

不同品种梨制备的陈酿梨酒品质分析及抗氧化活性

尹子迎^{1,2}, 赵江丽¹, 刘金龙², 赵国群², 关军锋^{1*}

(1.河北省农林科学院 生物技术与食品科学研究所, 河北 石家庄 050031;

2.河北科技大学 食品与生物学院, 河北 石家庄 050018)

摘要: 分别以不同品种梨(承德香水、大香水、小香水、苹香、寒香、京白、鸭梨、东广、鸭广)制备梨酒, 测定陈酿3年梨酒的理化指标(色度、pH值、可滴定酸、可溶性固形物、总酚、总黄酮)、抗氧化活性(1,1-二苯基-2-三硝基苯肼自由基(DPPH·)、羟基自由基(·OH)清除率及Fe³⁺还原力)、挥发性风味物质及滋味等, 并对结果进行描述性统计分析(DSA)及主成分分析(PCA)。结果表明, 陈酿梨酒品质排名前三依次为: 小香水梨酒、东广梨酒、苹香梨酒。小香水梨酒的滋味协调, 颜色较浅, 总黄酮含量最高(997.23 mg/L), Fe³⁺还原力最强(OD_{700nm}值=1.899); 东广梨酒酸味较弱, 总酚含量最高(901.93 mg/L), DPPH·清除率最高(48.07%); 苹香梨酒的滋味协调, 颜色最浅, ·OH清除率较高(92.75%), 挥发性风味物质最多(36种)。因此, 小香水、东广、苹香是制备梨酒的最适品种。

关键词: 梨; 品种; 陈酿梨酒; 品质分析; 抗氧化活性

中图分类号: TS262.7

文章编号: 0254-5071(2023)05-0113-06

doi:10.11882/j.issn.0254-5071.2023.05.017

引文格式: 尹子迎, 赵江丽, 刘金龙, 等. 不同品种梨制备的陈酿梨酒品质分析及抗氧化活性[J]. 中国酿造, 2023, 42(5): 113-118.

Quality analysis and antioxidant activity of aged pear wine prepared with different pear varieties

YIN Ziying^{1,2}, ZHAO Jiangli¹, LIU Jinlong², ZHAO Guoqun², GUAN Junfeng^{1*}

(1. Institute of Biotechnology and Food Science, Hebei Academy of Agriculture and Forestry Sciences, Shijiazhuang 050031, China;

2. College of Food and Biology, Hebei University of Science and Technology, Shijiazhuang 050018, China)

Abstract: Using different pear varieties (Chengdeshangshui, Daxiangshui, Xiaoxiangshui, Pingxiang, Hanxiang, Jingbai, Yali, Dongguang, Yaguang), pear wines were prepared, and the physicochemical indexes (color, pH, titratable acids, soluble solids, total phenols, total flavonoid), antioxidant capacity (1,1-diphenyl-2-picrylhydrazyl free radical (DPPH·), hydroxyl free radical (·OH) scavenging rate and Fe³⁺ reducing capacity), volatile components and taste were determined in the 3-year-aged wines. The results were analyzed by descriptive statistical analysis (DSA) and principal component analysis (PCA). The results showed that the top three aged pear wines in terms of quality in order were Xiaoxiangshui, Dongguang, and Pingxiang. The Xiaoxiangshui pear wine had a harmonious taste, light color, the highest total flavonoids content (997.23 mg/L), and the strongest reducing power of Fe³⁺ (OD_{700nm} value=1.899). The Dongguang pear wine had a weak sour taste, the highest total phenolic content (901.93 mg/L), and the highest DPPH· scavenging rate (48.07%). The Pingxiang pear wine had a harmonious taste, the lightest color, high ·OH scavenging rate (92.75%), and the largest number of volatile components (36 kinds). Therefore, Xiaoxiangshui, Dongguang and Pingxiang could be used as suitable varieties for making pear wine.

Key words: pear; variety; aged pear wine; quality analysis; antioxidant activity

近年来随着人民生活水平的提高和健康理念的普及, 消费者的饮酒观念也发生改变, 果酒在酒水市场的地位逐渐攀升^[1]。果酒品质是消费者选购或复购的重要因素, 是市场核心竞争力。梨酒是以梨为主要原料, 经酿酒微生物发酵制成的, 其含有多种维生素和矿物质、丰富的氨基酸、大量多酚类和黄酮类等植物化合物^[2-3], 以及醇类、醛类、酯类等香气物质^[4]; 具有增强免疫力、抗氧化、抗衰老、降血脂、降血压, 促进血液循环^[5]、维持和调节人体的生理机能^[6]等诸多功效。

