生 物 数 学 学 报 · 2005 ,20(2) : 223-228

Journal of Biomathematics

影响干红葡萄酒感官质量的因素分析

李 华　杨永锋　郭明浩　刘树文*

(西北农林科技大学 葡萄酒学院，陕西 杨凌 712100)

摘　要: 以 116 个干红葡萄酒酒样为样本，通过多项式回归构建出反映陈酿时间、酒精含量、残糖量以及是否在橡木桶中陈酿与感官质量之间关系的方程. 并且通过回归方程的预测，确定出感官分析结果与各影响因素之间的数量关系.

关键词: 干红葡萄酒；感官质量；多项式回归；影响因素

中图分类号: TS262　　**MR 分类号**: 92B05; 49K10　　**文献标识码**: A

文章编号: 1001-9626(2005)02-0223-06

0 引 言

与一些标准产品不同，每一个葡萄酒产区都有其风格独特的葡萄酒. 葡萄酒的风格决定于葡萄品种、气候和土壤条件. 由于众多的葡萄品种，各种气候、土壤等生态条件，各具特色的酿造方法和不同的陈酿方式，使所生产出的葡萄酒之间存在着很大的差异，产生了多种类型的葡萄酒. 每一类葡萄酒都具有其特有的颜色、香气和口感. 葡萄酒的种类繁多，构成成分复杂，其气味和口感变化很大. 虽然人们在如何利用现代仪器分析以确定葡萄酒的质量方面做了极大的努力，也取得了突破性的进展，但是目前感官分析还仍然是评价葡萄酒感官质量最有效的方法 [1]. 因此，本文从数理统计的角度出发，利用国际葡萄酒感官分析专家对来自全世界的 116 个干红葡萄酒酒样的感官分析结果和各酒样相关的理化指标，进行研究分析，以期确定影响各类干红葡萄酒感官质量共同的主要因素，初步构建相关因素与感官质量之间关系的最优数学模型，为确定干红葡萄酒合理的酿造工艺提供理论依据.

1 材料与方法

1.1 数据来源

本研究所采用的数据来自 “2003 法国巴黎国际品酒会”H 专家组对编号为 1302 、 1805 、 102 、 1605 、 505 、 409 、 701 、 907 样品组干红葡萄酒的感官分析结果. H 专家组由来自中国、法国、葡萄牙、意大利、加拿大等 9 名专家组成. 各样品组的干红葡萄酒是来自法国、西班牙、葡萄牙、罗马尼亚、匈牙利、希腊、摩洛哥、美国、智利等国共计 116 个样品，其中

收稿日期: 2003-04-20 ; **收修改稿日期**: 2003-09-22

作者简介: 李华 (1959-) , 男，重庆梁平人，教授，博士.　　* 通讯作者

© 1994-2010 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved.　http://www.cnki.net

获奖的干红酒样数目为 35，每个样品都记载了陈酿时间、酒精含量、残糖量和是否在橡木桶中陈酿等资料，数据见表 1.

