

基于PLSR分析樱桃酒呈味物质与感官属性之间的相关性

牛云蔚¹, 孔佳丽¹, 肖作兵^{1,2,*}

(1.上海应用技术大学香料香精技术与工程学院, 上海 201418; 2.上海香料研究所, 上海 200232)

摘要:以6种不同厂家生产的樱桃酒为研究对象,进行感官评价并利用高效液相色谱法鉴定出樱桃酒样品的33种特征呈味物质,并进行了主成分分析和聚类分析。结果显示,相同产地的樱桃酒聚集在一起成一类,不同产地的樱桃酒明显区分开来。通过偏最小二乘法对不同产地樱桃酒中特征呈味物质与感官属性之间的相关性进行研究,结果发现甜味与葡萄糖、蔗糖、果糖呈现出显著正相关;涩味与丝氨酸、苯丙氨酸呈显著正相关;苦味与咖啡酸、谷氨、丝氨酸、甘氨酸、苏氨酸、丙氨酸、缬氨酸、蛋氨酸、苯丙氨酸、异亮氨酸、亮氨酸、赖氨酸呈现显著正相关。

关键词:樱桃酒; 高效液相色谱法; 呈味物质; 偏最小二乘回归法

Correlation Analysis between Taste Compounds and Sensory Attributes of Cherry Wine Based on Partial Least Squares Regression

NIU Yunwei¹, KONG Jiali¹, XIAO Zuobing^{1,2,*}

(1. School of Perfume and Aroma Technology, Shanghai Institute of Technology, Shanghai 201418, China;

2. Shanghai Research Institute of Fragrance and Flavor Industry, Shanghai 200232, China)

Abstract: In this study, six cherry wines from different producers were evaluated by sensory evaluation and 33 characteristic taste compounds were identified in these samples using high performance liquid chromatography (HPLC). Principal component analysis (PCA) and agglomerative hierarchical clustering (AHC) were used to attempt to discriminate the wines. The results demonstrated that wines from the same geographical areas were clustered into one group and samples from different geographical origins were clearly discriminated. Correlation analysis between characteristic taste compounds and sensory attributes using partial least squares regression (PLSR) indicated a significant positive association between the sweet taste and glucose, sucrose and fructose; between the astringent taste and serine and phenylalanine; and between the bitter taste and caffeic acid, glutamic acid, serine, glycine, threonine, alanine, valine, methionine, phenylalanine, isoleucine, leucine and lysine.

Keywords: cherry wines; high performance liquid chromatography; taste compounds; partial least squares regression

DOI:10.7506/spkx1002-6630-201804022

中图分类号: TS201.2

文献标志码: A

文章编号: 1002-6630(2018)04-0144-05

引文格式

牛云蔚, 孔佳丽, 肖作兵. 基于PLSR分析樱桃酒呈味物质与感官属性之间的相关性[J]. 食品科学, 2018, 39(4): 144-148.

DOI:10.7506/spkx1002-6630-201804022. <http://www.spkx.net.cn>

NIU Yunwei, KONG Jiali, XIAO Zuobing. Correlation analysis between taste compounds and sensory attributes of cherry wine based on partial least squares regression[J]. Food Science, 2018, 39(4): 144-148. (in Chinese with English abstract)

DOI:10.7506/spkx1002-6630-201804022. <http://www.spkx.net.cn>

樱桃营养丰富,所含蛋白质、糖、矿物质等营养成分均比一般水果高出几倍,尤其铁含量,每100 g含铁高达6 mg,居果中之首^[1]。樱桃作为营养丰富的水果,其酿造

而成的樱桃酒也具备医疗保健价值^[2],能治疗相关疾病^[3],而且还具有独特的色、香、味,深受消费者的喜爱。樱桃酒的风味物质主要由香气物质和呈味物质组成,其中

收稿日期: 2016-12-30

基金项目: 国家自然科学基金青年科学基金项目(21306114); 上海香料香精工程技术研究中心能力提升项目(15DZ2280100)