原料是决定梨酒品质的首要因素, 但我国并没有梨酒酿造专用品种。针对不同品种梨制备的梨酒研究多为品质

对比, 如李丽梅等^[7]对11个品种梨酒的酚类物质及1,1-二苯基-2-苦基肼(1,1-diphenyl-2-picrylhydrazide, DPPH)自由基清除率进行比较, 发现南果梨酒酚类物质含量最高, DPPH自由基清除率最高; 李丽梅等^[8]对8个品种梨酒的挥发性风味成分分析比较, 发现香水梨酒的挥发性成分种类最多(16种); 王景涛等^[9]对8个品种梨酒的色度、还原糖、总糖、可滴定酸、单宁及多酚含量和酒精度进行测定, 发现五九香梨酒的糖、酸、单宁含量在8种梨酒中均处于较高水平, 色泽和澄清度均最好, 果香浓郁, 综合品质最好; 赵国群等^[10]对6个品种梨酒的理化指标、有机酸含量和抗氧化活性等20项指标进行测定, 结果表明, 南果梨酒品质最优。目前

收稿日期: 2022-09-19

修回日期: 2022-11-21

基金项目: 国家现代农业产业技术体系资助项目(CARS-28-23)

作者简介: 尹子迎(1995-), 女, 硕士研究生, 研究方向为发酵与酿造工艺。

*通讯作者: 关军锋(1966-), 男, 研究员, 博士, 研究方向为果实贮藏加工。

研究不同梨品种对梨酒品质及抗氧化活性的影响尚存在评价体系不够全面等问题。

本研究利用不同梨品种(承德香水、大香水、小香水、苹香、寒香、京白、鸭梨、东广、鸭广)制备梨酒,分别测定陈酿3年梨酒的理化指标(色度、pH值、可滴定酸、可溶性固形物、总酚、总黄酮含量)、抗氧化活性(DPPH自由基、 $\cdot\text{OH}$ 清除率及 Fe^{3+} 还原力),并通过顶空固相微萃取-气相色谱-质谱联用(headspace solid phase microextraction-gas chromatography-mass spectrometry, HS-SPME-GC-MS)技术对其挥发性风味物质进行定性与定量分析,利用电子舌技术测定其滋味,并对结果进行描述性统计分析(descriptive statistical analysis, DSA)及主成分分析(principal component analysis, PCA)。本研究旨在对不同品种梨制备的陈酿梨酒进行品质及抗氧化活性评价,为陈酿梨酒专用梨果的原料筛选提供依据。

1 材料与方法

1.1 材料与试剂

1.1.1 原料

陈酿三年的承德香水梨酒(CDXS)、大香水梨酒(DXS)、东广梨酒(DG)、寒香梨酒(HX)、京白梨酒(JB)、苹香梨酒(PX)、小香水梨酒(XXS)、鸭广梨酒(YG)、鸭梨酒(YL):河北科技大学食品与生物学院酿制。白砂糖:市售;酿酒酵母(*Saccharomyces cerevisiae*):安琪酵母股份有限公司。

1.1.2 试剂

没食子酸(纯度>98%):北京百灵威科技有限公司;福林酚(分析纯):北京博奥拓大科技有限公司;碳酸钠、亚硝酸钠、三氯乙酸、焦亚硫酸钾(均为分析纯):天津市大茂化学试剂厂;芦丁(纯度>98%):西格玛奥德里齐(上海)贸易有限公司;硝酸铝(分析纯):生工生物工程(上海)股份有限公司;氢氧化钠(分析纯):天津市大陆化学试剂厂;磷酸氢二钾、无水乙醇(均为分析纯):天津市永大化学试剂有限公司;葡萄糖(分析纯):上海易恩化学试剂有限公司;DPPH(分析纯):北京酷来搏科技有限公司;铁氰化钾、氯化铁(均为分析纯):北京索莱宝生物科技有限公司。

1.2 仪器与设备

214DDFBA电子天平:赛多利斯科学仪器有限公司;HU24FR3L榨汁机:韩国惠人株式会社;MJ-500-II恒温生化培养箱:上海一恒科学仪器有限公司;ST3100 pH计:奥豪斯集团有限公司;PAL-1手持型折光仪:爱拓科学仪器有限公司;DK-98-II电热恒温水浴锅:泰斯特(天津)科技有限公司;CR22G III离心机:日立(中国)有限公司;UV2700紫外分光光度计:岛津(上海)实验器材有限公司;SA402B味觉分析系统:日本INSENT公司;GCMS-TQ8040气相色谱-质谱联用仪:株式会社岛津制作所。

1.3 方法

1.3.1 梨酒加工工艺流程及操作要点

梨挑选、清洗、切块→护色→榨汁→调配→接菌→发酵→澄清→灭菌→陈酿→梨酒成品

操作要点:新鲜梨经过挑选、清洗、切块,加入1 g/L抗坏血酸护色,经榨汁机榨汁后,添加白砂糖调初始糖度至20°Bx,添加焦亚硫酸钾(SO_2 含量60 mg/L),加入2%酿酒酵母,静置于28℃条件下静置发酵,发酵液中残糖<4.0 g/L时,添加62.5 mg/L焦亚硫酸钾终止发酵,离心并过滤去除沉淀物,得到梨酒。将梨酒置于密闭玻璃瓶中,于18~20℃条件下避光陈酿3年,即得陈酿梨酒成品。