表 1 干红葡萄酒酒样数据表

Table 1 Statistics of all Samples of Dry Red Wines

酒样	产地	影响因素 陈酿时间(年)	酒精含量(%)	残糖量(g/l)	橡木桶中陈酿	品尝得分	酒样	产地	影响因素 陈酿时间(年)	酒精含量(%)	残糖量(g/l)	橡木桶中陈酿	品尝得分
5450	法国	2	12.0	0.0	0	78	8937	希腊	2	13.1	1.1	1	77
9302	法国	2	13.0	0.0	1	74	5530*	匈牙利	3	12.6	1.6	0	81
8574	法国	2	13.3	1.4	1	79	5702	匈牙利	3	12.6	2.4	0	76
9123	法国	2	12.6	2.0	1	71	6586*	匈牙利	3	12.8	1.2	1	81
7600	法国	2	12.0	0.0	1	78	6783*	匈牙利	3	11.7	1.3	1	82
6914	法国	2	12.7	0.1	1	79	6568*	匈牙利	3	13.3	2.3	1	86
5968	法国	2	12.6	0.7	1	75	5733	匈牙利	3	12.0	2.3	1	74
6062	法国	3	12.0	0.0	1	77	7228*	匈牙利	3	12.5	3.0	1	81
5301	法国	5	12.8	2.0	1	80	9751	罗马尼亚	3	13.0	3.7	1	76
5598	西班牙	2	14.2	1.2	1	75	8043	匈牙利	4	11.9	3.8	0	75
9341	西班牙	3	13.2	1.3	0	72	7500	匈牙利	4	13.0	5.7	0	70
6516*	西班牙	3	13.0	1.2	1	82	9080*	匈牙利	4	13.5	1.7	1	86
5151*	西班牙	3	13.0	1.3	1	81	9954*	匈牙利	4	13.1	1.7	1	86
9439	西班牙	3	13.4	1.3	1	79	8018	匈牙利	4	12.4	2.0	1	79
8631	西班牙	3	13.4	1.2	1	68	6912	摩洛哥	1	12.4	0.0	0	78
8824	西班牙	3	13.5	1.3	1	74	8490	葡萄牙	2	13.5	2.0	1	78
7289	西班牙	3	13.5	1.3	1	79	7283*	摩洛哥	2	12.6	2.0	1	81
9013	西班牙	4	12.1	1.2	1	55	7127*	罗马尼亚	2	13.6	1.5	1	82
5396	法国	2	12.8	1.3	0	74	6075	匈牙利	2	12.4	1.9	1	73
6662	法国	2	11.9	0.0	1	72	8988*	匈牙利	3	12.0	1.8	0	81
5529	西班牙	4	13.2	1.2	1	80	6864	希腊	2	12.8	2.9	1	78
5430	西班牙	4	13.8	1.3	1	75	8495*	摩洛哥	3	12.3	0.0	1	81
6401*	西班牙	5	12.5	1.2	1	82	7271	希腊	3	13.9	1.8	1	68
7198	西班牙	5	12.9	1.0	1	67	9969*	美国	4	13.7	0.1	1	86
8086	西班牙	5	13.0	1.3	1	79	6497	希腊	4	12.3	0.8	1	71
5391	法国	2	15.0	1.5	0	79	5187*	希腊	4	13.6	2.2	1	86
9110	法国	2	14.8	1.8	0	80	5741	希腊	4	12.7	0.0	1	76

注：表中带“*”标记的酒样为获奖酒样

1.2 研究方法

在样品所提供的相关资料中，陈酿时间、酒精含量、残糖量与感官质量之间的数量规律均呈非线性 (通过各个因素与感官质量的散点图得出). 因此，我们采用多项式回归以及趋势面分析对数据进行了处理分析. 趋势面分析是拟合数学曲面的一种方法，其理论依据在于任何一函数在适当的范围内，都可以用多项式来逼近；其实际做法是调整多项式的项数和次数，使方程满足实际问题的需要 [2]

© 1994-2010 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved. http://www.cnki.net

表 1　干红葡萄酒酒样数据表 (续)