第一作者简介: 牛云蔚(1981—),男,副研究员,博士,研究方向为香料香精、食品风味化学。E-mail: nyw@sit.edu.cn

*通信作者简介: 肖作兵(1965—),男,教授,博士,研究方向为香料香精、食品添加剂。E-mail: niuge211@sina.com

呈味物质主要包括构成樱桃酒的甜、酸、苦、涩等味觉的成分,大体分为糖、氨基酸类、有机酸和酚类物质等几大类^[4-7]。

许多方法能检测分析酒中的呈味物质,如高效液相色谱法^[8-10]、离子交换色谱法^[11]、毛细管电泳法^[12]等。许春华等^[13]采用高效液相色谱法测定8种市售樱桃酒中的8种主要有机酸的含量;方玲玲等^[14]建立了超高效液相色谱-串联四极杆质谱联用技术同时检测樱桃酒中的没食子酸、羟基苯甲酸、绿原酸、香草酸和咖啡酸5种酚酸的方法;Cosme等^[15]通过反相高效液相色谱对红酒中的单宁类物质进行了分析检测;Barrado等^[16]在西班牙红酒和白酒中发现了主要的氨基酸风味物质;叶芙蓉等^[17]研究了利用高效液相色谱仪的示差折光检测器测定黄酒中的五类糖。近几年,很多文献都报道了对化学成分与感官质量关系的研究。如Song Shiqing等^[18-19]采用偏最小二乘回归(partial least squares regression, PLSR)法对牛脂肪氧化、电子鼻和感官属性进行研究,结果显示PLSR成功建立基于电子鼻检测的牛脂肪氧化参数的模型,且氧化牛脂对其感官香气的贡献。陈义等^[20]采用PLSR法对信阳毛尖中的香气成分与感官之间的关系进行了研究,有效确定了信阳毛尖香气的等级划分。本研究主要对不同种类樱桃酒的呈味成分进行鉴定研究,并结合主成分分析、聚类分析和PLSR对樱桃酒样品的感官属性与特征呈味物质的相关性进行研究,确定对每个感官属性有显著性贡献的呈味物质。

1 材料与方法

1.1 材料与试剂

不同厂家(6种)樱桃酒分别购自江苏红香溢酒业有限公司(W1和W2),山东烟台裕诚庄园有限公司(W3),莱阳旌旗山庄有限公司(W4),烟台同心酒业有限公司(W5),吉林通化万通葡萄酒股份有限公司(W6)。6种酒基本指标如表1所示。酒样在-4℃条件下贮藏用于分析测定。

表1 6种樱桃酒的基本指标
Table 1 Basic properties of 6 cherry wines

编号	乙醇体积 分数/%	pH	总酸质量 浓度/(g/L)	总糖质量 浓度/(g/L)
W1	10.5	3.49	5.19	50.5
W2	11.0	3.37	5.88	50.5
W3	8.5	3.58	5.94	45.1
W4	12.0	3.24	5.65	42.5
W5	10.5	3.46	5.89	48.2
W6	8.0	3.78	6.02	54.6

甲醇、乙酸(均为色谱纯) 国药控股股份有限公司;
没食子酸、对羟基苯甲酸、绿原酸、香草酸、咖啡酸、

天冬氨酸、谷氨酸、丝氨酸、组氨酸、甘氨酸、苏氨酸、精氨酸、丙氨酸、酪氨酸、半胱氨酸、缬氨酸、蛋氨酸、苯丙氨酸、异亮氨酸、亮氨酸、赖氨酸、脯氨酸、草酸、酒石酸、苹果酸、乳酸、醋酸、柠檬酸、琥珀酸、单宁酸、蔗糖、葡萄糖、果糖(均为色谱级) 美国Sigma-Aldrich公司;纯净水由Milli-Q净化系统制得。

1.2 仪器与设备

RE-52A旋转蒸发器 上海亚荣生化仪器厂;SHB-III A循环水式多用真空泵 上海豫康科教仪器设备有限公司;1260高效液相色谱仪 美国Agilent公司。

1.3 方法

1.3.1 感官评价

采用定量描述感官评价法对樱桃酒样品进行感官评价^[21],评价小组由10名成员组成,4名男性和6名女性,年龄在20~35岁之间。评价人员根据ISO 4121标准进行了培训,分别对樱桃酒的4种感官属性进行评价,包括酸味、甜味、苦味和涩味;呈味强度采用10分制打分(0分代表没有味道,10分味道最强),记录各评价人员的评价打分结果。每个样品重复评价3次。

1.3.2 樱桃酒呈味物质的鉴定

1.3.2.1 有机酸含量的测定

采用配有紫外检测器的高效液相色谱系统测定,检测波长210 nm。色谱柱:Atlantis C₁₈(250 mm×4.5 mm, 5 μm);柱温30℃;流动相:0.05 mol/L H₃PO₄-甲醇(95:5, V/V)溶液;流速0.8 mL/min。样品先经0.45 μm滤膜孔过滤后,向仪器中注入10 μL进行分析。

