

不同品种樱桃酒品质分析与综合评价

刘 慧, 刘杰超, 李佳秀, 张春岭, 陈大磊, 焦中高*

(中国农业科学院郑州果树研究所, 郑州 450009)

摘要:【目的】建立一套适合樱桃酒品质评价的方法,为筛选适宜果酒加工的樱桃品种提供参考依据。【方法】对11个甜樱桃品种酿造的樱桃酒进行品质、营养物质和抗氧化能力等19项指标的测定,采用描述性统计、主成分分析与聚类分析对樱桃酒品质进行评价。【结果】不同品种樱桃酒19项品质指标均存在显著差异。主成分分析结果显示,前3个主成分的累积方差贡献率为85.736%,反映了樱桃酒品质的绝大部分信息;决定第1主成分数值的主要是酚类物质含量及抗氧化能力;决定第2主成分数值的主要是维生素C、挥发酸、总酸含量;决定第3主成分数值的主要是 a^* 。11个品种樱桃酒品质综合得分最高的是‘早大果’,最低为‘布鲁克斯’。聚类分析将11个樱桃品种聚为4类,结果与主成分得分结果相一致。【结论】找出樱桃酒品质综合评价的3个主成分,初步判定‘早大果’是适宜樱桃酒加工的优良品种,而‘布鲁克斯’不适宜果酒加工。

关键词: 樱桃酒;品质;聚类分析;主成分分析;综合评价

中图分类号:S662.5

文献标志码:A

文章编号:1009-9980(2017)07-0895-10

Quality analysis and comprehensive evaluation of cherry wine fermented from different cultivars

LIU Hui, LIU Jiechao, LI Jiaxiu, ZHANG Chunling, CHEN Dalei, JIAO Zhonggao*

(Zhengzhou Fruit Research Institute, Chinese Academy of Agricultural Sciences, Zhengzhou 450009, Henan, China)

Abstract: 【Objective】 Sweet cherry (*Prunus avium* L.) is one of the most popular fruits because it has an exotic flavor and is a nutrient-rich fruit, with abundant sugars, vitamins, amino acids, organic acids and polyphenols. However, it is a highly perishable fruit with difficulty in storage and transportation and thus often processed into juices and wines. The physicochemical properties and nutritional compounds of fruit wines are directly related to the genetic background of the fruits. Nutritional quality analysis and evaluation of cherry wine are important for cherry breeding and comprehensive utilization. This study was conducted to analyze the nutrient quality of cherry wine made from different cultivars, establish an effective method for cherry wine evaluation, find out the key factors influencing the nutrient quality of cherry wine, and select suitable cherry cultivars for wine processing. 【Methods】 Cherry wines made from 11 cultivars (‘Brooks’ ‘Chunxiu’ ‘Bigarreau Moreau’ ‘Hongdeng’ ‘Hongyan’ ‘Huangmi’ ‘Sunburst’ ‘Summit’ ‘Zaodaguo’ ‘Zaohongzhu’ and ‘23-24’) were used as materials for detecting 19 processing physicochemical characteristics by conventional descriptive statistics, principal component analysis (PCA) and cluster analysis. The differences among cherry wines were analyzed to screen suitable cherry varieties for processing high quality wine. 【Results】 The results showed great differences in wine quality characters among different cherry cultivars. Coefficients of variation (CV) of pH and alcohol content were lower than 10%, but higher CV values were found in other qualities. ‘Zaodaguo’ cherry wine was dark-fuchsia and possessed significantly higher contents of total phenols, flavonoids and anthocyanins, with the highest radi-

收稿日期: 2017-02-04 接受日期: 2017-03-18

基金项目: 中国农业科学院科技创新工程专项(CAAS-ASTIP-2017-ZFRI)

作者简介: 刘慧,女,助理研究员,硕士,研究方向为果品化学与营养。Tel: 0371-65330950, E-mail: liuhui@caas.cn

*通信作者 Author for correspondence. Tel: 0371-65330950, E-mail: jiaozhonggao@caas.cn

cal scavenging ability (DPPH and ABTs) and ferric reducing antioxidant power (FRAP). PCA is a mathematical method to perform a reduction in data dimensionality and allow visualization of underlying structure in experimental data. Based on the major physical and chemical properties of the wines from 11 cultivars, 3 principal components with eigen value >1.000 were extracted to account for the 17 quality parameters after data conversion, and the cumulative variance contribution rate of the 3 principal factors was 85.74%. The variance rate of the first component factor was 57.1% and was related to h value, polyphenolic compounds and antioxidant activities, and was thus considered to be the antioxidant factor. The second principal component was the acidity factor, which was related to vitamin C, volatile acids and total titratable acidity. The third principal component was related to a^* value. According to weight index and synthetic evaluation function of the 3 principal factors, the comprehensive evaluation of quality showed significant difference among wines from different cultivars. Wine from 'Zaodaguo' had the highest composite score of 3.792, followed by wines from 'Hongdeng' '23-24' and 'Zaohongzhu' with score value ranging from 1.039 to 1.650. The higher scores in the wine fermented from these varieties were attributed mainly to richer polyphenols and higher antioxidant capacities. The lowest score was found in the wine from 'Brooks', which had the minimum contents of total phenolics and flavonoids. Polyphenols and antioxidant activities can be used as important indexes for comprehensive evaluation of cherry wine quality. In addition, samples could be grouped on the basis of similarities by cluster analysis based on Euclidean distance. The results displayed 4 well-defined clusters at a Euclidean distance of 5.0, which was consistent with the results of PCA composite score results. Cluster analysis proposed less information than PCA and needed PCA results to assist the evaluation of the advantages and disadvantages of the clusters. In this study, 'Zaodaguo' cherry wine formed one group, possessing the highest antioxidant capacities and most abundant phenolics, flavonoids and anthocyanins, and was thus an excellent cherry cultivar for wine processing. 'Hongdeng', '23-24' and 'Zaohongzhu' cherry wine could be classified as above-average and were clustered in one group. Wines from 'Chunxiu' 'Bigarreau Moreau' 'Sunburst' 'Summit' 'Hongyan' and 'Huangmi' formed one group, which was considered to be of medium quality. 'Brooks' cherry wine formed the fourth group with poor quality.【Conclusion】There were some differences in quality properties of wines among different cultivars. The key factors affecting nutrient quality were the antioxidant ability, hue angle (h), and contents of total phenolics, flavonoids and anthocyanins. These indicators represented the comprehensive cherry wine quality combining appearance, nutrient properties and functional characteristics. The comprehensive evaluation score of 'Zaodaguo' cherry wine was higher than wines from the other cultivars. 'Zaodaguo' 'Hongdeng' '23-24' and 'Zaohongzhu' could be also be good choices for wine fermentation. However, 'Brooks' was not suitable for wine processing. These results can be used to determine cherry cultivars appropriate for wine processing, and can be used as a guide for cherry breeding.