Table 1　Statistics of all Samples of Dry Red Wines

酒样	产地	影响因素 陈酿时间(年)	酒精含量(%)	残糖量(g/l)	橡木桶中陈酿	品尝得分	酒样	产地	影响因素 陈酿时间(年)	酒精含量(%)	残糖量(g/l)	橡木桶中陈酿	品尝得分
7143	智利	1	13.1	2.0	1	77	5859	美国	6	14.4	0.0	1	42
8158	智利	1	13.5	2.0	1	78	8908	智利	1	12.0	2.8	0	80
5074	智利	2	13.0	1.2	1	80	5906*	葡萄牙	2	13.0	0.0	1	81
5594	智利	2	13.9	1.8	1	80	9186	葡萄牙	2	12.5	2.1	1	75
9401*	智利	2	14.0	2.0	1	86	6573*	葡萄牙	2	13.0	0.0	1	81
6072	智利	2	13.2	2.6	1	80	8276	葡萄牙	2	14.0	2.5	1	77
9983	智利	2	13.8	3.3	1	70	9006	葡萄牙	2	13.5	3.8	0	71
5217*	智利	3	15.2	0.0	1	83	5920	葡萄牙	3	13.0	1.9	0	69
6997*	智利	3	14.0	0.0	1	86	6900	葡萄牙	3	13.0	4.1	1	74
6591*	智利	3	13.7	2.5	1	86	5838*	葡萄牙	3	13.5	0.0	1	83
5280*	智利	3	13.4	2.6	1	82	6987*	葡萄牙	3	13.0	1.7	1	81
5681*	智利	3	14.0	3.0	1	86	8238*	葡萄牙	3	13.4	2.0	1	81
5641	智利	4	13.2	2.1	1	80	8666	葡萄牙	3	12.5	2.4	1	76
8978	智利	2	13.0	2.2	1	64	9643*	葡萄牙	3	13.5	2.6	1	86
7799	葡萄牙	4	12.5	2.4	1	68	5402*	葡萄牙	3	14.0	2.8	1	87
9166*	葡萄牙	4	13.4	2.6	1	83	7854	葡萄牙	4	12.6	0.0	1	78
8626	葡萄牙	5	12.0	0.0	1	80	8387*	希腊	2	13.1	2.6	1	87
7829	西班牙	4	13.0	1.2	1	71	9275	希腊	2	13.0	2.0	1	78
7190	西班牙	4	13.0	1.3	1	70	8882	法国	2	13.0	2.0	1	52
7499	法国	2	11.6	3.0	0	65	5582	法国	2	14.2	1.4	0	72
6490	法国	2	11.1	0.0	0	68	5728	法国	2	14.2	1.5	1	78
6010	法国	2	12.5	0.0	0	75	5208*	法国	2	14.5	2.0	1	84
7008	法国	2	13.1	0.7	1	76	6344	法国	2	14.0	2.5	1	80
9200	法国	2	12.6	0.0	1	72	6238	法国	2	13.3	0.0	1	77
9833	法国	3	13.6	0.0	1	74	6202*	法国	2	14.5	2.0	1	82
7316	法国	3	13.3	1.0	1	71	9376	法国	2	14.0	2.0	1	80
5599	法国	3	13.5	0.0	1	75	6856*	法国	3	14.0	1.0	1	84
5916	法国	4	12.4	0.0	0	69	9440*	法国	3	14.7	1.0	1	87
5831	法国	4	12.9	0.5	1	74	8300	法国	4	13.1	1.3	0	75
9436	法国	1	12.5	0.5	1	77	9667	法国	8	13.7	1.2	1	72
6220	法国	1	12.5	0.3	1	79	5637	法国	2	15.7	2.8	0	56

注：表中带“*”标记的酒样为获奖酒样

2　结果与分析

2.1　各影响因素与感官质量关系的确定

首先，分别以 X 代表陈酿时间， Y 代表酒精含量， Z 代表残糖量， M 代表是否在橡木桶中陈酿， w 代表感官质量

通过绘出各因素 (陈酿时间、酒精含量、残糖量、是否在橡木桶中陈酿) 与葡萄酒感官分析

© 1994-2010 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved.　http://www.cnki.net

得分之间的散点图，可以清楚地看出，陈酿时间、酒精含量、残糖量与感官质量之间的数值规律均呈非线性. 同时对各影响因素与感官质量之间的相关性进行了分析，其结果见表 2. 由表 2 可以看出残糖量与感官质量之间的相关性非常小，仅有 0.01922. 所以，在多项式回归方程中可以将残糖量 (Z) 这一影响因素剔除. 并且，由于是否在橡木桶中陈酿这一影响因素只能用 0 和 1 分别表示在橡木桶中陈酿和没有在橡木桶中陈酿，所以，无法将这一因素纳入回归方程中. 但是通过对在橡木桶中陈酿的酒样和没有在橡木桶中陈酿的酒样之间进行方差分析，结果如表 3 所示. 通过表 3 可以看出，在橡木桶中陈酿的酒样与没有在橡木桶中陈酿的酒样之间存在显著性差异，并且在橡木桶中陈酿的酒样的品尝得分的均值大于没有在橡木桶中陈酿的酒样，这表明在橡木桶中陈酿的酒样的感官质量好于没有在橡木桶中陈酿的酒样. 因此，在干红葡萄酒的生产过程中，在橡木桶中陈酿有助于提高酒的感官.

表 2 陈酿时间、酒精含量、残糖量、是否在橡木桶中陈酿与感官质量之间的相关性分析

Table 2 Correlation Analysis among Aging Time, Alcohol Content, Residual Sugar, Aging in Oak Cask or not and Tasting Results

	X	Y	Z	M	w
X	1.00000	−0.02225	−0.03959	0.13680	−0.12114
Y		1.00000	0.13247	0 12786	0.11241
Z			1.00000	−0.13814	0.01922
M				1.00000	0.21177
w					1.00000

表 3 差异显著性检验分析

Table 3 Analysis of Variance between Dry Red Wines that Aging in Oak Cask or not

品尝得分	n	均值	SS	MS	t 值
没有在橡木桶中陈酿的酒样	21	73.52	37.70	6.14	2.5771*
在橡木桶中陈酿的酒样	95	77.47	45.97	7.27	