1.3.2.2 氨基酸含量的测定

采用配有紫外检测器的高效液相色谱仪测定,检测波长338 nm。色谱柱:ODS Hypersil(250 mm×4.6 mm, 5 μm);柱温40℃;流动相:20 mmol/L醋酸钠和甲醇-乙腈溶液(1:2, V/V)混合;流速1 mL/min。样品经0.45 μm滤膜过滤后,向仪器中注入10 μL进行分析。

1.3.2.3 单宁酸含量的测定

采用配备二极管阵列检测器的高效液相色谱系统测定,检测波长275 nm。色谱柱:Akasil-C₁₈(250 mm×4.6 mm, 5 μm);柱温20℃;流动相:甲醇-水(4:1, V/V)溶液;流速0.5 mL/min。样品经0.45 μm滤膜孔过滤后,向仪器中注入10 μL进行分析。

1.3.2.4 酚酸含量的测定

采用带有紫外检测器的高效液相色谱仪测定,检测波长280 nm。色谱柱:Inertsil ODS(250 mm×4.6 mm, 5 μm);柱温30℃;流动相A:甲醇-乙酸-水(10:2:88, V/V)溶液;流动相B:甲醇-乙酸-水(90:2:8, V/V)溶液;流速1 mL/min。洗脱

程序：0~10 min，B为0%~15%；10~25 min，B为15%~50%；25~30 min，B为50%~0%。

50 mL樱桃酒样品用40 mL乙酸乙酯在分离漏斗中萃取2次，萃取时间20 min。有机层和水层分开，采用旋转蒸发仪除去水分。萃取物溶解于10 mL甲醇中，经0.45 μm 的滤膜过滤后，向仪器中注入10 μL 进行分析。

1.3.2.5 糖含量的测定

采用配备示差折光检测器的高效液相色谱仪测定，色谱柱：Aglient Hi-Plex Ca (300 mm $\times$ 7.7 mm，8 μm)；柱温80 $^{\circ}\text{C}$ ；检测器温度35 $^{\circ}\text{C}$ ；分析条件：流速0.6 mL/min；洗脱剂为纯水。样品经0.45 μm 的滤膜过滤后，向仪器中注入10 μL 进行分析。

1.3.3 定性定量分析

根据混合标准品的保留时间对照各个酒样中高效液相色谱图中的各出峰物质的保留时间进行定性；以峰面积外标法定量。

1.4 数据处理

感官分析数据进行方差分析， P 值小于0.05认为存在显著性差异，采用SPSS 20.0软件进行数据统计分析；应用XLSTAT统计分析软件对感官评价数据和定量数据进行主成分分析和聚类分析；利用Unscrambler version 9.7统计分析软件对6种樱桃酒的呈味物质及感官数据进行PLSR相关性分析。

2 结果与分析

2.1 樱桃酒感官分析

表2 6种樱桃酒样品的感官评定结果

Table 2 Taste intensities of 6 cherry wines in descriptive sensory evaluation

感官属性	平均分						P 值
	W1	W2	W3	W4	W5	W6	
酸	4.4 $\pm$ 1.30 ^{bc}	4.5 $\pm$ 0.85 ^{bc}	5.2 $\pm$ 0.84 ^b	7.1 $\pm$ 1.02 ^a	6.5 $\pm$ 0.55 ^a	4.0 $\pm$ 1.17 ^c	0.000 1
甜	2.9 $\pm$ 0.84 ^d	4.1 $\pm$ 0.45 ^c	3.4 $\pm$ 0.27 ^{cd}	4.0 $\pm$ 1.14 ^c	5.4 $\pm$ 0.45 ^b	7.3 $\pm$ 1.05 ^a	0.000 8
苦	5.5 $\pm$ 0.55 ^a	6.0 $\pm$ 1.14 ^a	3.8 $\pm$ 0.71 ^{bc}	6.3 $\pm$ 0.55 ^a	4.8 $\pm$ 0.98 ^{ab}	3.2 $\pm$ 0.84 ^c	0.001 3
涩	5.6 $\pm$ 0.55 ^{ab}	5.3 $\pm$ 0.72 ^{ab}	4.4 $\pm$ 1.21 ^b	6.4 $\pm$ 0.95 ^a	5.0 $\pm$ 1.10 ^{ab}	2.2 $\pm$ 0.89 ^c	0.001 1

