et al. Functional research progress of flavonoids in *Glycyrrhiza uralensis* [J]. Journal of Beijing Union University (Natural Science Edition), 2016, 30(4): 67-73
- [8] 刘洋洋,刘春生,曾斌芳,等.甘草种质资源研究进展[J].中草药,2013,44(24):3593-3596
LIU Yang-yang, LIU Chun-sheng, ZENG Bin-fang, et al. Research progress on germplasm resources of *Glycyrrhiza uralensis* [J]. Chinese Herbal Medicine, 2013, 44(24): 3593-3596
- [9] 孙立丽,游广娇,任晓亮,等.甘草化学成分快速定性分析与化学模式识别研究[J].中华中医药杂志,2018,33(5): 2074-2079
SUN Li-li, YOU Guang-jiao, REN Xiao-liang, et al. Rapid

- qualitative analysis and chemical pattern recognition of chemical constituents in *Glycyrrhiza uralensis* [J]. Chinese Journal of Traditional Chinese Medicine, 2018, 33(5): 2074-2079
- [10] 马惠兰,李旭.新疆葡萄产业化发展现状及对策建议[J].新疆林业,2010,6:27-29
MA Hui-lan, LI Xu. Development status and countermeasures of grape industrialization in Xinjiang [J]. Xinjiang Forestry, 2010, 6: 27-29
- [11] Antonietta Baiano, Maria Assunta Previtali, Haria Viggiani, et al. Maceration procedures alternative to the standard vinification in red: the case of Nero di Troia wine [J]. Eur Food Res Technol, 2016, 242: 825-835
- [12] 李华.葡萄酒品尝学(第二版)[M].北京:科技出版社,2006
LI Hua. Wine Tasting (Second Edition) [M]. Beijing: Science and Technology Press, 2006
- [13] Mihajilov-Krstev T M, Deni M S, Zlatkovi B K, et al. Inferring the origin of rare fruit distillates from compositional data using multivariate statistical analyses and the identification of new flavour constituents [J]. Journal of the Science of Food and Agriculture, 2015, 95(6): 1217-1235
- [14] 郭羽,薛慧清,高丽,等.酵母菌发酵黄芪的抑菌作用初探[J].山西中医学院学报,2014,15(2):8-10
GUO Yu, XUE Hui-qing, GAO Li, et al. Preliminary study on bacteriostasis of *Astragalus membranaceus* fermented by yeast [J]. Journal of Shanxi University of Traditional Chinese Medicine, 2014, 15(2): 8-10
- [15] Tenorio-jim Nez C, Mart Nez-ram Rez M J, Tercero-lozano M, et al. Evaluation of the effect of *Lactobacillus reuteri* V3401 on biomarkers of inflammation and cardiovascular risk in obese adults with metabolic syndrome: a randomized clinical trial (PROSIR) [J]. Clinical Nutrition, 2018, 37: S15
- [16] Gale R T, Li F K K, Sun T J, et al. B. subtilis LytR-CpsA-Psr enzymes transfer wall teichoic acids from authentic lipid-linked substrates to mature peptidoglycan *in vitro* [J]. Cell Chemical Biology, 2017, 24(12): 1537-1546
- [17] Kosseva M, Joshi V K, Panesar P S, et al. Science and Technology of Fruit Wine Production [M]. Academic Press, 2016
- [18] 袁芮,蒋维海,陈建光,等.枸杞醋镇静催眠作用的实验研究[J].北华大学学报(自然科学版),2018,19(5):604-607
YUAN Rui, JIANG Wei-hai, CHEN Jian-guang, et al. Experimental study on sedative and hypnotic effects of medlar vinegar [J]. Journal of Beihua University (Natural Science Edition), 2018, 19(5): 604-607
- [19] 王恭堂.白兰地工艺学(1版)[M].中国轻工业出版社,2002
WANG Gong-tang. Brandy Technology (1 Edition) [M]. China Light Industry Press, 2002
- [20] 孙红梅,王金枝,张春晖,等.应用模糊数学优化鸡骨素美拉德反应工艺[J].中国食品学报,2014,14(6):74-80
SUN Hong-mei, WANG Jin-zhi, ZHANG Chun-hui, et al. Optimization of Maillard reaction process for chicken osteocalcin by fuzzy mathematics [J]. Acta Food Sinica, 2014, 14(6): 74-80
- [21] 姚瑶,张亚飞,刘晓燕,等.不同产区赤霞珠干红葡萄酒香气成分分析[J].中国酿造,2019,38(7):178-183
YAO Yao, ZHANG Ya-fei, LIU Xiao-yan, et al. Analysis of aroma components of Cabernet sauvignon dry red wine from different regions [J]. Brewed in China, 2019, 38(7): 178-183
- [22] 周立华,牟德华,张哲琦,等.GC-MS 分析灯笼果果汁和果酒的香气成分[J].酿酒科技,2015,8:126-130,134
ZHOU Li-hua, MOU De-hua, ZHANG Zhe-qi, et al. Analysis of aroma components in fruit juice and wine of lantern fruit by GC-MS [J]. Brewing Technology, 2015, 8: 126-130, 134
- [23] 宋晶晶,王犁焯,赵昊,等.不同品种葡萄皮渣蒸馏酒挥发性香气成分分析[J].中国酿造,2020,39(6):124-132
SONG Jing-jing, WANG Li-ye, ZHAO Hao, et al. Analysis of volatile aroma components in different grape pomace distilled wine [J]. Chinese Brewing, 2020, 39(6): 124-132
- [24] 王鹏,张浩,何莲,等.基于 SPME-GC-MS 川式烧烤酱风味异同比较[J].中国调味品,2019,44(11):143-147
WANG Peng, ZHANG Hao, HE Lian, et al. Comparison of Sichuan style barbecue sauce flavor based on SPME-GC-MS [J]. Chinese Condiment, 2019, 44(11): 143-147
- [25] 蒋锡龙,李彦奎.桃白兰地特征香气成分 GC-MS 分析[J].中外葡萄与葡萄酒,2014,39(5):32-35
JIANG Xi-long, LI Yan-kui. Analysis of characteristic aroma components of peach brandy by GC-MS [J]. Chinese and Foreign Grape and Wine, 2014, 39(5): 32-35
- [26] 唐国冬,廖欣怡,郑雅轩,等.低温对赤霞珠葡萄香气和单体酚含量的影响[J].食品科学,2017,38(20):55-61
TANG Guo-dong, LIAO Xin-yi, ZHENG Ya-xuan, et al. Effect of low temperature on aroma and monomer phenol content of Cabernet sauvignon [J]. Food Science, 2017, 38(20): 55-61
- [27] 王鑫,梁艳英,李娜娜,等.杨凌地区主要葡萄蒸馏酒的香气成分分析[J].中国酿造,2018,37(7):161-167
WANG Xin, LIANG Yan-ying, LI Na-na, et al. Analysis of aroma components of main grape distilled wine in Yangling