2.2 多项式回归模型的构建与检验

(1) 多项式回归方程的构建

将所有数据作为一个整体的数据集，通过 SAS 数据处理软件中多项式回归相关的程序，采用 GLM 过程处理，获得多项式回归方程：

$$W = -32161.51145 + 9874.33372Y - 3.12048YX + 22.58275X^2 - 1130.55598Y^2 - 16.70582X^3 + 57.37356Y^3 + 2.50052X^4 + 0.89817YX^3 - 1.08857Y^4 - 0.16258YX^4 \quad (0 < W < 100)$$

在回归方程中， X 项 (陈酿时间) 没有出现，表明其对感官质量 (W) 的作用是非线性的；而 Y 项 (酒精含量) 在方程中出现，并且可以看出其对感官质量 (W) 的线性作用很大；交叉项 YX 、YX^3 、YX^4 综合起来在 X(陈酿时间)∈[2.5,4.6] 范围内，对感官质量 (W) 的作用是正面的，即在这一段陈酿时间内，它们可以提高酒的感官质量.

(2) 回归方程的显著性检验与复相关系数 R 显著性检验

对于回归方程显著性检验结果见表 4. 由表 4 可以看出：整个回归方程在 0.01 水平上显著，表明整个回归方程是极显著的. 在该回归方程中，复相关系数 R 为 0.653655 ，决定系数 R^2 为 0.427265. 经检验复相关系数达到极显著.

© 1994-2010 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved. http://www.cnki.net

表 4　回归方程显著性检验方差分析

Table 4　Analysis of Variance of the Regression Equation

	偏差平方和	自由度	均方	F 值
回归	2556.43208724	10	255.64320872	7.83**
剩余	3426.80929207	105	32.63627897	
总和	5983.24137931	115		

(3) 回归方程各项系数的显著性检验

通过显著性检验，除了 YX 这一项的系数在 0.05 水平上显著外，其他各项系数均在 0.01 水平上达到极显著．这说明构建的回归方程是符合原有的样本集．

通过以上回归方程显著性检验、复相关系数 R 显著性检验、回归方程各项系数显著性检验，可以看出所构建的多项式回归方程是符合要求的，并且真实地反映了原有的数据集．但是整个回归方程仍然只是反映了原有数据集的大部分信息，而部分信息在回归方程的构建过程中丧失，这一点是无法避免的．

通过 MATLAB 中三维图绘制的相关程序绘制出整个回归方程的空间立体图，如图 1 所示．由图 1 可以明显地看出感官质量随酒精含量、陈酿时间变化的变化趋势．

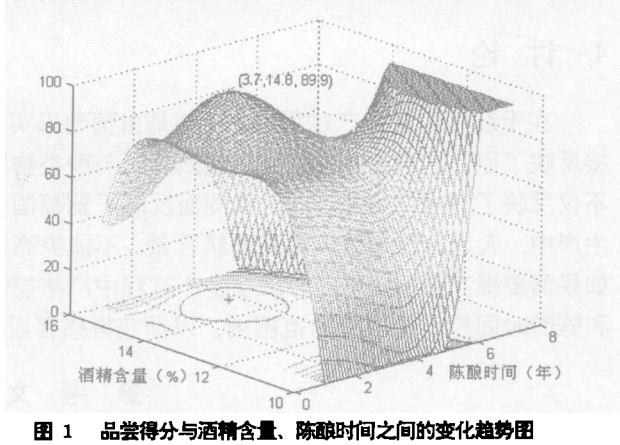

图 1　品尝得分与酒精含量、陈酿时间之间的变化趋势图

(4) 回归方程的预测

将陈酿时间这一影响因素取 8 个水平，分别为 1、2、3、4、5、6、7、8 年；

酒精含量为 11.0～16.0%，其间隔为 0.1%，分别输入到回归方程中，进行预测，并且对结果进行分析，得出以下结论：酒精含量在 13.5～15.3% 之间，陈酿时间在 3～4 年内的干红葡萄酒，其品尝得分均高于 80．这说明如果生产的干红葡萄酒，其酒精含量、陈酿时间都处于这一范围，可以初步地判断其感官质量达到上乘．在这一范围内，当酒精含量达到 14.8%，陈酿时间为 3.7，品尝得分几乎接近 90，达到最高点．从这一点可以看出，如果所生产出的干红葡萄酒酒精含量和陈酿时间超过这一点，其感官质量呈下降趋势．所以在生产过程中，必须将酒精含量和陈酿时间必须控制在这一点以下．但是，由于葡萄酒的品尝过程非常复杂，所以最佳的品尝点不会局限于一点，往往是在其附近的区域内．