注：同行不同小写字母表示差异显著 ($P<0.05$)； $n=30$ (10名评价人员，3次重复)。

对6种樱桃酒的感官属性进行感官评定，如表2所示。方差分析结果表明，不同厂家的樱桃酒同种属性（酸、甜、苦、涩）之间都具有显著性差异 ($P<0.05$)。表2结果表明，各樱桃酒感官属性显著性差异最高的是酸味，其次是甜味，最后是涩味和苦味。因此，酸、甜、苦、涩4种感官属性可以较好地解释不同厂家的樱桃酒的味觉特征。由表2可知，酒样W1的苦涩味强度较强，甜味较弱；W2的苦涩味与W1强度相近，但甜味比W1强；相较而言，W3各味道均较弱但也比较均匀；W4的酸味、苦味和涩味强度较大，而甜味较弱；

W5的酸味、苦味和涩味比W4稍弱，但甜味较强；W6的甜味强度比较大，其余味道都较弱。

2.2 樱桃酒酒样与感官属性的主成分分析

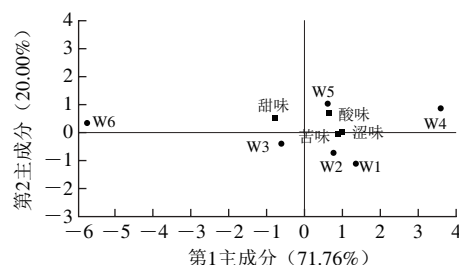


图1 6种樱桃酒酒样感官属性的主成分分布图

Fig. 1 PCA bi-plot of sensory attributes for 6 cherry wines

在感官定量描述分析基础上，采用主成分分析法分析不同樱桃酒样品的感官结果，利用二维分布图，可以直观表达出不同樱桃酒酒样之间的分类关系、酒样与感官属性之间的关系，如图1所示。通过主成分分析6种樱桃酒酒样的呈味特征，共提取2个主成分，第1主成分为71.76%，第2主成分为20%。6种樱桃酒酒样根据距离远近被分在不同区域，第1主成分负半轴的W3和W6为一类，正半轴的W1、W2、W4和W5分为一类；第2主成分把W4、W5和W6分为一类，W1、W2和W3为一类。酒样W1和W2分布在第4象限内，与苦味、涩味的相关性较大。酒样W4与W5分布在第1象限内，与酸味存在较高的相关性。

2.3 樱桃酒呈味物质的分析

有机酸影响酒的化学稳定性，对酒的品质有至关重要的作用^[22]。草酸、D-酒石酸、L-苹果酸、乳酸、乙酸、柠檬酸、琥珀酸在每种樱桃酒中均被检测到。质量浓度最高的为乳酸。乳酸同样在葡萄酒中被鉴定为主要的有机酸^[23-24]，质量浓度最少的是草酸。不同樱桃酒中有机酸质量浓度分别为：草酸0.05~0.36 g/L、D-酒石酸0.38~2.16 g/L、L-苹果酸0.89~6.23 g/L、乳酸2.36~32.15 g/L、乙酸0.04~4.87 g/L、柠檬酸0.28~1.49 g/L和琥珀酸0.43~3.83 g/L。

如表3所示，15种氨基酸在每种樱桃酒中被鉴定，而丝氨酸在W3和W6酒样中未被检测出，半胱氨酸也没有在W3中检测到。天冬氨酸 (0.01~1.37 g/L) 是质量浓度最高的氨基酸，其次是脯氨酸。氨基酸是酒中不可或缺的重要物质^[25]。根据Niu Yunwei等^[26]的研究成果，天冬氨酸是樱桃酒中的主要氨基酸。质量浓度最少的是半胱氨酸。氨基酸在每种樱桃酒中的差异主要来源于果实品种、产地、不同发酵和酿造工艺造成的。因此，氨基酸的组成也被用于果汁和发酵酒的分类^[27]。

表3 6种樱桃酒样品呈味物质的质量浓度
Table 3 The concentrations of 33 taste compounds in 6 cherry wines