- area [J]. Chinese Brewing, 2018, 37(7): 161-167
- [28] 李娜娜,束廷廷,梁艳英,等.不同采收期对爱格丽葡萄酒及蒸馏酒香气成分的影响[J].食品科学,2018,39(2):215-221
LI Na-na, SHU Ting-ting, LIANG Yan-ying, et al. Effects of different harvest time on aroma components of egli wine and distilled wine [J]. Food Science, 2018, 39(2): 215-221
- [29] 朱娟娟,马海军,李敏,等.不同酿酒酵母共发酵对干红葡萄酒理化特性和香气组分的影响[J].食品与发酵工业, 2020,46(2):194-202
ZHU Juan-juan, MA Hai-jun, LI Min, et al. Effects of different *Saccharomyces cerevisiae* co fermentation on physicochemical properties and aroma components of dry red wine [J]. Food and Fermentation Industry, 2020, 46(2): 194-202
- [30] 祝霞,王媛,刘琦,等.混菌发酵对贵人香低醇甜白葡萄酒的香气影响[J].食品与发酵工业,2019,45(4):95-102
ZHU Xia, WANG Yuan, LIU Qi, et al. Effects of mixed fermentation on the aroma of Guirenxiang low alcohol sweet white wine [J]. Food and Fermentation Industry, 2019, 45(4): 95-102
- [31] Munozgonzalez C, Rodriguezbencomo J J, Morenoarribas M V, et al. Beyond the characterization of wine aroma compounds: looking for analytical approaches in trying to understand aroma perception during win consumption [J]. Analytical and Bioanalytical Chemistry, 2011, 401: 1497-1512
- [32] 谢克林,冯涛,庄海宁,等.外源可发酵糖对葡萄酒挥发性化合物的影响[J].食品科学,2016,37(18):113-119
XIE Ke-lin, FENG Tao, ZHUANG Hai-ning, et al. Effect of exogenous fermentable sugar on volatile compounds in wine [J]. Food Science, 2016, 37(18): 113-119

(上接第 119 页)

- [19] Chaudhary N, Sabikkhi L, Hussain S A, et al. A comparative study of the antioxidant and ACE inhibitory activities of selected herbal extracts [J]. Journal of Herbal Medicine, 2020, 22: 100343
- [20] Pires T C S P, Dias M I, Barros L, et al. Edible flowers as sources of phenolic compounds with bioactive potential [J]. Food Research International, 2018, 105(MAR.): 580-588
- [21] 李想,段晶晶,罗小宁,等.依据理化性质分析牡丹花色形成的影响因素[J].东北林业大学学报,2019,47(3):40-45
LI Xiang, DUAN Jing-jing, LUO Xiao-ning, et al. Influencing factors of peony flower color formation based on physical and chemical properties [J]. Journal of Northeast Forestry University, 2019, 47(3): 40-45

(上接第 289 页)

- [28] 黄文博,谢晶,罗超,等.冷链物流中温度波动对美国红鱼品质变化的影响[J].食品科学,2016,37(18):268-274
HUANG Wen-bo, XIE Jing, LUO Chao, et al. The influence of temperature fluctuations in cold chain logistics on quality changes of American redfish [J]. Food Science, 2016, 37(18): 268-274
- [29] 倪冬冬,韩隽帆,李洪军,等.不同运输条件对脆皮肠贮藏特性的影响[J].食品科学,2015,36(14):228-231
NI Dong-dong, HAN Jun-fan, LI Hong-jun, et al. Effects of different transportation conditions on the storage characteristics of crispy sausage [J]. Food Science, 2015, 36(14): 228-231
- [30] 曾媛媛,周然,蒋春啟,等.不同等级道路运输振动对哈密瓜品质的影响[J].农业工程学报,2017,33(9):282-289
ZENG Yuan-yuan, ZHOU Ran, JIANG Chun-qi, et al. The effect of different levels of road transportation vibration on the quality of cantaloupe [J]. Transactions of the Chinese Society of Agricultural Engineering, 2017, 33(9): 282-289
- [31] 周然,曾媛媛.不同等级道路的运输振动对哈密瓜贮藏过程中抗氧化系统的影响[J].食品科学,2018,39(9):176-181
ZHOU Ran, ZENG Yuan-yuan. The effect of transportation vibration of different grades of roads on the antioxidant system of cantaloupe during storage [J]. Food Science, 2018, 39(9): 176-181