1.3.2 理化指标测定

可溶性固形物含量:采用手持型折光仪测定;pH:采用pH计测定;可滴定酸含量:采用酸碱滴定法^[11]测定;酒精度:采用重铬酸钾氧化法^[12]测定;样品色度:测定样品在波长420 nm、520 nm、620 nm条件下的光密度(optical density, OD)值之和($\text{OD}_{420\text{ nm}}$ 值+ $\text{OD}_{520\text{ nm}}$ 值+ $\text{OD}_{620\text{ nm}}$ 值);还原糖含量:采用3,5-二硝基水杨酸(3,5-dinitrosalicylic acid, DNS)比色法^[13]测定;总酚含量:采用Folin-Dennis比色法^[14]测定;总黄酮含量:采用杨彩媚等^[15]的方法测定。

1.3.3 抗氧化能力测定

DPPH自由基清除率:参考YOKOZAWA T等^[16]的方法测定;羟基自由基清除率:参考孙美玲等^[17]的方法测定; Fe^{3+} 还原力:参考黄仁术等^[18]的方法测定。

1.3.4 挥发性风味物质测定

挥发性风味物质测定采用HS-SPME-GC-MS法。

样品预处理:取待测样5.0 mL于20 mL顶空瓶中,加入NaCl 2.0 g,加入1 $\mu\text{g/mL}$ 3-壬酮200 μL , 45℃条件下平衡10 min。将萃取头插入顶空瓶中,45℃条件下萃取40 min后取出,插入GC-MS进样口,250℃条件下解吸5 min。

HS-SPME条件:萃取头调节温度250℃,调节时间7 min;样品加热温度40℃,加热时间30 min;搅拌器旋转速度250 r/min,脱附时间3 s;程序周期83 min。

GC-MS条件:SH-Rxi-5Sil-MS色谱柱(0.25 mm $\times$ 30 m, 0.25 μm);升温程序:40℃保持1 min,以2℃/min升温至100℃保持2 min,以5℃/min升温至250℃保持5 min,进样口温度250℃,载气为氦气(He),流速1 mL/min,不分流进样。电子电离(electronic ionization, EI)源,电子能量70 eV,离子源温度230℃,扫描范围:35~500 m/z。

定性与定量方法:GC-MS测定结果通过美国国家标准技术研究所(national institute of standards and technology, NIST)17谱库进行检索,并结合保留指数进行定性分析,采用内标法(3-壬酮,质量浓度为1 $\mu\text{g/mL}$)进行定量分析。

1.3.5 滋味测定

滋味采用电子舌测定。取待测样30.0 mL于品尝杯中,电子舌6个传感器及其特性见表1。

表1 电子舌传感器及其特性

Table 1 Electronic tongue sensor and its characteristics

传感器名称	C00	AE1	GL1	AAE	CT0	CA0
基本味觉	苦	涩	甜	鲜	咸	酸

1.3.6 数据处理

使用Excel 2016进行数据统计,使用SPSS 22.0软件进行数据分析,使用Origin 2021软件进行绘图。

2 结果与分析

2.1 不同梨品种制备梨酒的理化指标比较

由表2可知,不同梨品种制备的9种梨酒的理化指标的变异系数均>10%,说明其离散程度大,差异明显。检验表明,不同品种梨酒之间有显著性差异($P<0.05$)。其中,可滴

定酸的变异系数最大(58.38%),小香水梨制备的梨酒的可滴定酸含量最高(8.56 g/L),鸭广梨制备的梨酒的可滴定酸含量最低(1.81 g/L);其次为还原糖的变异系数(56.62%),苹香梨制备的梨酒的还原糖含量最高(10.54 g/L),鸭梨制备的梨酒的还原糖含量最低(1.14 g/L);颜色是评价食物或饮料质量的第一感官指标^[9],鸭广制备的梨酒颜色最深($OD_{420\text{ nm}}$ 值+ $OD_{520\text{ nm}}$ 值+ $OD_{620\text{ nm}}$ 值=3.53),苹香梨制备的梨酒的颜色最浅($OD_{420\text{ nm}}$ 值+ $OD_{520\text{ nm}}$ 值+ $OD_{620\text{ nm}}$ 值=1.53);鸭梨制备的梨酒的可溶性固形物含量最高(9.7 °Bx),大香水梨制备的梨酒的可溶性固形物含量最低(6.5 °Bx);鸭梨制备的梨酒酒精度最高(22.6%vol),承德香水梨制备的梨酒酒精度最低(15.6%vol)。

表2 不同梨品种制备梨酒的理化指标测定结果

Table 2 Determination results of physicochemical indexes of pear wines prepared by different pear varieties