编号	化合物	樱桃酒样品中呈味物质质量浓度/(g/L)						P值
		W1	W2	W3	W4	W5	W6	
1	蔗糖	6.20±0.85	5.08±0.13	0.82±0.07	0.22±0.01	0.68±0.04	3.16±0.06	0.000 8
2	葡萄糖	1.27±0.10	2.68±0.48	2.08±0.58	2.68±0.04	2.04±0.22	7.08±0.19	0.003 4
3	果糖	3.14±0.07	3.62±0.20	1.74±0.07	4.54±0.16	5.64±0.12	6.89±1.04	0.008 6
4	单宁酸	0.12±0.01	0.08±0.00	0.08±0.00	0.12±0.03	0.08±0.00	—	0.006 9
5	没食子酸	0.01±0.00	0.02±0.00	0.00±0.00	0.00±0.00	—	0.00±0.00	0.001 7
6	4-羟基苯甲酸	0.01±0.00	—	0.00±0.00	0.02±0.00	0.03±0.00	0.00±0.00	0.000 2
7	绿原酸	0.02±0.00	0.03±0.00	—	0.02±0.00	0.00±0.00	0.00±0.00	0.086 1
8	香草酸	0.01±0.00	0.00±0.00	—	0.01±0.00	0.02±0.00	0.00±0.00	0.003 4
9	咖啡酸	0.01±0.00	0.01±0.00	0.00±0.00	0.02±0.00	0.01±0.00	0.00±0.00	0.021 7
10	草酸	0.10±0.02	0.05±0.01	0.12±0.00	0.06±0.00	0.16±0.02	0.36±0.03	0.002 7
11	D-酒石酸	0.43±0.06	0.38±0.07	2.16±0.05	0.43±0.00	0.50±0.03	0.51±0.06	0.015 1
12	L-苹果酸	0.89±0.04	1.62±0.03	4.11±0.09	1.96±0.08	6.23±0.10	4.58±0.08	0.024 4
13	乳酸	14.08±1.05	16.26±1.82	16.52±0.27	32.15±2.08	6.28±0.03	2.36±0.17	0.001 8
14	乙酸	1.43±0.19	1.42±0.03	0.04±0.00	4.87±0.05	0.42±0.06	1.44±0.04	0.004 7
15	柠檬酸	1.49±0.24	0.77±0.13	0.85±0.09	1.43±0.02	0.30±0.02	0.28±0.03	0.006 5
16	琥珀酸	3.73±0.89	3.83±0.06	0.50±0.05	2.02±0.07	1.60±0.11	0.43±0.05	0.011 3
17	天冬氨酸	0.73±0.02	1.37±0.01	0.02±0.00	0.36±0.01	0.73±0.06	0.01±0.00	0.036 1
18	谷氨酸	0.07±0.00	0.14±0.00	0.01±0.00	0.11±0.00	0.06±0.00	0.01±0.00	0.014 2
19	丝氨酸	0.01±0.00	0.03±0.00	—	0.02±0.00	0.01±0.00	—	0.129 7
20	组氨酸	0.01±0.00	0.01±0.00	0.00±0.00	0.04±0.00	0.01±0.00	0.01±0.00	0.036 1
21	甘氨酸	0.03±0.01	0.03±0.00	0.00±0.00	0.07±0.00	0.02±0.00	0.00±0.00	0.008 9
22	苏氨酸	0.03±0.00	0.04±0.00	0.01±0.00	0.08±0.00	0.04±0.00	0.00±0.00	0.026 2
23	精氨酸	0.02±0.00	0.03±0.01	0.02±0.00	0.02±0.00	0.03±0.00	0.00±0.00	<0.000 1
24	丙氨酸	0.11±0.02	0.13±0.00	0.01±0.00	0.17±0.03	0.09±0.00	0.00±0.00	<0.000 1
25	酪氨酸	0.02±0.00	0.02±0.00	0.01±0.00	0.02±0.00	0.01±0.00	0.00±0.00	0.041 1
26	半胱氨酸	0.00±0.00	0.00±0.00	—	0.00±0.00	0.01±0.00	0.00±0.00	0.129 7
27	缬氨酸	0.05±0.01	0.06±0.01	0.00±0.00	0.08±0.00	0.02±0.00	0.00±0.00	0.001 7
28	蛋氨酸	0.03±0.00	0.04±0.00	0.01±0.00	0.05±0.00	0.03±0.00	0.01±0.00	0.010 3
29	苯丙氨酸	0.05±0.00	0.06±0.00	0.01±0.00	0.06±0.00	0.05±0.00	0.02±0.00	0.008 9
30	异亮氨酸	0.03±0.01	0.03±0.01	0.00±0.00	0.06±0.00	0.02±0.00	0.00±0.00	0.000 6
31	亮氨酸	0.04±0.00	0.03±0.00	0.01±0.00	0.08±0.01	0.03±0.00	0.00±0.00	<0.000 1
32	赖氨酸	0.03±0.00	0.02±0.00	0.01±0.00	0.08±0.00	0.03±0.00	—	<0.000 1
33	脯氨酸	0.20±0.03	0.31±0.02	0.11±0.01	0.14±0.06	0.05±0.00	0.02±0.00	0.037 5

