统计分析在葡萄酒质量评价中的应用

李 运,李记明,姜忠军
(烟台张裕集团有限公司,山东 烟台 264001)

摘 要: 统计学方法应用于葡萄酒质量分析与评价中,可以更加清楚地了解葡萄酒成分与感官质量之间的相互关系,为葡萄酒的质量控制、预测、预报、区分提供一种有效的途径。通径分析——能够准确地反应出葡萄酒中两个变量之间的直接作用;相关性分析——可为葡萄酒的质量分析与控制提供依据;变异系数分析——可反应葡萄酒中含量的稳定性,主成分分析——确定葡萄酒特征性成分的重要基础。(丹妮)

关键词: 葡萄酒; 统计分析; 质量评价; 感官质量
中图分类号:TS262.6;TS261.7;TB114;O21 文献标识码:B 文章编号:1001-9286(2009)04-0079-04

Application of Statistical Analysis in the Evaluation of Grape Wine Quality

LI Yun, LI Ji-ming and JIANG Zhong-jun
(Changyu Co .Ltd., Yantai, Shangdong 264001, China)

Abstract: The application of statistical analysis in the evalluation of grape wine quality could clearly display the relationship between grape wine compositions and grape wine sensory quality, which provides an effective way to the control, prediction, and differentiation of grape wine quality. General analysis could accurately show the direct relations between two variables in grape wine. Relativity analysis could provide evidences for the analysis and the control of grape wine quality. The analysis of the coefficient of variation could reflect the stability of compositions content in grape wine. And main compositions analysis is the important base for the determination of the characteristic compositions in grape wine.

Key words: grape wine; statistical analysis; quality evaluation; sensory quality

葡萄酒是由新鲜葡萄或葡萄汁经过酒精发酵而得到的一种含酒精饮料。葡萄酒质量是其外观、香气、口味、典型性的综合表现。一方面,酒中的糖、酸、矿物质和酚类化合物,都具有各自独特的风味,它们组成了葡萄酒的酒体;另一方面,酒中大量的挥发性物质,包括醇、酯、醛、缩醛、萜烯、碳氢化合物、硫化物等,都具有不同浓度、不同愉悦程度的香气,葡萄酒最终的质量则是葡萄酒中各种成分协调平衡的结果。

葡萄酒的成分之间存在着复杂的关系,它们又与感官质量之间有着密切的联系。采用科学的方法使存在于这些复杂关系的问题简单化,进而更加清楚地了解它们之间的相互关系,统计学方法无疑可以开辟一条有效的途径。

1 材料与方法

1.1 试验材料

不同来源的成品红葡萄酒 166 种;测定其中的 100 种成分,并对其进行感官评价。

1.2 检测方法

感官指标:感官指标是能直接反映出葡萄酒质量差异的指标,由具有品酒经验的专业品酒员对上述葡萄酒进行感官品评,并将所有品酒员的分数平均后作为样品的最终得分。

常规指标:酒精度、总酸、挥发酸、还原糖、干浸出物的分析方法按国家标准 GB/T15038-94(葡萄酒、果酒通用试验方法)中的有关方法进行。

pH 值的测定:使用 pH 计直接测定;

单宁的测定:Folir-denis(福林-丹尼斯)法;

色度的测定:751 分光光度计直接比色法;

总酚的测定:Folin_ciocalteu 比色法;

多酚类物质的测定:HPLC 法;

香气成分的测定:GC-MS 法;

矿物质元素:美国 VARIAN VISTA-PRO 电感耦合等离子发射光谱仪直接测定;

其他成分:葡萄酒自动分析仪法;

有机酸:HPLC 法;

防腐剂:HPLC 法。

收稿日期:2008-12-01
作者简介:李运(1965-),大学本科,工程师。
通讯作者:李记明(1966-),研究员,博士生导师,现任张裕葡萄酿酒股份有限公司总工程师。

1.3 数据处理方法

根据葡萄酒成分分析和感官分析的结果，利用SPSS11.0以及AMOS6.0软件进行统计分析与数据处理。

数据结果的相关性分析,采用分析软件SPSS11.0的Correlate中的Bivariate分析;

数据结果的通径分析，采用分析软件AMOS6.0分析;