梨品种	色度	酒精度/%vol	pH值	可溶性固形物/°Bx	可滴定酸/(g·L ⁻¹)	还原糖/(g·L ⁻¹)	总酚含量/(mg·L ⁻¹)	总黄酮含量/(mg·L ⁻¹)
承德香水	3.17c	15.6h	4.30f	7.73d	2.51f	3.89g	695.09d	329.18d
大香水	3.35b	19.1f	3.77g	6.47f	4.31c	5.35d	512.35g	544.01c
东广	3.33b	21.7b	4.45b	8.93b	3.31d	8.98b	901.93a	799.03b
寒香	2.26e	20.8e	4.32e	7.77d	2.56e	4.57e	466.77h	149.00e
京白	2.36d	16.8g	4.37d	8.70b	2.19h	1.53h	897.32b	164.93e
苹香	1.53h	21.1d	3.43h	7.13e	6.85b	10.54a	521.55f	115.04f
小香水	2.03g	21.7b	3.33i	7.70d	8.56a	7.63c	669.01e	997.23a
鸭广	3.53a	21.5c	4.61a	8.03c	1.81i	4.26f	859.64c	337.49d
鸭梨	2.11f	22.6a	4.40c	9.67a	2.23g	1.14i	386.14i	93.56g
均值	2.63	20.1	4.12	8.01	3.82	5.32	656.64	392.16
变异系数/%	25.88	11.43	10.81	11.36	58.38	56.62	28.22	77.82

注:同一列数值后小写字母不同,表示该指标在不同品种间存在显著差异($P<0.05$)。

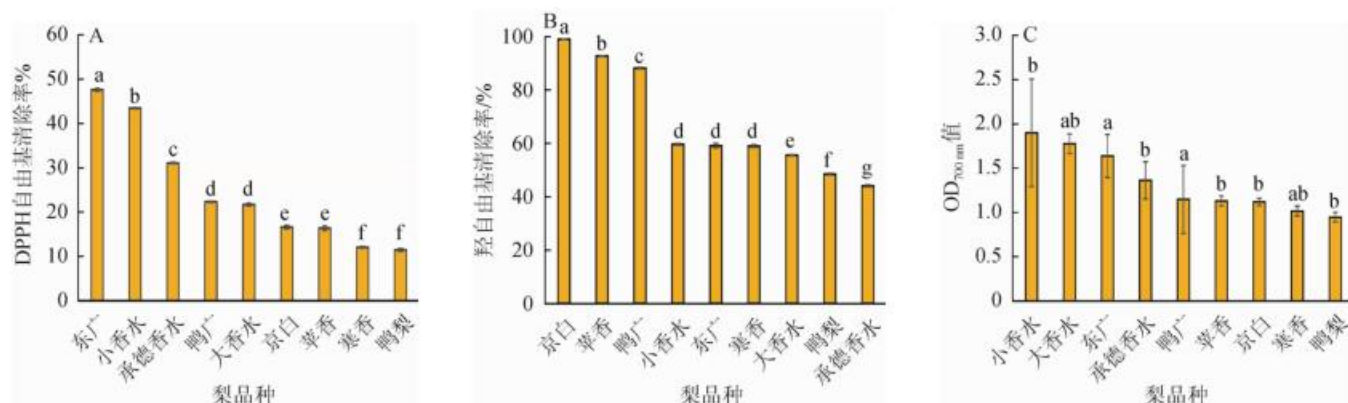
梨酒中还含有大量酚酸类和黄酮类等多酚类物质,是果酒的主要抗氧化成分^[20],果酒抗氧化能力的差异主要由酚类和黄酮类物质的组成与含量以及它们之间的协同作用造成^[21]。东广梨制备的梨酒的总酚含量最高(901.93 mg/L),鸭梨制备的梨酒的总酚含量最低(386.14 mg/L)。小香水梨制备的梨酒的总黄酮含量最高(997.23 mg/L),鸭梨制备

的梨酒的总黄酮含量最低(93.56 mg/L)。

从不同梨品种制备的9种梨酒的理化指标测定结果来看,小香水、东广、苹香更适合制备梨酒。

2.2 不同梨品种制备梨酒的抗氧化能力比较

不同品种制备的9种陈酿梨酒的DPPH自由基清除率、羟基自由基清除率、Fe³⁺还原力测定结果见图1。



字母不同表示该指标在不同品种间存在显著差异($P<0.05$)。

图1 不同品种梨制备梨酒的DPPH·(A)、·OH(B)清除率及Fe³⁺还原力(C)Fig. 1 DPPH·(A), ·OH (B) scavenging rates and Fe³⁺ reducing capacity (C) of pear wines prepared by different pear varieties

由图1A可知,东广梨制备的梨酒对DPPH自由基的清除率最高(48.07%),鸭梨制备的梨酒对DPPH自由基的清除率最低(11.98%)。由图1B可知,京白梨制备的梨酒对羟基自由基的清除率最高(98.89%),承德香水梨制备的梨酒对羟基自由基的清除率最低(43.86%)。由图1C可知,小香水梨制备的梨酒对Fe³⁺的还原力最强(OD_{700nm}值=1.897),鸭梨制备的梨酒对Fe³⁺的还原力最弱(OD_{700nm}值=0.947)。

从不同梨品种制备的9种梨酒的抗氧化活性测定结果来看,小香水、东广和鸭广更适合制备梨酒。

2.3 不同梨品种制备梨酒的挥发性风味物质比较

香气是果酒品质的重要指标之一,由大量挥发性芳香物质组成,决定果酒的风味特征和典型性^[22]。利用HS-SPME-GC-MS测定不同梨品种制备的陈酿梨酒挥发性物质,结果见图2。