注：—未检出。

酚类化合物对酒的颜色、涩味和苦味有重要影响^[28]。在6种酚酸中，咖啡酸是唯一在6种樱桃酒中均被检测到，并且质量浓度相对较高。同样地，Li Zheng等^[29]发现咖啡酸是赤霞珠葡萄酒中含量最高的一种羟基桂皮酸。相比之下，绿原酸的质量浓度最低。单宁酸也属于酚类化合物，主要与酒的涩感有关。在不同樱桃酒中，单宁酸的质量浓度差异较大，W6中未检测到，而在W1高达0.12 g/L。据报道，糖的种类和含量已作为甜樱桃^[30]和果酒鉴评的一个重要指标。在W1和W2中，蔗糖占主要地位，葡萄糖和果糖质量浓度较为接近。在W6中，葡萄糖和果糖是6种樱桃酒中质量浓度最高的，且2种糖质量浓度相差不多。

2.4 不同樱桃酒样品的聚类分析

如图2所示，6种樱桃酒样品中，产自江苏省的W1和W2聚在一类，产自山东省的W3、W4和W5聚在一类，W6产自吉林省单独成一类。可将产自山东省的3个品种

分为两类，W4和W5聚在一类，另外W3单独成一类。这说明不同产地可能对樱桃酒的呈味成分组成及口感有较大影响。

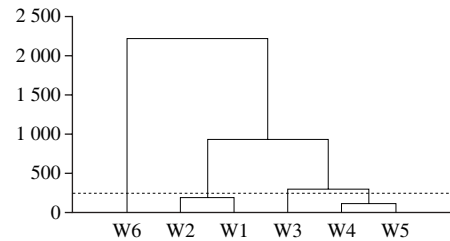
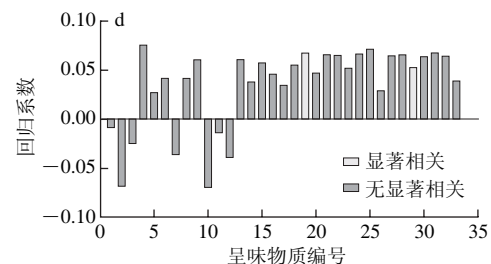
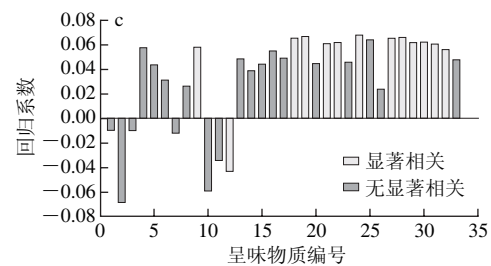
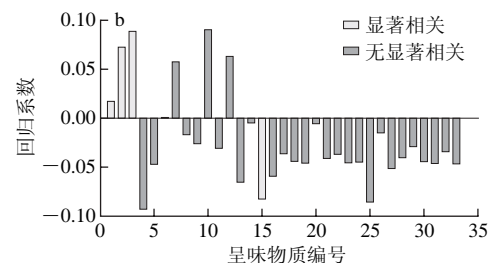
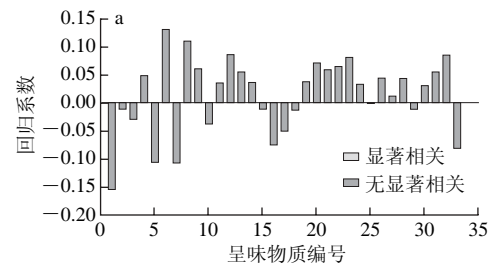


图2 不同品种樱桃酒数据聚类分析图

Fig. 2 Dendrogram obtained from cluster analysis of cherry wines

2.5 樱桃酒感官评价结果与呈味物质之间的相关性分析



a.酸味；b.甜味；c.苦味；d.涩味。呈味物质编号同表3。

图3 樱桃酒中特征呈味物质对感官属性的显著性影响分析

Fig. 3 Standardized, estimated regression coefficients and significance indications (stippled bars) from PLS1 prediction models for four sensory attributes

为进一步研究感官属性与特征呈味化合物的相关性,建立PLS1回归分析模型。考虑对每个感官属性显著相关的特征呈味物质,如图3所示。大部分感官属性与呈味物质均有显著相关关系,然而没有呈味物质与酸味显著相关。甜味与特征呈味物质蔗糖、葡萄糖和果糖呈显著正相关;而与呈味物质柠檬酸呈显著负相关。呈味物质咖啡酸、L-苹果酸、谷氨酸、丝氨酸、甘氨酸、苏氨酸、丙氨酸、缬氨酸、蛋氨酸、苯丙氨酸、异亮氨酸、亮氨酸、赖氨酸与苦味显著相关,其中L-苹果酸呈负相关。涩味与丝氨酸、苯丙氨酸呈显著正相关。