Key words: Cherry wine; Quality; Cluster analysis; Principal component analysis; Comprehensive evaluation

樱桃为蔷薇科樱桃属植物,又名珠桃、含桃,是落叶果树中成熟较早的水果,果实色泽鲜艳、晶莹剔透、风味独特,有'早春第一果'的美称^[1]。甜樱桃果实多汁,富含大量的糖类、维生素、氨基酸、有机酸、微量元素等。此外黄酮类、酚酸类、花色苷等多酚类

物质含量丰富,表现出较强的抗氧化活性和显著的保健功效^[2-5]。因樱桃成熟期短,易腐烂变质,多以鲜食为主,贮藏保鲜技术尚不完善,造成极大的经济损失^[6]。发展樱桃深加工是推动樱桃产业发展的重要举措,其中樱桃酒是较为理想的产品类型。一方面,

高含糖量和高可食率使得甜樱桃适宜进行果酒加工^[7];另一方面,通过发酵可以将樱桃果实中的各种营养成分、香气和色泽都溶入酒体中^[8]。酿制的樱桃酒香气浓郁,色泽美观,营养丰富,且具有促进血液循环、改善心脑血管疾病的保健功效。

原料对果酒的最终品质具有至关重要的作用^[9]。然而国内外关于不同樱桃品种的制酒特异性和适宜性研究很少。有关樱桃酒发酵研究的报道多集中在发酵工艺研究等方面^[6,10-13]。牛云蔚等^[14-15]考察了6种市售樱桃酒产品的抗氧化性能、呈味物质与感官品质等方面的差异。Xiao等^[16]研究了2个产地2种樱桃酒中多酚类物质与抗氧化活性的比较。这些研究均并未涉及不同品种的樱桃作为酿酒原料的制酒特性。笔者以11个甜樱桃品种为原料发酵制酒,分析樱桃酒的理化品质、营养物质及抗氧化能力,利用多指标综合评价方法(聚类分析和主成分分析)进行评价,筛选适宜加工樱桃酒的甜樱桃品种,为樱桃种植及樱桃酒加工品种选择提供参考。

1 材料和方法

1.1 材料

11个樱桃品种为‘布鲁克斯’‘春绣’‘红灯’‘红艳’‘黄蜜’‘莫莉’‘萨米脱’‘艳阳’‘早大果’‘早红珠’‘23-24’,各品种果实均于9成熟采摘(2016年5月10—25日)。因果实品质特性受到品种、立地条件、气候、栽培方式和成熟度等方面的影响,本试验所用樱桃均采摘自新郑市郑州果树研究所大樱桃示范基地,同一园区管理条件和气候相同,确保品质性状的差异主要来源于品种间的差异。

1.2 方法

1.2.1 樱桃酒发酵工艺 参考刘文丽等^[6]的方法略有改动,各品种樱桃果实采摘当天运回实验室,剔除腐烂果、畸形果,选择无机械损伤果,流水冲洗干净后沥干水分,去除果柄、果核。果肉破碎后放入发酵罐中,102℃灭菌10 min,冷却后加入50 mg·L⁻¹的亚硫酸抑制果浆氧化,再加入30 mg·L⁻¹的果胶酶反应6 h,之后接入5%接种量的酿酒酵母种子液,于25℃发酵8 d。发酵完全后过滤,放置30 d澄清。试验均进行3次重复,每个樱桃品种果实随机分成等量3组,分别进行前处理及酒精发酵。测定前酒样经4 000 r·min⁻¹离心10 min,之后取上清液进行测定。

1.2.2 色泽测定 取清澈樱桃酒,用色差计(SP62-

162 色差计,美国爱色丽公司)于室温测定样品的L*、a*、b*值^[17],L*表示酒的亮度;a*值表示果酒中呈色物质的红绿偏向,a*>0偏向红色,a*<0偏向绿色;b*值表示果酒中呈色物质的黄蓝偏向,b*>0偏向黄色,b*<0则偏向蓝色。计算樱桃酒样品的饱和度C*和色调角h。色度值参考李侠^[18]的方法进行测定并计算。

1.2.3 理化指标测定 采用pH计(雷磁pHS-3C型,上海仪电科学仪器股份有限公司)测定样品pH值;酒精度、总糖(以葡萄糖计)、总酸(以酒石酸计)、挥发酸(以乙酸计)、干浸出物、维生素C含量均按照《葡萄酒、果酒通用分析方法》^[19]进行测定。总酚、类黄酮、花色苷含量测定参考Xiao等^[16]的方法:总酚含量以没食子酸含量表示,Folin-Ciocalteu方法测定;类黄酮含量以芦丁含量表示,硝酸铝比色法测定;pH示差法测定花色苷含量,以矢车菊-3-葡萄糖苷的含量表示。

1.2.4 抗氧化能力分析 分别测定不同品种樱桃酒的DPPH自由基清除率^[20]、总抗氧化能力(ABTs自由基清除率)^[20]、铁还原能力(FRAP)^[21]。以上3种抗氧化能力均以Trolox为标准对照,结果表示为样品中抗氧化能力相当的Trolox物质浓度(trolox equivalent antioxidant capacity, TEAC)。DPPH清除力的标准曲线方程为 $y=12.900x-11.731$, $R^2=0.9964$ (Trolox 0~1 200 $\mu\text{mol}\cdot\text{L}^{-1}$); ABTs清除力的标准曲线方程为 $y=0.563x-1.433$, $R^2=0.9968$ (Trolox 0~45 $\mu\text{mol}\cdot\text{L}^{-1}$); FRAP的标准曲线方程为 $y=748.980x+4.212$, $R^2=0.9998$ (Trolox 0~1 200 $\mu\text{mol}\cdot\text{L}^{-1}$)。

总抗氧化能力综合指数评价参照Seeram等^[22]的方法略作修改,用总抗氧化能力综合指数评价不同品种樱桃酒的总抗氧化活性,以3种抗氧化活性测定方法作为基础,并赋予相同的权重。抗氧化能力指数=样品抗氧化能力值/该测定方法下最高抗氧化能力值×100。同一样品3种抗氧化能力指数的平均值即为该品种樱桃酒的总抗氧化能力综合指数。

1.3 数据分析

不同品种樱桃酒的主要品质性状间采用Duncan's新复极差法进行差异显著性检验。因为樱桃酒的17个品质性状有不同的量纲和数量级,为了避免量纲和数量级的影响,对原始数据进行标准化处理,将各指标数据转化为均值为0、标准差为1的无量纲数据(标准化结果未在文中列出)。标准化方法

为每一变量值与其平均值之差除以该变量的标准差^[23]。采用 SPSS 13.0 统计软件对标准化后的樱桃酒品质指标进行因子分析及聚类分析。依据方差贡献率 $\geq 85\%$ 的标准提取主成分,以各主成分对应的方差相对贡献率为权重,对主成分得分和相应的权重进行线性加权求和构建樱桃酒品质的评价函数。聚类距离采用欧式距离,聚类方法采用组间联接。