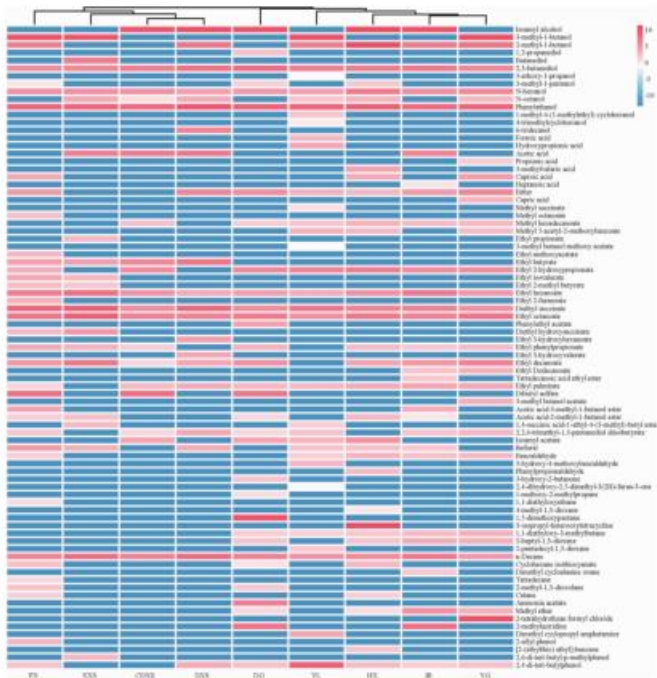


图2 不同品种梨制备梨酒挥发性风味物质热图

Fig. 2 Heat map of volatile flavor components in pear wines prepared by different pear varieties

由图2可知,总共检出挥发性物质83种,包含31种酯类物质,14种醇类物质,14种烷烃类物质,9种酸类物质,6种醛酮类物质以及9种其他物质。其中苹香梨制备的梨酒含有挥发性物质种类最多,有36种;承德香水梨制备的梨酒含有挥发性物质种类最少,有19种。不同梨品种制备的9种陈酿梨酒的挥发性成分种类由多到少排序为:苹香(36种)>寒香、鸭梨(34种)>东广(32种)>京白(30种)>鸭广(29种)>小香水(22种)>大香水(21种)>承德香水(19种)。不同梨品种制备的9种陈酿梨酒的挥发性成分含量由高到低排序为:寒香(8 629.91 μg/L)>鸭广(4 603.9 μg/L)>东广(4 475.41 μg/L)>大香水(4 323.85 μg/L)>小香水

(3 541.46 μg/L)>鸭梨(3 404.31 μg/L)>苹香(3 361.78 μg/L)>京白(3 116.88 μg/L)>承德香水(2 367.66 μg/L)。

在梨酒挥发性物质中,2,3-丁二醇,正己醇,苯乙醇,己酸乙酯,丁二酸二乙酯,辛酸乙酯,十烷为9种梨酒共有,这些香气成分对梨酒香气的贡献较大,占比范围在14.7%~45.5%。6-十三醇、3-羟基己酸乙酯、3-羟基戊酸乙酯是大香水梨制备的梨酒中特有;1,2-丙二醇(微甜味)、3-羟基-2-丁酮(奶油香味)、1-甲氧基-2-甲基丙烷、1,5-二甲氧基戊烷、醋酸氨(醋酸味)是东广梨制备的梨酒中特有;3-甲基戊酸(酸、药草、青香味)、苯丙醛(风信子香)、4-甲基-1,3-二氧杂环己烷、3-异丙基-杂氧四环、[2-(乙硫基)乙基]-苯是寒香梨制备的梨酒中特有;庚酸(脂肪样气味)、十四酸乙酯、二甲基-环丙氨酸氧烷是京白梨制备的梨酒中特有;辛酸甲酯(甜橙味)、甲氧基乙酸乙酯、2-呋喃甲酸乙酯、1,1-二乙氧基乙烷、十四烷、2-烯丙基酚是苹香梨制备的梨酒中特有;丁二醇、丙酸乙酯(菠萝味)、2,6-二叔丁基对甲基苯酚是小香水梨制备的梨酒中特有;丙酸(刺激气味)、癸酸(脂肪香、奶香)、3-甲基丁醇乙酸酯、2-四氢呋喃甲酰氯是鸭广梨制备的梨酒中特有;3-乙氧基-1-丙醇、1-甲基-4-(1-甲基乙基)环己醇、4-三甲基环己醇、甲酸(刺激气味)、羟基丙酸、5-乙酰基-2-甲氧基苯甲酸甲酯、丁二酸甲酯(水果香)、3-甲基丁醇甲氧基乙酸酯、3-羟基-4-甲氧基苯甲醛、2,4-二羟基-2,5-二甲基-3-呋喃-3-酮、2-十五烷基-1,3-二氧七环、二甲基-环丙基苯丙胺是鸭梨制备的梨酒中特有。

从不同梨品种制备的梨酒的挥发性风味成分测定结果来看,寒香、东广和鸭广更适合制备梨酒。

2.4 不同梨品种制备梨酒的滋味比较

滋味是梨酒品质评价的主要指标之一。传统的感官分析存在主观性强、结果重复性差等缺点^[23-24]。电子舌因其操作简单、灵敏度高、准确客观是目前滋味评价的常用方法之一^[25-27]。利用电子舌6个传感器对9种陈酿梨酒滋味进行分析测定,结果见图3。