3 结论

本研究通过高效液相色谱对不同厂家的樱桃酒样品的33种呈味成分进行了分析鉴定,其中包括氨基酸类、糖类、有机酸类、单宁类、酚酸类等成分;感官评价结果显示6种樱桃酒样品的酸、甜、苦和涩4种感官属性都具有显著性差异;6个品种樱桃酒呈味成分聚类分析的结果表明,同一产地的樱桃酒较好地聚在一类,不同产地的樱桃酒差异较大;由PLS1模型可以得到,除了酸味没有与呈味物质显著相关,甜味、苦味和涩味与部分特征呈味物质均有显著相关关系。

参考文献:

- [1] 李婧,王玉田,车帅.枸杞蜂蜜樱桃酒的研制[J].安徽农业科学,2009,37(18):8688-8690. DOI:10.13989/j.cnki.0517-6611.2009.18.044.
- [2] 蒲昭和.樱桃与樱桃酒[N].中国中医药报,2006-06-24(21).
- [3] 付雪梅.冻疮治疗经验方[J].中国民间疗法,2010,18(10):64. DOI:10.3969/j.issn.1007-5798.2010.10.069.
- [4] 丁耐克.食品风味化学[M].北京:中国轻工业出版社,1996.
- [5] HUFNAGEL J C, HOFMANN T. Quantitative reconstruction of the nonvolatile sensometabolome of a red wine[J]. Journal of Agricultural and Food Chemistry, 2008, 56(19): 9190-9199. DOI:10.1021/jf801742w.
- [6] VIDAL S, FRANCIS L, NOBLE A, et al. Taste and mouth-feel properties of different types of tannin-like polyphenolic compounds and anthocyanins in wine[J]. Analytica Chimica Acta, 2004, 513(1): 57-65. DOI:10.1016/j.aca.2003.10.017.
- [7] SANTOSBUELGA C, SCALBERT A. Proanthocyanidins and tannin-like compounds-nature, occurrence, dietary intake and effects on nutrition and health[J]. Journal of the Science of Food and Agriculture, 2000, 80(7): 1094-1117. DOI:10.1002/(SICI)1097-0010(20000515)80:7<1094::AID-JSFA569>3.0.CO;2-1.
- [8] ZAKY A S, PENSUPA N, ANDRADE-EIROA Á, et al. A new HPLC method for simultaneously measuring chloride, sugars, organic acids and alcohols in food samples[J]. Journal of Food Composition and Analysis, 2017, 56: 25-33. DOI:10.1016/j.jfca.2016.12.010.
- [9] KELEBEK H, SELL S I, CANBAS A, et al. HPLC determination of organic acids, sugars, phenolic compositions and antioxidant capacity of orange juice and orange wine made from a Turkish cv. Kozan[J]. Microchemical Journal, 2009, 2: 187-192. DOI:10.1016/j.microc.2008.10.008.
- [10] YU H Y, ZHAO J, LI F H, et al. Characterization of Chinese rice wine taste attributes using liquid chromatographic analysis, sensory evaluation and an electronic tongue[J]. Journal of Chromatography B, 2015, 997: 129-135. DOI:10.1016/j.jchromb.2015.05.037.
- [11] SHEN F, LI F, LIU D, et al. Ageing status characterization of Chinese rice wines using chemical descriptors combined with multivariate data analysis[J]. Food Control, 2012, 25(2): 458-463. DOI:10.1016/j.foodcont.2011.11.019.
- [12] 代语林,董婵娟,邓宁,等.毛细管电泳法同时分离检测饮料中的六种食品添加剂[J].中国酿造,2016,35(5):187-191. DOI:10.11882/j.issn.0254-5071.2016.05.039.
- [13] 许春华,肖作兵,牛云蔚,等.高效液相色谱法测定市售樱桃酒中的有机酸[J].上海应用技术学院学报(自然科学版),2013,13(1):31-35. DOI:10.3969/j.issn.1671-7333.2013.01.007.
- [14] 方玲玲,肖作兵,牛云蔚,等.超高效液相色谱串联质谱法测定樱桃酒中的5种酚酸[J].食品与发酵工业,2011,37(6):172-176. DOI:10.13995/j.cnki.11-1802/ts.2011.06.044.
- [15] COSME F, RICARDODASILVA J M, LAUREANO O. Tannin profiles of *Vitis vinifera* L. cv. red grapes growing in Lisbon and from their monovarietal wines[J]. Food Chemistry, 2009, 112(1): 197-204. DOI:10.1016/j.foodchem.2008.05.058.
- [16] BARRADO E, RODRIGUEZ J A, CASTRILLEJO Y. Determination of primary amino acids in wines by high performance liquid magnetochromatography[J]. Talanta, 2009, 78(3): 672-675. DOI:10.1016/j.talanta.2008.12.023.
- [17] 叶芙蓉,陈细丹.高效液相色谱法测定黄酒中的糖类[J].酿酒,2012,39(5):63-68. DOI:10.3969/j.issn.1002-8110.2012.05.027.