2 结果与分析

2.1 不同品种樱桃酒色泽指标描述性分析

色泽是果酒品质的重要感官指标,在果酒质量评价和风格评价中起着重要作用。11 种樱桃酒的色泽参数测定结果如表 1 所示,亮度 L^* 最大的为‘红艳’。所测 11 种樱桃酒 a^* 值均为正值,即樱桃酒均为红色偏向,其中 a^* 值最大的品种为‘23-24’,最小的为‘红艳’,与其他品种的樱桃酒差异显著 ($P < 0.05$)。

表 1 不同品种樱桃酒颜色性状

Table 1 Color characteristics of cherry wines from different cultivars

樱桃品种 Cherry cultivars	L^*	a^*	b^*	h	C^*	色度 Chrom- aticity
红灯 Hongdeng	21.21 f	20.96 b	28.22 f	53.40 ef	35.15 bc	0.878 d
萨米脱 Summit	30.29 c	16.71 d	29.66 ef	60.60 cd	34.04 bc	0.442 f
布鲁克斯 Brooks	20.19 g	16.02 e	30.79 de	62.51 c	34.71 bc	0.864 d
黄蜜 Huangmi	31.59 b	9.71 g	35.59 b	74.74 a	36.89 ab	0.434 f
艳阳 Sunburst	28.70 d	12.65 f	37.86 a	71.52 b	39.92 a	0.596 e
莫莉 Bigarreau Moreau	19.39 gh	16.92 d	23.72 g	54.50 f	29.14 d	1.012 c
春绣 Chunxiu	31.27 b	18.99 c	30.79 de	58.34 de	36.18 c	0.376 g
23-24	23.54 e	23.79 a	32.10 cd	53.46 f	39.95 a	0.598 e
早大果 Zaodaguo	4.96 i	16.95 d	3.92 h	13.02 g	17.40 e	1.784 a
红艳 Hongyan	35.36 a	7.44 h	33.42 c	77.45 a	34.24 bc	0.314 h
早红珠 Zaohongzhu	18.46 b	17.02 d	23.75 g	54.37 f	29.22 d	1.322 b
均值 Average	24.09	16.11	28.17	57.63	33.35	0.784
中位数 Median	23.54	16.71	30.79	58.34	34.24	0.598
变异系数 Coefficient of variation/%	35.67	29.22	32.45	29.84	19.03	57.820

注:不同字母表示在 0.05 水平上具有显著性差异。下同。

Note: The different letters in the same column indicate significant difference at $P < 0.05$. The same below.

0.05)。樱桃酒 b^* 值均为正值,即樱桃酒均向黄色偏向,‘艳阳’的 b^* 值最大,为 37.86。‘早大果’樱桃酒的 L^* 值和 b^* 值均小于 5,显著低于其他品种 ($P < 0.05$)。色度越大表示颜色越深,反之越浅。由表 1 可知,‘早大果’樱桃酒色度值最大(1.784),与其他品种差异显著 ($P < 0.05$),‘春绣’樱桃酒色度值最小(0.376)。

11 种樱桃酒的 CIELAB 参数 a^* 和 b^* 分布如图 1 所示。 h (色调角)是散点(a^*, b^*)与原点(0,0)的连线与 a^* 轴所构成的角,表示样品的不同颜色(从 $0^\circ \sim 90^\circ$ 依次为紫红、红、橙、黄,其中 $h=0^\circ$,紫红色; $h=90^\circ$,黄色)^[17]。由图 1 可知,本研究涉及的 11 个品种的樱桃酒 h 分布在 3 个区域。其中‘早大果’品种的樱桃酒 h 位于 $J_{(0-15)}$ 紫红区;‘红灯’‘莫莉’‘春绣’‘23-24’‘早红珠’几个品种樱桃酒的 h 位于 $J_{(45-60)}$ 橙黄区;樱桃酒 h 值位于黄色区 $J_{(60-90)}$ 的品种有‘萨米脱’‘布鲁克斯’‘黄蜜’‘艳阳’‘红艳’,其中‘红艳’是唯一一个色调角高于 75° 的樱桃酒。 C^* (饱和度)为散点与原点连线的长短,不同樱桃酒的饱和度为 17.40~39.95,饱和度高于 38 的为‘23-24’和‘艳阳’;低于 20 的是‘早大果’。

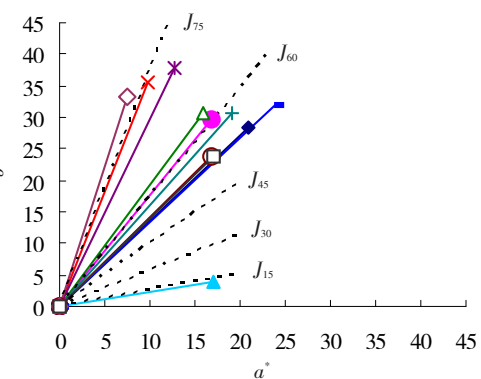
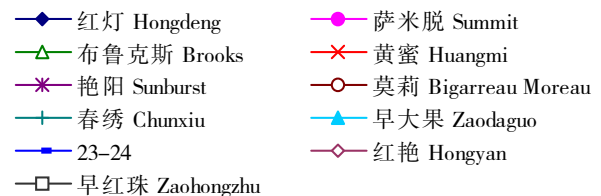


图 1 樱桃酒 CIELAB 参数 a^* 和 b^* 分布

Fig. 1 Distribution of CIELAB parameters a^* and b^* of cherry wine

2.2 不同品种樱桃酒理化指标描述性分析

对 11 种樱桃酒的一般成分差异分析结果见表 2。其中, pH 和酒精度这 2 项指标的变异系数分别为 4.13% 和 7.37%, 均小于 10%, 离散程度较小, 取值

表 2 不同品种樱桃酒品质及理化指标

Table 2 Quality and physico-chemical properties of cherry wines from different cultivars

樱桃品种 Cherry cultivars	pH	酒精度 Alcohol content/%	ρ (干浸出物) Sugar-free extract content/(g·L ⁻¹)	ρ (总酸) Total titratable acidity content/(g·L ⁻¹)	ρ (挥发酸) Volatile acid content/(mg·L ⁻¹)	ρ (总糖) Total sugar content/(mg·L ⁻¹)
红灯 Hongdeng	3.93 e	9.60 f	5.40 a	9.16 a	63.78 i	84.62 a
萨米脱 Summit	3.91 f	11.00 cd	4.03 i	7.02 e	93.09 fg	49.07 d
布鲁克斯 Brooks	4.47 a	11.20 bc	4.05 gh	4.23 i	460.63 a	47.78 d
黄蜜 Huangmi	3.94 d	12.30 a	4.07 g	6.26 fg	133.08 c	56.29 cd
艳阳 Sunburst	3.96 c	11.40 bc	4.03 hi	5.92 h	88.88 gh	67.98 bc
莫莉 Bigarreau Moreau	3.98 b	12.20 a	3.76 j	5.86 h	178.64 b	72.74 ab
春绣 Chunxiu	3.99 b	10.70 d	4.19 e	6.19 g	116.55 d	52.16 d
23-24	3.90 f	11.20 bc	4.91 b	7.52 b	84.80 h	69.59 bc
早大果 Zaodaguo	3.86 g	12.00 a	4.28 d	7.32 c	97.04 ef	76.84 ab
红艳 Hongyan	3.98 b	11.50 b	4.17 f	6.39 f	102.07 e	50.48 d
早红珠 Zaohongzhu	3.94 d	10.20 e	4.40 c	7.17 d	114.24 d	68.69 bc
均值 Average	3.99	10.90	4.30	6.64	139.34	63.29
中位数 Median	3.94	11.20	4.17	6.39	114.24	67.98
变异系数 Coefficient of variation/%	4.13	7.37	10.81	18.68	79.43	19.97