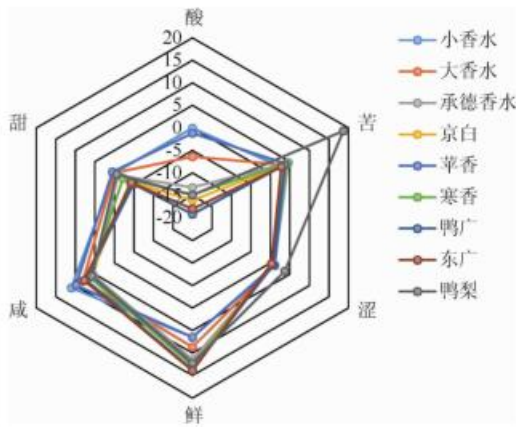


图3 不同品种梨制备梨酒滋味电子舌分析结果

Fig. 3 Analysis results of electronic tongue for taste of pear wines prepared by different pear varieties

由图3可知,东广梨制备的梨酒的鲜味最突出;鸭梨制备的梨酒的苦味和涩味最突出;小香水酒、苹香酒和大香水梨制备的梨酒的滋味较均衡。

因此,从不同梨品种制备的9种梨酒的滋味电子舌测定结果来看,小香水、苹香和大香水更适合制备梨酒。

2.5 不同梨品种制备的梨酒各指标主成分分析

对不同梨品种制备的9种陈酿梨酒的理化指标、抗氧化活性、挥发性风味物质含量、滋味等指标进行主成分分析,成分特征值与累计方差贡献率见表3,主成分分析载荷矩阵见表4。

表3 不同梨品种制备的梨酒成分特征值与累计方差贡献率
Table 3 Eigenvalues of component and cumulative variance contribution rates of pear wines prepared by different pear varieties

成分	初始特征值		
	特征值	方差贡献率/%	累计方差贡献率/%
1	7.291	40.504	40.504
2	4.512	25.066	65.571
3	1.921	10.67	76.241
4	1.749	9.718	85.959
5	1.044	5.8	91.759
6	0.992	5.51	97.268
7	0.382	2.121	99.39
8	0.11	0.61	100
9	3.28E-16	1.82E-15	100
10	2.11E-16	1.17E-15	100
11	1.82E-16	1.01E-15	100
12	8.75E-17	4.86E-16	100
13	1.10E-17	6.10E-17	100
14	-2.54E-17	-1.41E-16	100
15	-1.28E-16	-7.08E-16	100
16	-1.97E-16	-1.10E-15	100
17	-2.65E-16	-1.47E-15	100
18	-3.22E-16	-1.79E-15	100

表4 不同梨品种制备的梨酒品质的主成分分析载荷矩阵
Table 4 Principal component analysis loading matrix of quality of pear wines prepared by different pear varieties

指标	主成分				
	PC1	PC2	PC3	PC4	PC5
可滴定酸	0.972	-0.058	0.123	0.076	-0.125
pH	-0.966	0.215	0.086	0.022	0.078
酸	0.946	-0.281	-0.100	-0.060	-0.075
鲜	-0.926	0.295	0.116	0.098	0.136
咸	0.894	0.143	0.172	0.293	-0.218
还原糖	0.733	0.295	0.035	0.344	-0.064
甜	0.680	-0.634	-0.064	-0.231	0.189
Fe ³⁺ 还原力	0.670	0.530	0.221	-0.260	0.325

续表

指标	主成分				
	PC1	PC2	PC3	PC4	PC5
总酚	-0.219	0.852	0.091	-0.148	-0.399
涩	-0.174	-0.812	0.473	-0.144	0.023
苦	-0.391	-0.761	0.487	-0.111	0.058
DPPH自由基清除率	0.403	0.712	0.468	-0.193	0.129
色度	-0.377	0.689	-0.003	-0.169	0.281
总黄酮	0.552	0.618	0.455	-0.077	0.260
可溶性固形物	-0.618	-0.126	0.669	-0.052	-0.124
挥发性风味物质	-0.184	0.023	-0.279	0.748	0.526
酒精度	0.165	-0.192	0.609	0.739	0.034
羟基自由基清除率	-0.359	0.355	0.014	0.412	-0.431