对于陈酿时间在 1～2 年的干红葡萄酒，酒精含量在 11.6～13.9% 范围内，其感官质量非常稳定，几乎没有太大的变化．另外，从预测预报的结果中我们可以看出，对于陈酿时间较短的干红葡萄酒，其感官质量的高峰期所对应的酒精含量的范围要比陈酿时间较长的干红葡萄酒的范围窄，并且出现高峰期时所对应的酒精含量偏高．从这一点可以看出，对于陈酿时间较短的干红葡萄酒，在生产时其酒度应该略微提高．

© 1994-2010 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved.　http://www.cnki.net

3 结 论

通过以上多项式回归方程的构建以及分析结果，可以看出： 1) 在橡木桶中陈酿的酒样的感官质量好于没有在橡木桶中陈酿的酒样. 2) 残糖量与感官质量之间的相关性非常小，因此，残糖量对于感官质量的作用极其微小. 3) 酒精含量在 3.5~15.3% 之间，陈酿时间在 3~4 年内的干红葡萄酒，其品尝得分均高于 80，这说明如果生产的干红葡萄酒，其酒精含量、陈酿时间都处于这一范围，可以初步地判断其感官质量达到优质. 并且，对于陈酿时间在 2 年之内的干红葡萄酒，酒精含量在 11.6~13.9% 之间，其感官质量没有太大的变化；对于陈酿时间较短的干红葡萄酒，其感官质量的高峰期所对应的酒精含量的范围要比陈酿时间较长的干红葡萄酒的范围窄，并且出现高峰期时所对应的酒精含量偏高.

因此，在干红葡萄酒的生产过程中，应该把酒度控制在 13.5~15.3% 的范围内，陈酿时间在 3~4 年内，并且需要在橡木桶中陈酿，这样以期获得感官质量上乘的干红葡萄酒. 同时，对于生产周期较短、工业化生产程度高的厂家，在干红葡萄酒的生产过程中，应该将酒度相对的提高，这样对于所生产的干红葡萄酒的口感是有帮助的.

4 讨 论

在干红葡萄酒生产过程中，酒精是由葡萄果实中的糖转化而来. 因此，酒精含量的高低直接反映了原料的成熟度. 而原料成熟度又与酚类物质的含量正相关. 所以，酒精含量的高低，不仅反映了酒度的大小，而且从侧面反映了葡萄酒中酚类物质的含量以及原料的质量问题. 在生产中，人为的添加糖以提高酒精含量，不能提高葡萄酒的感官质量. 因此，对于生产厂家，如果需要提高酒精含量，必须在生产过程中严格控制原料的成熟度. 在此基础上，将酒精含量和陈酿时间控制在上述的范围内，以期获得感官质量优质的干红葡萄酒.

参 考 文 献

[1] 李华. 葡萄酒品尝学 [M]. 北京：中国青年出版社， 1992, 2-3.

[2] 袁志发，周静芋. 多元统计分析 [M]. 北京：科学出版社， 2002, 148-149.

[3] 谢善文. 多项式回归方法拟合共混胶料疲劳断裂曲线 [J]. 上海冶金高等专科学校学报， 1998, 19(3):150-153.

Effects of Different Factors on Tasting Results of Dry Red Wine

LI Hua Yang Yong-feng Guo Ming-hao Liu Shu-wen

(*College of Enology, Northwest Sci-Tech University of Agriculture & Forestry, Yangling Shannxi* 712100 *China*)

Abstract: The relationship among tasting results and aging time, alcohol content, residual sugar and aging in oak cask or not of different dry red wines are studied in this paper. The results show that when the aging time ranges from 3 years to 4 years and alcohol content is between 13.5% and 15.3%, tasting results would be perfect. To the dry red wines whose aging time is less than 2 year, when alcohol content is between 11.6% and 13.9%, tasting results of them is mostly same. That aged in oak cask has a positive effect on the tasting results. Residual sugar almost has no effects on the tasting results.

Key words: Dry red wine ; Tasting results ; Polynomial regression ; Effect

© 1994-2010 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved. http://www.cnki.net