分布较为集中,其他指标的变异系数均较大。11个品种樱桃酒中 pH 值最高的是‘布鲁克斯’(4.47),显著高于其他品种(3.86~3.99)($P<0.05$)。樱桃酒的酒精度为 9.6%~12.3%,最小是‘红灯’,最大是‘黄蜜’。‘红灯’樱桃酒的干浸出物、总酸、总糖含量均显著高于其他品种($P<0.05$)。挥发酸含量最高的是‘布鲁克斯’,为 460.63 mg·L⁻¹,最低的是‘红灯’,为 63.78 mg·L⁻¹,均低于葡萄酒国标要求的 1.2 g·L⁻¹。

樱桃酒中的抗氧化物质含量主要测定了维生素 C、类黄酮、总酚和花色苷的含量,它们直接影响着果酒的营养价值。由表 3 可见,不同品种樱桃酒的总酚、黄酮、花色苷、维生素 C 含量差异较大。樱桃酒维生素 C 含量分布在 1.31~8.78 mg·L⁻¹,‘布鲁克斯’含量最高,其次是‘早大果’和‘艳阳’,均大于 5 mg·L⁻¹,‘黄蜜’樱桃酒维生素 C 含量未检出。‘早大果’樱桃酒的类黄酮含量最高,为 1 315.60 mg·L⁻¹,‘布鲁克斯’樱桃酒的黄酮含量最低。总酚含量最高的是‘早大果’樱桃酒,为 931.06 mg·L⁻¹,最低的是‘布鲁克斯’(343.45 mg·L⁻¹),仅为‘早大果’樱桃酒总酚含量的 37%。所测 11 个品种的樱桃酒中,用本研究涉及的试验方法未检测到‘布鲁克斯’‘黄蜜’‘艳阳’和‘红艳’樱桃酒中的花色苷;‘早大果’樱桃酒的花色苷含量(20.69 mg·L⁻¹)显著高于其他品种($P<0.05$)。

2.3 不同品种樱桃酒抗氧化能力描述性分析

抗氧化活性是果酒的重要品质指标。由表 4 可知,不同品种樱桃酒都具有一定程度的抗氧化性。

表 3 不同品种樱桃酒中抗氧化物质含量

Table 3 Contents of antioxidants in cherry wine

樱桃品种 Cherry cultivars	from different cultivars				ρ (mg·L ⁻¹)
	维生素 C Ascorbic acid	类黄酮 Total flavonoids	总酚 Total phenolics	花色苷 Total anthocyanins	
红灯 Hongdeng	1.52 f	745.34 d	670.19 d	3.90 c	
萨米脱 Summit	3.80 cd	393.35 i	518.21 i	1.46 d	
布鲁克斯 Brooks	8.78 a	200.70 k	343.45 k	ND	
黄蜜 Huangmi	ND	507.68 h	533.02 h	ND	
艳阳 Sunburst	5.23 b	694.08 e	587.97 f	ND	
莫莉 Bigarreau Moreau	2.87 de	295.67 j	468.88 j	1.47 d	
春绣 Chunxiu	1.82 ef	575.54 g	596.65 e	1.18 d	
23-24	1.31 f	852.22 b	689.09 c	12.12 b	
早大果 Zaodaguo	5.84 b	1 315.60 a	931.06 a	20.69 a	
红艳 Hongyan	4.78 bc	656.19 f	577.25 g	ND	
早红珠 Zaohongzhu	2.90 de	797.24 c	767.43 b	1.39 d	
均值 Average	3.53	639.42	607.56	3.84	
中位数 Median	2.90	656.19	587.97	1.46	
变异系数 Coefficient of variation/%	59.98	47.81	25.75	172.01	

注:ND 为未测出。

Note: ND indicates not detected.

‘早大果’樱桃酒的 DPPH 清除力、ABTs 自由基清除能力、铁还原能力均排名第 1,在所涉及的樱桃品种中抗氧化指数为 100%。‘23-24’‘早红珠’樱桃酒的 3 种抗氧化能力也较高,‘红灯’‘春绣’樱桃酒的 DPPH 清除能力和 ABTs 清除能力较高,而 FRAP 能力中等。‘布鲁克斯’‘黄蜜’‘萨米脱’樱桃酒的 3 种抗氧化能力均较弱,总抗氧化能力低。

表 4 不同品种樱桃酒抗氧化能力

Table 4 Antioxidant capacities of cherry wines from different cultivars

樱桃品种 Cherry cultivars	DPPH·清除能力 DPPH radical scavenging activity		ABTs清除能力 ABTs scavenging activity		FRAP Ferric reducing antioxidant power		总抗氧化能力综合指数 Comprehensive index of total antioxidant ability/%
	c(TEAC)/ (mmol·L ⁻¹)	指数 Index/%	c(TEAC)/ (mmol·L ⁻¹)	指数 Index/%	c(TEAC)/ (mmol·L ⁻¹)	指数 Index/%	
红灯 Hongdeng	2.982 c	62.21	3.478 c	64.33	1.601 f	33.06	53.20
萨米脱 Summit	1.894 h	39.51	2.630 ef	48.65	1.415 g	29.23	39.13
布鲁克斯 Brooks	2.210 g	46.10	2.315 ef	42.82	0.605 i	12.49	33.80
黄蜜 Huangmi	2.426 f	50.61	2.097 f	38.79	1.392 g	28.74	39.38
艳阳 Sunburst	2.781 d	58.01	2.866 de	53.01	1.716 e	35.45	48.82
莫莉 Bigarreau Moreau	1.985 h	41.41	3.332 cd	61.64	1.215 h	25.10	42.72
春绣 Chunxiu	2.476 f	51.65	3.588 c	66.36	2.200 d	45.42	54.48
23-24	3.408 b	71.08	4.734 b	87.58	3.042 b	62.82	73.83
早大果 Zaodaguo	4.794 a	100.00	5.406 a	100.00	4.842 a	100.00	100.00
红艳 Hongyan	2.586 e	53.94	2.647 ef	48.96	1.677 ef	34.64	45.85
早红珠 Zaohongzhu	3.079 c	64.22	4.322 b	79.94	2.581 c	53.31	65.82
均值 Average	2.784		3.401		2.026		
中位数 Median	2.586		3.332		1.677		
变异系数 Coefficient of variation/%	29.130		30.860		50.600		