数据结果的变异系数分析,采用分析软件SPSS11.0的Descriptive Statistics中的Descriptives分析;

数据结果的主成分分析,采用分析软件SPSS11.0的Data Reduction中的Factor分析;

数据结果的聚类分析，采用分析软件SPSS11.0的C1assify中的Hierachical Cluster分析;

数据结果的回归分析，采用分析软件SPSS11.0的Regression中的Curve Estimation过程分析。

2 结果与分析

2.1 相关性分析

在数据分析的过程中，常常需要分析两个或两个以上变量之间的因果关系,通常会采用相关性分析方法,它不需要区分自变量和因变量，两个或者多个变量之间是平等的关系,通过相关分析可以了解变量之间(感官质量与其他成分指标)的关系密切程度。

表1结果初步确定了26个(14个指标显著相关、12个指标极显著相关) 与红葡萄酒感官质量显著相关的质量指标,依次是总酚、单宁、柠檬酸、酒精度、酪醇、1-己醇、色度、2-苯乙醇、丁二酸单乙酯、干浸出物、3-OH-丁酸乙酯、己酸(极显著相关,$p<0.01$);pH值、钾、芦丁、乳酸乙酯、镁、丁二酸二乙酯、1,4-丁内酯、锶、2-甲基-1-丙醇、1-丁醇、儿茶素、锰、磷、香草醛(显著相关,$p<0.05$),上述指标在较大程度上影响了感官得分。

2.2 深入分析——通径分析

相关分析只是简单地估测了2个变量之间的关系(密切程度),而通径分析不仅能说明原因,而且能够准确地估测出各性状因子对因变量 (感官得分) 的相对重要性。由于通径系数是自变量与因变量间有方向的相关系数,它表示的是在剔除其他因素影响后的作用。因此,通径分析反应的是两者之间真正的相关关系。

表2表明,单宁、总酚、钾等对红葡萄酒感官质量有最为直接的作用。另外,乳酸乙酯、丁二酸单乙酯、磷、镁、乙酸乙酯、没食子酸、儿茶素、2-苯乙醇、钠 、酪醇、干浸出物等对感官的直接通径系数较高，表明这些指标对红葡萄酒感官质量也有重要的作用。

表1 红葡萄酒中各项质量指标与感官得分的相关系数(以相关系数排序，n=126)

质量指标(mg/L)	相关系数r	决定系数	直接通径系数	显著程度	p
总酚	0.616	197.46089	14.05208	(**)	0
单宁	0.611	230.19225	15.17209	(**)	0
柠檬酸(g/L)	0.566	0.00005	0.00705	(**)	0
酒精度(%vol)	0.518	0.01997	0.14131	(**)	0
酪醇	0.509	0.07543	0.27465	(**)	0
1-己醇	0.494	0.00045	0.02116	(**)	0
色度	0.401	0.00536	0.07323	(**)	0
2-苯乙醇	0.396	0.09465	0.30765	(**)	0
丁二酸单乙酯	0.383	1.94432	1.39439	(**)	0
干浸出物	0.377	0.07093	0.26633	(**)	0
3-OH-丁酸乙酯	0.334	0.00001	0.00376	(**)	0
己酸	0.307	0.00033	0.01821	(**)	0
pH值	0.277	0.00159	0.03984	(*)	0.011
钾	0.273	113.74939	10.66534	(*)	0.011
芦丁	0.264	0.00575	0.07584	(*)	0.011
乳酸乙酯	0.258	2.05389	1.43314	(*)	0.012
镁	0.251	0.94637	0.97281	(*)	0.012
丁二酸二乙酯	0.250	0.00866	0.09305	(*)	0.012
1，4-丁内酯	0.245	0.0257	0.16032	(*)	0.015
锶	0.245	0.00006	0.00793	(*)	0.015
2-甲基-1-丙醇	0.236	0.03227	0.17965	(*)	0.015
1-丁醇	0.231	0.00002	0.00495	(*)	0.015
儿茶素	0.217	0.12068	0.34738	(*)	0.017
锰	0.197	0.00038	0.01959	(*)	0.021
磷	0.193	1.73114	1.31573	(*)	0.023
香草醛	0.188	0.00034	0.01844	(*)	0.026