由表3可知,前5个主成分累计方差贡献率(91.759%)>85%,且特征值均>1。因此,前5个主成分可基本反映样品的整体信息。

由表4可知,可滴定酸含量、可溶性固形物、酒精度、总酚含量、DPPH自由基清除率、挥发性物质含量、酸味、咸味是评价9种陈酿梨酒品质的主要指标。

采用回归方法将5个主成分表示为18个指标的线性形式,主成分得分函数分别为:

$$F_1=0.360X_1-0.358X_2+0.350X_3-0.342X_4+0.331X_5+0.271X_6+0.252X_7+0.248X_8-0.081X_9-0.064X_{10}-0.145X_{11}+0.149X_{12}-0.140X_{13}+0.204X_{14}-0.229X_{15}-0.068X_{16}+0.061X_{17}-0.133X_{18}$$
$$F_2=-0.027X_1+0.101X_2-0.132X_3+0.138X_4+0.067X_5+0.138X_6-0.298X_7+0.249X_8+0.401X_9-0.382X_{10}-0.358X_{11}+0.335X_{12}+0.324X_{13}+0.290X_{14}-0.059X_{15}+0.010X_{16}-0.090X_{17}+0.167X_{18}$$
$$F_3=0.088X_1+0.062X_2-0.072X_3+0.083X_4+0.124X_5+0.025X_6-0.046X_7+0.159X_8+0.065X_9+0.341X_{10}+0.351X_{11}+0.337X_{12}-0.002X_{13}+0.328X_{14}+0.482X_{15}-0.201X_{16}+0.439X_{17}+0.010X_{18}$$
$$F_4=0.057X_1+0.017X_2-0.045X_3+0.074X_4+0.222X_5+0.260X_6-0.175X_7-0.197X_8-0.112X_9-0.109X_{10}-0.084X_{11}-0.146X_{12}-0.128X_{13}-0.058X_{14}-0.039X_{15}+0.566X_{16}+0.559X_{17}+0.314X_{18}$$
$$F_5=-0.122X_1+0.076X_2-0.073X_3+0.133X_4-0.213X_5-0.063X_6+0.185X_7+0.318X_8-0.391X_9+0.023X_{10}+0.057X_{11}+0.126X_{12}+0.275X_{13}+0.254X_{14}-0.121X_{15}+0.515X_{16}+0.033X_{17}-0.422X_{18}$$

式中: $F_1 \sim F_5$ 依次表示主成分1、2、3、4、5; $X_1 \sim X_{18}$ 依次表示可滴定酸、pH、酸、鲜、咸、还原糖、甜、Fe³⁺还原力、总酚、涩、苦、DPPH自由基清除率、色度、类黄酮、可溶性固形物、挥发性风味物质、酒精度、羟基自由基清除率。

按照各公因子对应的方差贡献率为权数计算综合统计量为: $F=0.441F_1+0.273F_2+0.116F_3+0.106F_4+0.063F_5$ 。

按照综合因子得分,对9梨酒的品质进行排序,结果见表5。由表5可知,不同梨品种制备的9种陈酿梨酒得分由高到低依次为:小香水、东广、苹香、大香水、鸭广、承德香水、寒香、京白、鸭梨。因此,小香水梨、东广梨和苹香梨更适合作制备陈酿梨酒的专用品种。

表5 不同梨品种制备的梨酒的综合得分与排名

Table 5 Comprehensive score and ranking of pear wine prepared by different varieties

品种	F_1	F_2	F_3	F_4	F_5	F	排名
小香水	4.79	0.63	1.36	-0.06	-0.07	2.43	1
东广	-0.47	3.16	1.73	0.33	0.64	0.93	2
苹香	3.32	-1.93	-0.96	0.83	-1.36	0.83	3
大香水	1.89	0.09	-1.02	-0.67	1.25	0.75	4
鸭广	-2.59	2.01	0.06	1.46	-1.16	-0.50	5
承德香水	-0.85	0.54	-0.91	-2.3	0.23	-0.56	6
寒香	-1.41	-0.9	-1.53	1.94	1.38	-0.75	7
京白	-2.21	0.47	-0.88	-1.22	-1.09	-1.15	8
鸭梨	-2.49	-4.07	2.14	-0.31	0.19	-1.98	9

3 结论

根据对不同梨品种制备的9种陈酿梨酒的各项指标结果进行分析,得到综合得分与排名显示前三名依次为:小香水梨酒、东广梨酒、苹香梨酒。其中,小香水梨制备的梨酒的滋味协调,颜色较浅,总黄酮含量最高(997.23 mg/L), Fe^{3+} 还原力最强(OD_{700nm} 值=1.899),丁二醇、2,6-二叔丁基对甲基苯酚和丙酸乙酯是小香水梨制备的梨酒中特有;东广梨制备的梨酒酸味较弱,总酚含量最高(901.93 mg/L),DPPH自由基清除率最高(48.07%),1-甲氧基-2-甲基丙烷、1,5-二甲氧基戊烷、1,2-丙二醇、3-羟基-2-丁酮、醋酸氨是东广梨梨制备的梨中特有;苹香梨制备的梨酒滋味协调,颜色最浅,还原糖含量最高(10.54 g/L),羟基自由基清除率较高(92.75%),挥发性风味物质最多(36种),其中辛酸甲酯、甲氧基乙酸乙酯、2-呋喃甲酸乙酯、1,1-二乙氧基乙烷、十四烷、2-烯丙基酚是苹香梨制备的梨酒特有。因此,小香水梨、东广梨和苹香梨更适合作为梨酒的专用品种。

参考文献:

- [1] 章玉. 未来10年我国果酒市场将达到千亿规模[N]. 中国食品报, 2020-08-17(007).
- [2] 赵广河, 胡梦琪, 陆玺文, 等. 发酵果酒加工工艺研究进展[J]. 中国酿造, 2022, 41(4): 27-31.
- [3] 杜忠闲, 郑建莉. 果酒的营养成分及其发展分析研究[J]. 江西化工, 2011(2): 23-26.
- [4] 张倩茹, 殷龙龙, 尹蓉, 等. 果酒主要成分及其功能性研究进展[J]. 食品与机械, 2020, 36(4): 226-230, 236.
- [5] 杨艳, 邹洪涛, 陈世军. 我国天然果酒的研究与开发[J]. 酿酒科技, 2006(10): 82-85.
- [6] 韦唯, 江帆, 袁振辉, 等. 不同发酵方式对刺梨果酒品质的影响[J]. 食品科技, 2020, 45(3): 105-113.
- [7] 李丽梅, 冯云霄, 何近刚, 等. 不同品种梨果实酿制的梨酒中酚类物质及其抗氧化能力比较[J]. 食品与机械, 2019, 35(2): 153-156, 172.
- [8] 李丽梅, 郑振山, 何近刚, 等. 不同品种梨酒挥发性成分的SPME-GC-MS结果比较[J]. 食品工业科技, 2016, 37(11): 314-317, 331.
- [9] 王景涛, 李雪梅, 李丽梅. 不同品种梨所酿梨酒的品质比较[J]. 河北农业科学, 2015, 19(6): 87-91.
- [10] 赵国群, 赵一凡, 张晓腾, 等. 基于主成分与聚类分析的梨酒品质分析与综合评价[J]. 中国酿造, 2018, 37(2): 111-116.
- [11] 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, 2008.
- [12] 何川, 章登政, 张俊, 等. 重铬酸钾-DNS比色法测定发酵液中乙醇含量[J]. 生命科学研究, 2013, 17(1): 1-4, 10.
- [13] 赵凯, 许鹏举, 谷广焱. 3,5-二硝基水杨酸比色法测定还原糖含量的研究[J]. 食品科学, 2008, 29(8): 534-536.
- [14] 张娅, 石方剑, 杨有仙. 福林-酚比色法测定葡萄酒中总多酚含量的研究[J]. 中国酿造, 2017, 36(10): 163-166.
- [15] 杨彩媚, 林泽燕, 邹毅辉. 凤柜斗草发酵液总黄酮含量与抗氧化活性研究[J]. 包头医学院学报, 2018, 34(12): 72-74.
- [16] YOKOZAWA T, DONG E, NAKAGAWA T, et al. *In vitro* and *in vivo* studies on the radical-scavenging activity of tea[J]. *J Agr Food Chem*, 1998, 46(6): 2143-2150.
- [17] 孙美玲, 吴杰雄, 李新瑞, 等. 酿酒酵母ZGJ-1在猕猴桃果酒发酵中的研究及应用[J]. 中国酿造, 2020, 39(10): 66-70.
- [18] 黄仁术, 胡晓梦, 何惠利. 大别山野葛根异黄酮超声辅助提取工艺的响应面优化与还原力测定[J]. 中国药理学杂志, 2015, 50(1): 51-57.
- [19] STEFANOWICZ P. Sensory evaluation of food principles and practices [J]. *J Wine Res*, 2013, 24(1): 80-81.
- [20] ZHANG A H, ZENG L W, BO H J, et al. Sulphite-corrected, non-phenolic and phenolic antioxidant capacities of fruit wines profiled by differential Folin-Ciocalteu assay[J]. *Int J Food Sci Technol*, 2021, 57(2): 1259-1272.
- [21] HUBNER A, SOBREIRA F, VETORE NETO A, et al. The synergistic behavior of antioxidant phenolic compounds obtained from winemaking waste's valorization, increased the efficacy of a sunscreen system [J]. *Antioxidants*, 2019, 8(11): 530.
- [22] ROGNSÅ G H, RATHE M, PETERSEN M A, et al. From wine to wine reduction: Sensory and chemical aspects[J]. *Int J Gastron Food Sci*, 2017, 9: 62-74.
- [23] 袁灿, 何莲, 胡金祥, 等. 基于电子舌和电子鼻结合氨基酸分析鱼香肉丝调料风味的差异[J]. 食品工业科技, 2022, 43(9): 48-55.
- [24] 易宇文, 胡金祥, 杨进军, 等. 基于电子鼻和气质联用分析郫县豆瓣对鱼香调味汁的风味贡献[J]. 食品与发酵工业, 2019, 45(7): 276-283.
- [25] 邓莉. 电子舌对不同类型酒味觉的辨识研究[J]. 中国酿造, 2018, 37(7): 97-100.
- [26] TIAN X, LI Z J, CHAO Y Z, et al. Evaluation by electronic tongue and headspace-GC-IMS analyses of the flavor compounds in dry-cured pork with different salt content[J]. *Food Res Int*, 2020: 109456.
- [27] WEI Z B, YANG Y N, ZHU L Y, et al. Application of novel nanocomposite-modified electrodes for identifying rice wines of different brands [J]. *RSC Adv*, 2018, 8(24): 13333-13343.