2.4 不同品种樱桃酒品质性状主成分分析

2.4.1 樱桃酒品质指标主成分提取 主成分分析是将多指标简化为少量综合指标的一种统计方法,用少数变量尽可能多的反映原来变量的信息,保证原信息损失少且变量数目尽可能少^[24]。依据研究结果,剔除品种间差异较小的 pH 和酒精度这 2 项指标,11 个品种樱桃酒的 17 个品质指标的主成分分析结果见表 5、表 6。本试验考察特征值 λ>1 并综合考虑方差贡献率确定最优的主成分数。特征值大小表示了对应主成分能够描述原有信息的多少,由表 5 可知前 3 个主成分的特征值均>1,累积方差贡献率>85%,说明这 3 个主成分综合了樱桃酒品质的大部分信息。因此,提取前 3 个主成分代替原有 17 个指标评价樱桃酒品质。

表 6 为樱桃酒的 17 个品质指标的主成分载荷矩阵

表 5 樱桃酒品质主成分的方差贡献率

Table 5 Contribution rates of principal components to variance in the quality characteristics of cherry wines

主成分数 Component	特征值 λ Eigen value	方差贡献率 Rate of variance/%	累积方差贡献率 Cumulative/%
1	9.706	57.095	57.095
2	3.358	19.754	76.849
3	1.511	8.888	85.736
4	0.851	5.008	90.744
5	0.669	3.937	94.681
6	0.375	2.205	96.886
7	0.245	1.441	98.327
8	0.200	1.176	99.503
9	0.051	0.301	99.804
10	0.033	0.196	100.000

表 6 主成分分析的成分载荷矩阵

Table 6 Loading matrix of 3 principal components

Qualities	PC1	PC2	PC3
ABTs清除力 ABTs scavenging activity	0.927	0.071	0.064
<i>h</i>	-0.915	0.283	-0.138
DPPH清除力 DPPH radical scavenging activity	0.915	-0.001	-0.195
FRAP能力 Ferric reducing antioxidant power	0.912	-0.026	-0.304
总酚 Total phenolics	0.906	0.241	-0.292
花色苷 Total anthocyanins	0.899	-0.073	-0.035
类黄酮 Total flavonoids	0.880	0.209	-0.341
<i>b</i> *	-0.849	0.430	0.027
<i>L</i> *	-0.815	0.449	-0.312
色度 Chromaticity	0.805	-0.458	0.156
总糖 Total sugar	0.714	0.287	0.298
饱和度 <i>C</i> *	-0.709	0.544	0.172
维生素 C Vitamin C	-0.028	-0.806	0.012
挥发酸 Volatile acid	-0.386	-0.744	0.421
总酸 Total titratable acidity	0.584	0.710	0.093
干浸出物 Sugar-free extract	0.425	0.650	0.431
<i>a</i> *	0.467	0.243	0.736

阵,该矩阵反映了某一指标对主成分的影响程度,包括品质指标对此主成分的负荷和作用的方向。第 1 主成分方差贡献率为 57.095%,其中载荷较高且为正数的品质包括 3 种抗氧化能力和 3 种酚类物质含量,这些指标对第 1 主成分产生正向影响。载荷较高且符号为负的品质指标为色调角 *h*,对第 1 主成分产生负向影响,说明第 1 主成分大时,抗氧化能力和

总酚含量高,而色调角 h 低。第1主成分主要综合了抗氧化活性物质及抗氧化能力的信息,可以把第1主成分称为抗氧化因子。第2主成分贡献率为19.754%,其中维生素C含量载荷最高且产生负向影响,其次为挥发酸含量,总酸含量对PC2正向载荷最高。说明第2主成分大时,总酸含量指标比较大,而维生素C含量和挥发酸含量低。第2主成分主要综合了酸类物质信息。第3主成分中载荷较高且为正的指标为 a^* 值的信息。

2.4.2 樱桃酒品质主成分分析得分及综合评价

根据特征值和相应的特征向量,计算11个品种各自的主成分得分,按前3个主成分大小依次排序,可权衡每个性状在每个品种中所处的位置与分量(表7),能较直观地判断某一品种的优劣。从表7可以看出,11个樱桃品种中‘早大果’樱桃酒的抗氧化因子PC1得分最高,该因子在‘布鲁克斯’樱桃酒中得分最低;‘红灯’樱桃酒的酸类因子PC2得分最高,‘布鲁克斯’得分最低;而PC3中‘红灯’‘布鲁克斯’樱桃酒得分排名在前,‘红艳’得分最低。

表7 樱桃酒主成分得分及排名

Table 7 Scores and rankings of principal components of cherry wines from 11 cultivars

樱桃品种 Cherry cultivars	PC1 Comp- onent 1	PC2 Comp- onent 2	PC3 Comp- onent 3	F Synthetic scores	总排名 Rank- ings
早大果 Zaodaguo	2.439(1)	-1.200(10)	-0.878(9)	3.792	1
红灯 Hongdeng	0.542(4)	1.451(1)	1.475(1)	1.650	2
黄蜜 Huangmi	-0.832(10)	0.466(3)	-0.911(10)	-1.409	9
莫莉 Bigarreau Moreau	-0.226(5)	-0.754(9)	0.758(3)	-0.588	6
春绣 Chunxiu	-0.332(6)	0.401(4)	-0.145(7)	-0.461	5
艳阳 Sunburst	-0.501(7)	0.184(5)	-0.671(8)	-0.894	7
萨米脱 Summit	-0.611(8)	0.083(7)	-0.127(6)	-1.070	8
布鲁克斯 Brooks	-0.991(11)	-1.987(11)	1.377(2)	-2.326	11
红艳 Hongyan	-0.727(9)	0.133(6)	-1.633(11)	-1.424	10
早红珠 Zaohongzhu	0.618(3)	-0.004(8)	-0.019(5)	1.093	4
23-24	0.622(2)	1.226(2)	0.758(3)	1.631	3

注:括号内数字为排名。

Note: The numbers in brackets indicate the rankings.