而2-甲基-1-丙醇、丁二酸二乙酯、芦丁、pH值、1-己醇、锰、己酸、锶、1-丁醇、烯丙醇、3-OH-丁酸乙酯、酒精度、色度、香草醛、柠檬酸等质量指标,虽然与感官得分(显著)相关,但其直接通径系数(决定系数)与感官质量不相关,表明这些指标不足以对感官质量起到直接作用,它们对感官得分的影响是以间接影响为主。

通过相关分析与通径分析表明，单宁和总酚与感官质量的相关系数和直接通径系数均排在前两位，表明这两种质量指标对红葡萄酒感官质量起着极为重要的作用。

2.3 变异系数分析

变异系数的大小反映的是该成分在葡萄酒中含量的稳定性。变异系数越小，表明其在葡萄酒中的含量越稳定,越具有代表性。

表3结果表明，明确了各成分指标在红葡萄酒中的分布规律,确定了密度、pH值、酒精度、干浸出物、单宁、总酚、甘油、色度、己酸、钙、磷、钾、硅、镁、酪醇、乳酸乙酯、辛酸乙酯、1-己醇、2-苯乙醇、酒石酸、邻香豆酸、丁二酸单乙酯、挥发酸、儿茶素、香草酸(RSD小于50%)等

表 2　红葡萄酒中各项质量指标与感官得分的通径系数（以通径系数排序，n=126）

质量指标	决定系数	直接通径系数
单宁(mg/L)	230.19225	15.17209
总酚(mg/L)	197.46089	14.05208
钾(mg/L)	113.74939	10.66534
乳酸乙酯(mg/L)	2.05389	1.43314
丁二酸单乙酯(mg/L)	1.94432	1.39439
磷(mg/L)	1.73114	1.31573
镁(mg/L)	0.94637	0.97281
乙酸乙酯(mg/L)	0.85398	0.92411
没食子酸(mg/L)	0.34767	0.58964
儿茶素(mg/L)	0.12068	0.34738
2-苯乙醇(mg/L)	0.09465	0.30765
钠(mg/L)	0.09216	0.30357
酪醇(mg/L)	0.07543	0.27465
干浸出物	0.07093	0.26633
丁二醇(mg/L)	0.06571	0.25633
硅(mg/L)	0.03567	0.18887
2-甲基-1-丙醇(mg/L)	0.03227	0.17965
1，4-丁内酯(mg/L)	0.0257	0.16032
酒精度(%v/v)	0.01997	0.14131
3-OH-2-丁酮(mg/L)	0.01191	0.10913
丁二酸二乙酯(mg/L)	0.00866	0.09305
甘油(g/L)	0.00815	0.09027
芦丁(mg/L)	0.00575	0.07584
咖啡酸(mg/L)	0.00554	0.07445
色度	0.00536	0.07323
辛酸(mg/L)	0.003	0.0548
对香豆酸(mg/L)	0.00211	0.04593
铁(mg/L)	0.00176	0.04194
pH 值	0.00159	0.03984
香草酸(mg/L)	0.00134	0.03655
原儿茶酸(mg/L)	0.00124	0.03515
对羟基苯甲酸(mg/L)	0.00103	0.03216
OH-丁二酸二乙酯(mg/L)	0.0007	0.02652
1-丙醇(mg/L)	0.0006	0.02454
1-己醇(mg/L)	0.00045	0.02116

属于红葡萄酒中含量相对稳定的成分。

表 3 进一步表明，尽管在不同来源的红葡萄酒中，各项指标含量相差较大，但最终的感官质量则体现了各成分之间综合作用的结果，通过这种成分之间的平衡性、协调性而保证了感官质量的相对稳定。