- [18] SONG S Q, TANG Q, HAYATC K, et al. Effect of enzymatic hydrolysis with subsequent mild thermal oxidation of tallow on precursor formation and sensory profiles of beef flavours assessed by partial least squares regression[J]. Meat Science, 2014, 96(3): 1191-1200. DOI:10.1016/j.meatsci.2013.11.008.
- [19] SONG S Q, ZHANG X, XIAO Z, et al. Contribution of oxidized tallow to aroma characteristics of beeflike process flavour assessed by gas chromatography-mass spectrometry and partial least squares regression[J]. Journal of Chromatography A, 2012, 1254(17): 115-124. DOI:10.1016/j.chroma.2012.07.056.
- [20] 陈义,郭桂义,房志杰.基于主成分分析法的信阳毛尖香气质量评价模型构建[J].河南农业科学,2014,43(8):142-145. DOI:10.15933/j.cnki.1004-3268.2014.08.024.
- [21] SÁENZ-NAVAJAS M P, FERREIRA V, DIZY M, et al. Characterization of taste-active fractions in red wine combining HPLC fractionation, sensory analysis and ultra performance liquid chromatography coupled with mass spectrometry detection[J]. Analytica Chimica Acta, 2010, 673(2): 151-159. DOI:10.1016/j.aca.2010.05.038.
- [22] ESTEVES V I, LIMA S S F, LIMA D L D, et al. Using capillary electrophoresis for the determination of organic acids in Port wine[J]. Analytica Chimica Acta, 2004, 513(1): 163-167. DOI:10.1016/j.aca.2003.12.036.
- [23] VONACH R, LENDL B, KELLNER R. High-performance liquid chromatography with real-time Fourier-transform infrared detection for the determination of carbohydrates, alcohols and organic acids in wines[J]. Journal of Chromatography A, 1998, 824(2): 159-167. DOI:10.1016/S0021-9673(98)00570-6.
- [24] VALENTAO P, SEABRA R M, LOPES G, et al. Influence of *Dekkera bruxellensis* on the contents of anthocyanins, organic acids and volatile phenols of Dao red wine[J]. Food Chemistry, 2007, 100(1): 64-70. DOI:10.1016/j.foodchem.2005.09.010.
- [25] XIE G F, YANG D D, LIU X Q, et al. Correlation between the amino acid content in rice wine and protein content in glutinous rice[J]. Journal of the Institute of Brewing, 2016, 122(1): 162-167. DOI:10.1002/jib.304.
- [26] NIU Y W, ZHANG X, XIAO Z, et al. Characterization of taste-active compounds of various cherry wines and their correlation with sensory attributes[J]. Journal of Chromatography B Analytical Technologies in the Biomedical & Life Sciences, 2012, 902: 55-60. DOI:10.1016/j.jchromb.2012.06.015.
- [27] SEEBER R, SFERLAZZO G, LEARDI R, et al. Multivariate data analysis in classification of musts and wines of the same variety according to vintage year[J]. Journal of Agricultural & Food Chemistry, 1991, 39(10): 1764-1769. DOI:10.1021/jf00010a014.
- [28] RADOVANOVIĆ B C, RADOVANOVIĆ C, SOUQUET J M A N. Phenolic profile and free radical-scavenging activity of Cabernet Sauvignon wines of different geographical origins from the Balkan region[J]. Journal of the Science of Food and Agriculture, 2010, 90(14): 2455-2461. DOI:10.1002/jsfa.4106.
- [29] LI Z, PAN Q, JIN Z, et al. Comparison on phenolic compounds in *Vitis vinifera*, cv. Cabernet Sauvignon wines from five wine-growing regions in China[J]. Food Chemistry, 2011, 125(1): 77-83. DOI:10.1016/j.foodchem.2010.08.039.
- [30] MARÍA S, FABIÁN G, DOMINGO M, et al. Chemical constituents and antioxidant activity of sweet cherry at different ripening stages[J]. Journal of Agricultural & Food Chemistry, 2005, 53(7): 2741-2745. DOI:10.1021/jf0479160.