用各指标变量的主成分载荷(表6)除以主成分相对应的特征值开平方根(表5),得到3个主成分中

每个指标所对应的系数,即特征向量,以特征向量为权重构建3个主成分的表达函数式:

$$Z_1=0.298X_1-0.294X_2+0.294X_3+0.293X_4+0.291X_5+0.289X_6+0.283X_7-0.273X_8-0.262X_9+0.258X_{10}+0.229X_{11}-0.228X_{12}-0.009X_{13}-0.124X_{14}+0.187X_{15}+0.136X_{16}+0.150X_{17}$$

$$Z_2=0.039X_1+0.154X_2-0.001X_3-0.014X_4+0.132X_5-0.040X_6+0.114X_7+0.235X_8+0.245X_9-0.250X_{10}+0.157X_{11}+0.297X_{12}-0.440X_{13}-0.406X_{14}+0.388X_{15}+0.355X_{16}+0.133X_{17}$$

$$Z_3=0.052X_1-0.112X_2-0.159X_3-0.247X_4-0.238X_5-0.028X_6-0.277X_7+0.022X_8-0.254X_9+0.127X_{10}+0.242X_{11}+0.140X_{12}+0.010X_{13}+0.343X_{14}+0.076X_{15}+0.351X_{16}+0.599X_{17}$$

表达式中, $X_1 \sim X_{17}$ 依次为 ABTs、 h 、DPPH、FRAP、总酚含量、花色苷含量、类黄酮含量、 b^* 、 L^* 、色度、总糖含量、饱和度 C^* 、维生素C含量、挥发酸含量、总酸含量、干浸出物含量、 a^* 。以各个主成分对应的方差贡献率作为权重,由对应的权重线性加权求和得到综合评价函数: $F=0.571Z_1+0.198Z_2+0.089Z_3$ 。根据主成分综合得分模型可计算出11个品种樱桃酒的综合得分值(F)和总排名结果(表7)。综合排名前3位的品种依次为:‘早大果’‘红灯’‘23-24’。

根据主成分载荷矩阵分析结果(表6):抗氧化能力指标(ABTs、DPPH、FRAP)对第1主成分的正向影响最为显著,由表4结果可知,‘早大果’‘红灯’‘23-24’的综合抗氧化能力排在前3位;色调角 h 对第1主成分的负向影响最为显著,由表1结果可知,这3个品种的 h 值较小。因此,这3个品种樱桃酒在第1主成分上的得分较高,与综合评价结果(表7)相吻合。由于第1主成分的贡献率(57.095%)最大,因此这3个樱桃酒品种的综合评价结果靠前。其中‘早大果’的3种抗氧化能力及综合抗氧化指数最大、 h 值最小,因此在综合评价排序中位于第1位。‘布鲁克斯’品种樱桃酒的抗氧化能力、总酚、类黄酮含量均最低,对第1主成分的正向影响最小,而维生素C含量最高,对第2主成分的负向影响最大,因此,在PC1和PC2中排位最后。其他指标居中或较低,综合品质表现差,排在所有参试品种的最后1位。

2.5 不同品种樱桃酒聚类分析及感官品质评价

为了选出适宜加工果酒的樱桃品种,在提取品种特征主成分进行综合评价的同时,对11个品种樱

桃酒进行系统聚类分析,结果见图2。主成分综合得分和排名结果(表7)可以对聚类分析中的类群进行排序和优选,是聚类分析结果的深入。在欧式距离5.0处可以将11个品种的樱桃酒聚为4类。第1类仅有1个品种‘早大果’,在表7的主成分综合得分为3.792,表明其所酿制的樱桃酒综合品质优,成品酒感官评价最优。第2类包括‘红灯’‘23-24’‘早红珠’,聚入此类的品种综合得分 $F>1.0$,得分排名在2~4,综合品质较优,比较适宜进行酿酒。第3类包括‘艳阳’‘春绣’‘红艳’‘莫莉’‘萨米脱’‘黄蜜’,聚入此类的品种综合得分 $-2.0<F<0$,综合品质中等。第4类仅有1个品种‘布鲁克斯’,综合得分最低($F<-2.0$),酿制的樱桃酒品质最差,综合得分最低(表8)。结果与之前的描述性分析结果相符合,因此本试验对不同品种的樱桃酒所采用的聚类分析是可行的。

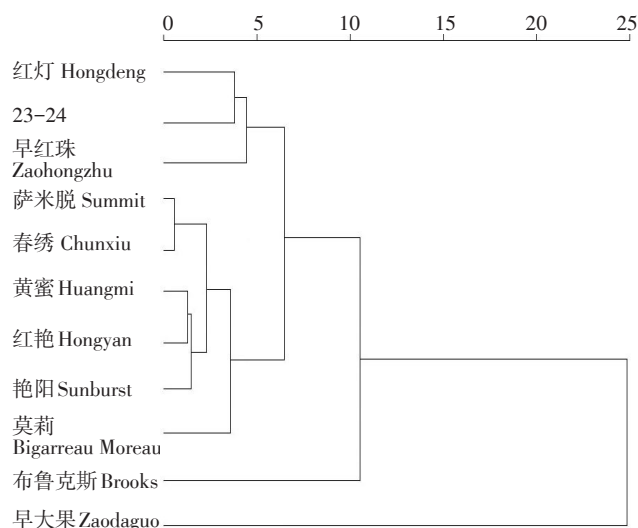


图 2 不同品种樱桃酒树状聚类分析

Fig. 2 Dendrogram plot obtained from cluster analysis of wines from different cultivars

表 8 樱桃酒感官品质评价

Table 8 Sensory evaluation of cherry wines

聚类 Cluster	樱桃品种 Cherry cultivars	色泽 Colour	香气 Flavor	口味 Taste	澄清度 Clarity
1	早大果 Zaodaguo	紫红色, 酒色艳丽 Garnet, brightly coloured	酒香浓厚, 樱桃果香纯正 Rich bouquet and cherry fruity flavor	酒体丰满、醇厚, 酸甜可口 Full and mellow wine body with suitable sweet and sour taste	澄清透明 Clear and transparent
2	早红珠、红灯、23-24 Zaohongzhu, Hongdeng, 23-24	橙红色, 颜色鲜亮 Salmon pink, vividly coloured	酒香浓郁, 果香较浓 Strong vinous and fragrant fruity aroma	酒质柔顺, 柔和爽口, 酸甜适中 Smooth and supple structure with moderate acid and sweet taste	澄清透明 Clear and transparent
3	艳阳、春绣、红艳、莫莉、萨米脱、黄蜜 Sunburst, Chunxiu, Hongyan, Bigarreau Moreau, Summit, Huangmi	琥珀色 Amber	酒香、果香较浓 Fragrant vinous and fruity odor	酒体协调, 纯正无杂 Harmonious wine body without impurity	澄清透明 Clear and transparent
4	布鲁克斯 Brooks	棕黄色 Yellow-brown	酒香、果香较浓, 稍有酸味 Fragrant fruity aroma with a little tart flavor	欠浓郁 Shallow mouthfeel	澄清透明 Clear and transparent

3 讨 论

近年来,随着生活水平的提高,人们饮酒的习惯逐渐向营养健康的果酒转变。利用水果原料酿造果酒,既可充分利用资源优势,又可“以果代粮”酿酒,推动中国酒业和水果种植的发展。樱桃果肉含糖量高、出汁率高、具有丰富的多酚类物质和较高的抗氧化活性,是一种优质的酿酒原料。通过酿造果酒可以降低樱桃采后因腐烂造成的损失,提高樱桃附加值。果酒发酵时间不宜过长,发酵后期酵母进入迅速衰亡期,酵母残体产生酵母异味,覆盖果酒的酒香,影响果酒的口感、色泽、风味以及澄清度。原料