2.4　主成分分析

主成分分析(PCA)是将多项指标重新组合成一组新的互相无关的几个综合指标，根据实际需要从中选取尽可能少的综合指标，以达到尽可能多的反映原指标信息的分析方法。

对 126 个红葡萄酒的指标经主成分分析后，得到 8 个主成分，累计贡献率为 80.96 %，具有统计学上的意义。

表 4 表明，8 个主成分所包含的成分指标基本可以代表所有测定的成分指标，同时也表明这些指标对红葡萄酒(感官)质量有着重要的贡献。

表 3　红葡萄酒中各项质量指标的变异系数（n=126）

质量指标	样本数	标准差	变异系数(RSD)(%)
密度	67	0.01	0.99
pH 值	126	0.20	5.85
酒精度(%vol)	126	1.11	9.47
干浸出物	126	2.34	10.60
单宁(mg/L)	126	253.53	22.19
总酚(mg/L)	126	232.11	22.57
甘油(g/L)	126	1.88	24.61
钙(mg/L)	126	17.22	25.16
色度	126	1.64	25.80
己酸(mg/L)	126	0.44	30.07
磷(mg/L)	126	36.03	31.81
钾(mg/L)	126	296.92	32.15
硅(mg/L)	126	5.35	32.89
镁(mg/L)	126	28.39	33.44
酪醇(mg/L)	67	7.70	34.00
钡(mg/L)	126	0.04	36.03
铁(mg/L)	126	1.30	36.76
乳酸乙酯(mg/L)	126	56.53	39.39
辛酸乙酯(mg/L)	67	0.11	42.88
1-己醇(mg/L)	126	0.80	45.25
2-苯乙醇(mg/L)	126	12.38	46.51
酒石酸(g/L)	126	0.63	46.99
邻香豆酸(mg/L)	67	0.10	47.13
丁二酸单乙酯(mg/L)	126	57.79	48.40
挥发酸(g/L)	126	0.29	48.48
儿茶素(mg/L)	126	15.38	48.74
香草酸(mg/L)	126	1.54	48.84

表 4　红葡萄酒指标的主成分分析结果(n=126)

主成分	包含成分名称	贡献率(%)
第一主成分	酪醇，2-甲基-1-丁醇，3-甲基-1-丁醇，2-苯乙醇	11.99
第二主成分	钙，铝，铁，镁，硅	23.27
第三主成分	总酚，没食子酸，儿茶素，对羟基苯甲酸，酒精度	32.93
第四主成分	OH-丁二酸二乙酯，乳酸，苹果酸	41.62
第五主成分	对香豆酸，咖啡酸，月桂酸乙酯	50.09
第六主成分	1-丁醇	66.13
第七主成分	丁二酸二乙酯，丁二酸单乙酯	73.96
第八主成分	苯甲醇	80.96

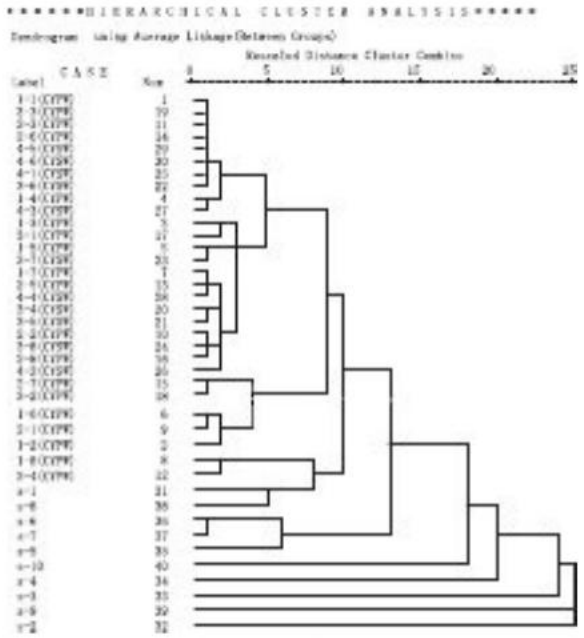
进一步分析表 4 可知，第一主成分主要是挥发性醇类物质；第二主成分主要是矿质元素；第三、第五主成分更多的是体现了酚类物质；第四主成分主要是有机酸等。上述结果说明红葡萄酒中最具有代表性的指标依次是醇类物质、矿质元素、酚类物质、有机酸以及酯类等。

2.5　聚类分析

聚类分析(Cluster Analysis)是研究分类问题的多元统计方法之一，就是根据研究对象的特征把性质相近的

个体归为一类，使得同一类中的个体具有高度的同质性，不同类之间的个体具有高度的异质性的多元分析技术的总称。

以主成分分析所得主成分作为变量进行聚类分析，结果如图1所示。



(注：CYPW和CYSW是不同批次的张裕-卡斯特酒庄蛇龙珠干红葡萄酒，S1-S10是选取的国内有代表性的干红葡萄酒产品)

图1 不同来源红葡萄酒聚类分析结果(n=40)

结果显示：张裕-卡斯特酒庄蛇龙珠干红葡萄酒明显区别于其他干红产品，产品特征明显；同时也说明利用聚类分析可以有效地将张裕干红葡萄酒与其他干红葡萄酒区分开来。

2.6 葡萄酒成分与感官质量的多元线性回归方程研究

多元线性回归是研究多个自变量与一个因变量间是否存在线性关系(相互依存关系)，并用多元线性回归方程来表达这种关系（或用回归方程定量地刻画一个因变量与多个自变量间的线性依存关系)的数学分析方法。

将感官得分作为因变量，所有成分指标作为自变量，利用SPSS11.0进行多元线性逐步回归分析后，最终得到方程模型如下，经验证各系数和常数项均具有统计学意义，方程的预测准确率为83.2%。

感官得分 (W)=52.59+总酚×0.00509+（1-己醇)×3.93+(2-甲基-1-丙醇)×0.0363－柠檬酸×3.13+咖啡酸×0.23+香草酸×0.42+酒精度×1.05+（2-甲基-1-丁醇)×0.0353 (n=126)

(方程各参数取值、适用范围：[50≤W≤100]，[453 mg/L≤总酚≤1362 mg/L]，[0 mg/L≤(1-己醇)≤4.4 mg/L]，[2.9 mg/L≤(2-甲基-1-丙醇)≤139.7 mg/L])[0.06 g/L≤柠檬酸≤3.99 g/L]，[0.61 mg/L≤咖啡酸≤54.1 mg/L]，[0 mg/L≤香草酸≤11.23 mg/L]，[7.39≤酒精度 (%v/v)≤14.28]，[2.7 mg/L≤(2-甲基-1-丁醇)≤86.6 mg/L])

3 讨论

本文通过对统计分析在葡萄酒质量分析与评价中的应用研究后表明：

3.1 相关分析可以了解葡萄酒各成分之间、各成分与感官质量之间的关系密切程度，结果可为葡萄酒的质量分析与控制提供依据。

3.2 通径分析不仅能估测葡萄酒中2个变量(成分)之间的关系(密切程度)，而且能够准确地估测出各成分对因变量(感官得分)的相对重要性。由于其是自变量与因变量间有方向的相关系数，因此它表示的是在剔除其他成分影响后的两成分之间的直接作用。

3.3 葡萄酒中各成分变异系数的大小反映了该成分在葡萄酒中含量的稳定性。变异系数越小，表明其在葡萄酒中的含量就越稳定，越具有代表性。

3.4 主成分分析可以明确对葡萄酒(感官)质量有重要贡献的成分指标，分析结果也是确定葡萄酒特征性成分的重要基础。

3.5 聚类分析可以有效地区分不同来源、不同质量等级的葡萄酒，反映各样品的相似性，并根据其质量特点进行归类。

3.6 多元线性回归分析可以阐明一个因变量(感官质量)与多个自变量(成分)间的线性依存关系，可为葡萄酒感官质量预测、预报及控制提供有效的数学方法。

综上所述，将统计学方法应用于葡萄酒质量分析与评价中，可为葡萄酒的质量控制、预测、预报、区分提供一种有效的途径。●

2008年智利葡萄酒出口额11亿美元

本刊讯：智利《三点钟报》消息，根据智利葡萄酒协会统计，2008年智利葡萄酒出口额11.64亿美元，同比增长7.7%，平均价格上涨5.2%。

智利葡萄酒最主要的出口目的国包括：英国(2.05亿美元)、美国(1.94亿美元)、加拿大(6959万美元)、荷兰(6216万美元)、巴西(5179万美元)、爱尔兰(5071万美元)、丹麦(5048万美元)、日本(4265万美元)、德国(3946万美元)、比利时(3190万美元)。(小小)