品种对果酒的感官品质及抗氧化活性起着至关重要的作用^[25],选择适宜酿造果酒的优良品种,对果酒产品的品质尤为重要。笔者通过对11个品种樱桃酿制的樱桃酒相关指标进行测定,发现‘早大果’酿制的樱桃酒色泽紫红、颜色鲜艳,总酚、类黄酮、花色苷含量显著高于其他樱桃酒,抗氧化能力强,适合用于加工樱桃酒。前人对‘早大果’樱桃果实品质的分析结果也表明,‘早大果’果实个大、多汁,果皮较厚,成熟后果面呈紫红色,果肉深红色,多项品质性状优于对照‘红灯’,是一种品质优良的甜樱桃品种^[26]。

将多样本对象分类时,依据单因素分类不足以全面综合地描述其类别,往往需要考虑多方面因素

进行分类。聚类分析是将样品按照品质特性相似程度逐渐聚合在一起,相似度最大的优先聚合在一起,最终按照类别的综合性质将多个品种聚合,从而完成聚类分析的过程^[24]。本研究将17个标准化后的指标作为变量,最终将11个品种樱桃酒聚为4类。主成分分析是采用少量综合指标来代替原来多个指标大部分信息的分析方法^[27],可以对聚类分析中的类群进行排序和优选。通过提取主成分,将樱桃酒17个差异明显的品质指标综合为3个主成分,对樱桃酒品质评价指标达到降维的目的。最终确定ABTs清除力、DPPH清除力、FRAP能力及总酚、类黄酮、花色苷含量、色调角 h 衡量樱桃酒品质的优劣。这些指标涵盖了外观、营养品质、功能性3个层面,综合反映了樱桃酒的品质。其中,果酒的色泽是影响感官品质的重要指标之一,在果酒质量评价和风格评价中起着重要作用,并可能影响消费期望^[28]。多酚物质是判断果酒存在差异性的主要原因之一^[10],是果酒的骨架成分,赋予果酒的颜色、口感和收敛性等感官特性,影响果酒的贮藏稳定性,同时还具有广泛的生物化学与药理作用^[6]。抗氧化性依赖于总酚含量,是果酒功能性的主要表现。酿酒品种在很大程度上决定酒中酚类成分含量和抗氧化能力^[29]。‘早大果’‘红灯’‘早红珠’‘23-24’樱桃酒的抗氧化能力和多酚类物质含量较高,在第1主成分中得分最高,通过主成分综合评价函数计算得出的综合排名靠前。结合聚类分析结果确定分类界限,第1类、第2类樱桃品种适宜加工樱桃酒,第4类不适宜酿制樱桃酒,为樱桃酒加工品种选择提供初步判定依据。

4 结 论

对不同品种樱桃酒进行品质指标分析及综合评价,明确以抗氧化活性、多酚类物质含量、色调角 h 为主要考察指标的樱桃酒评价方法,筛选出加工樱桃酒的适宜品种为‘早大果’,其次为‘23-24’‘红灯’‘早红珠’,所酿制的樱桃酒外观品质、营养价值及抗氧化能力均较高。而‘布鲁克斯’樱桃不适合加工樱桃酒。

参考文献 References:

- [1] 肖军霞,黄国清,迟玉森. 樱桃花色苷的提取及抗氧化活性研究[J]. 中国食品学报,2011,11(5): 70-75.
XIAO Junxia, HUANG Guoqing, CHI Yusen. Extraction of anthocyanins from cherry and its antioxidant activity[J]. Journal of Chinese Institute of Food Science and Technology, 2011, 11(5): 70-75.
- [2] CHOCKCHAI SAWASDEE S, GOLDING J B, VUONG Q V, PAPOUTSIS K, STATHOPOULOS C E. Sweet cherry: composition, postharvest preservation, processing and trends for its future use [J]. Trends in Food Science and Technology, 2016, 55: 72-83.
- [3] KIRAKOSYAN A, SEYMOUR E M, LLANES D E U, KAUFMAN P B, BOLLING S F. Chemical profile and antioxidant capacities of tart cherry products[J]. Food Chemistry, 2009, 115(1): 20-25.
- [4] JAKOBEK L, ŠERUGA M, VOČA S, ŠINDRAK Z, DOBRIČEVIĆ N. Flavonol and phenolic acid composition of sweet cherries (cv. Lapins) produced on six different vegetative rootstocks[J]. Scientia Horticulturae, 2009, 123(1): 23-28.
- [5] GONZÁLEZ-GÓMEZ D, LOZANO M, FERNÁNDEZ-LEÓN M F, BERNALTE M J, AYUSO M C, RODRÍGUEZ A B. Sweet cherry phytochemicals: identification and characterization by HPLC-DAD/ ES-MS in six sweet-cherry cultivars grown in Valle del Jerte (Spain)[J]. Journal of Food Composition and Analysis, 2010, 23(6): 533-539.
- [6] 刘文丽,孙舒扬,贡汉生,车长远,金成武. 不同酿酒酵母发酵的干红樱桃酒酒体成分及感官质量分析[J]. 食品与发酵工业, 2016, 42(1): 157-162.
LIU Wenli, SUN Shuyang, GONG Hansheng, CHE Changyuan, JIN Chengwu. The compositional profile and sensory analysis of cherry wines fermented by different *Saccharomyces cerevisiae* strains[J]. Food and Fermentation Industries, 2016, 42(1): 157-162.
- [7] 张艳. 中国樱桃果实酿酒工艺及香气成分变化研究[D]. 雅安: 四川农业大学, 2008.
ZHANG Yan. Study on the brewing technology of Chinese cherry and change of the aroma components[D]. Ya'an: Sichuan Agricultural University, 2008.
- [8] 肖作兵,周璇,牛云蔚. 发酵温度对樱桃酒香气物质和有机酸的影响[J]. 中国食品学报, 2016, 16(7): 259-267.
XIAO Zuobing, ZHOU Xuan, NIU Yunwei. The influence of different fermentation temperature on the flavor of cherry wine[J]. Journal of Chinese Institute of Food Science and Technology, 2016, 16(7): 259-267.
- [9] GONZALEZ-MAS M C, GARCIA-RIANO L M, ALFARO C, RAMBLA J L, PADILLA A I, GUTIERREZ A. Headspace-based techniques to identify the principal volatile compounds in red grape cultivars[J]. International Journal of Food Science and Technology, 2009, 44(3): 510-518.
- [10] 吕国涛,牛宇,单璐,冀佩双,张丽珍. 高效液相色谱法测定樱桃汁及不同酿酒酵母所酿樱桃酒的活性成分[J]. 食品与发酵工业, 2016, 42(8): 171-177.
LÜ Guotao, NIU Yu, SHAN Lu, JI Peishuang, ZHANG Lizhen. Analysis of active ingredient in cherry juice and different cherry

- wine by high performance liquid chromatography[J]. Food and Fermentation Industries, 2016, 42(8): 171-177.
- [11] 范兆军. 响应面优化樱桃果酒发酵条件的研究[J]. 农产品加工, 2013(5): 22-25.
FAN Zhaojun. Optimization of fermentation conditions of cherry wine by response surface methodology[J]. Farm Products Processing, 2013(5): 22-25.
- [12] 闫真真, 徐彩荣, 朱传合. 维生素 C 对中国樱桃发酵工艺影响的研究[J]. 酿酒, 2013, 40(3): 75-77.
YAN Zhenzhen, XU Cairong, ZHU Chuanhe. Study on the effect of ascorbic acid on cherry wine fermentation process[J]. Liquor Making, 2013, 40(3): 75-77.
- [13] SUN S Y, JIANG W G, ZHAO Y P. Evaluation of different *Saccharomyces cerevisiae* strains on the profile of volatile compounds and polyphenols in cherry wines[J]. Food Chemistry, 2011, 127(2): 547-555.
- [14] 牛云蔚, 肖作兵, 王英, 朱建才, 顾永波. 不同樱桃酒的抗氧化性能研究[J]. 食品工业, 2013, 34(8): 157-159.
NIU Yunwei, XIAO Zuobing, WANG Ying, ZHU Jiancai, GU Yongbo. Research of antioxidant activities of different cherry wines[J]. The Food Industry, 2013, 34(8): 157-159.
- [15] NIU Y W, ZHANG X M, XIAO Z B, SONG S Q, JIA C S, YU H Y, FANG L L, XU C H. Characterization of taste-active compounds of various cherry wines and their correlation with sensory attributes[J]. Journal of Chromatography B, 2012, 902: 55-60.
- [16] XIAO Z B, FANG L L, NIU Y W, YU H Y. Effect of cultivar and variety on phenolic compounds and antioxidant activity of cherry wine[J]. Food Chemistry, 2015, 186: 69-73.
- [17] 王月晖, 崔灵绸, 徐洪宇, 张京芳, 侯力璇, 成冰. 不同品种干红葡萄酒色泽及抗氧化活性分析[J]. 中国食品学报, 2014, 14(10): 252-259.
WANG Yuehui, CUI Lingchou, XU Hongyu, ZHANG Jingfang, HOU Lixuan, CHENG Bing. The difference in color parameters and antioxidant activities of varieties of dry red wine[J]. Journal of Chinese Institute of Food Science and Technology, 2014, 14(10): 252-259.
- [18] 李侠. 红枣酒发酵工艺研究及品质分析[D]. 郑州: 河南工业大学, 2012.
LI Xia. The research of the fermentation technology of jujube wines and the analysis of quality[J]. Zhengzhou: Henan University of Technology, 2012.
- [19] 中华人民共和国质量监督检验检疫总局, 中国国家标准化管理委员会. 葡萄酒、果酒通用分析方法: GB/T 15038—2006[S]. 北京: 中国标准出版社, 2006.
General Administration of Quality Supervision, Inspection and Quarantine of the People's Republic of China. Analytical methods of wine and fruit wine: GB/T 15038—2006[S]. Beijing: Standards Press of China, 2006.
- [20] OSMAN A M, WONG K K Y, FERNYHOUGH A. ABTs radical-driven oxidation of polyphenols: Isolation and structural elucidation of covalent adducts[J]. Biochemical and Biophysical Research Communications, 2006, 346(1): 321-329.
- [21] RAUDONIS R, RAUDONE L, JAKSTAS V, JANULIS V. Comparative evaluation of post-column free radical scavenging and ferric reducing antioxidant power assays for screening of antioxidants in strawberries[J]. Journal of Chromatography A, 2012, 1233: 8-15.
- [22] SEERAM N P, AVIRAM M, ZHANG Y J, HENNING S M, FENG L, DREHER M, HEBER D. Comparison of antioxidant potency of commonly consumed polyphenol-rich beverages in the United States[J]. Journal of Agricultural and Food Chemistry, 2008, 56(4): 1415-1422.
- [23] 王益民, 张珂, 许飞华, 王玉, 任晓卫, 张宝琳. 不同品种枸杞子营养成分分析及评价[J]. 食品科学, 2014, 35(1): 34-38.
WANG Yimin, ZHANG Ke, XU Feihua, WANG Yu, REN Xiaowei, ZHANG Baolin. Chemical analysis and nutritional evaluation of different varieties of goji berries (*Lycium barbarum* L.)[J]. Food Science, 2014, 35(1): 34-38.
- [24] 高惠璇. 应用多元统计分析[M]. 北京: 北京大学出版社, 2005: 216-321.
GAO Huixuan. Applied multivariate statistical analysis[M]. Beijing: Peking University Press, 2005: 216-321.
- [25] MIKAMI-KONISHIDE I, MURAKAMI S, NAKANISHI K, TAKAHASHI Y, YAMAGUCHI M, SHIOYA T, WATANABE J, HINO A. Antioxidant capacity and polyphenol content of extracts from crops cultivated in Japan, and the effect of cultivation environment[J]. Food Science and Technology Research, 2013, 19(1): 69-79.
- [26] 孙玉刚, 魏国芹, 张承安, 秦志华, 李芹, 孙杨. 甜樱桃早熟品种早大果的选育[J]. 中国果树, 2013(6): 9-12.
SUN Yugang, WEI Guoqin, ZHANG Cheng'an, QIN Zhihua, LI Qin, SUN Yang. The breeding of early-maturing variety of sweet cherry 'Zaodaguo'[J]. China Fruits, 2013(6): 9-12.
- [27] 公丽艳, 孟宪军, 刘乃侨, 毕金峰. 基于主成分与聚类分析的苹果加工品质评价[J]. 农业工程学报, 2014, 30(13): 276-285.
GONG Liyan, MENG Xianjun, LIU Naiqiao, BI Jinfeng. Evaluation of apple quality based on principal component and hierarchical cluster analysis[J]. Transactions of the Chinese Society of Agricultural Engineering, 2014, 30(13): 276-285.
- [28] PARR W V, GEOFFREY W K, HEATHERBELL D A. The nose knows: influence of colour on perception of wine aroma[J]. Journal of Wine Research, 2003, 14(2/3): 79-101.
- [29] GONZ LEZ-NEVES G, CHARAMELO D, BALADO J, BARREIRO L, BOCHICCHIO R, GATTO G, GIL G, TESSORE A, CARBONNEAU A. Phenolic potential of Tannat, Cabernet-Sauvignon and Merlot grapes and their correspondence with wine composition[J]. Analytica Chimica Acta, 2004, 513(1): 191-196.