

模糊综合评价在干红葡萄酒感官品评中的应用

王百姓¹, 冯积社²

(¹陇东学院农林科技学院, 甘肃庆阳 745000; ²陇东学院数学系, 甘肃庆阳 745000)

摘要: 运用模糊综合评价法对干红葡萄酒口感协调性进行品评和结果分析, 实验结合影响干红葡萄酒口感差异的各种因素, 以外观、香气、滋味、典型性、综合品质5个方面作为协调性指标论域, 给定优(1级)、优良(2级)、合格(3级)、不合格(4级)、劣质(5级)5个评语等级论域, 选用M(·, +)算子建立模糊综合评价指标体系和模糊综合评价模型, 再根据隶属度采用秩加权平均原则进行口感协调性模糊综合评价结果向量分析, 利用Matlab7.0对品评结果进行频数分析, 确定干红葡萄酒口感协调性质量等级, 克服了简单评分法给结果带来的主观性和片面性, 具有较高的准确性和公正性。

关键词: 模糊综合评价; 干红葡萄酒; 感官品评

食品行业惯用的感官品评方法, 受人员的嗜好、习惯、情绪、年龄、经验等因素的影响较大, 评定常有一定程度的主观性和不确定性, 容易引起打分不一致和数据分析产生偏差, 使品评结果不够准确, 缺乏客观的评价, 误差较大。因此, 品评人员是决定最终品评结果的关键因素。Pérez Elortondo F J^[1]针对品评人员研制了一套行之有效的感官品评方法; 国内外研究者还不断尝试将先进的数据处理方法与感官品评相结合, 感官品评的客观性得到很大改善。

模糊综合评价是借助模糊数学的一些概念, 应用模糊关系合成原理, 将一些边界不清、不易定量的因素定量化、综合评价的一种方法, 常用于定性检测、感官多指标综合^[2]。目前将模糊综合评判法应用于食品感官品评的实例并不多。

1 材料与方法

1.1 材料

1.1.1 干红葡萄酒样品

表1列出了本研究使用的干红葡萄酒样品种类及其产地信息。

表1 干红葡萄酒样品信息

样品号	1	2	3	4	5	6
产地	烟台	吉林	武威	烟台	武威	宁夏

1.1.2 数理统计软件

采用Matlab7.0软件。

1.2 本文模糊综合评价所采用的数学模型

1.2.1 评价论域的确定和权重向量的选择

因素集: $U = \{u_1, u_2, \dots, u_n\}$ (u_i 表示第*i*项指标, $i=1, 2, 3, \dots, n$)

评价集: $V = \{v_1, v_2, \dots, v_m\}$ (v_j 表示第*j*级别的评价结果, 共*m*个等级)

权重集: 对于各因素间的权数分配为 $A = (a_1 \ a_2 \ a_3 \ \dots \ a_n)$, 其中 $a_i \geq 0$ 且: $\sum_{i=1}^n a_i = 1$

权重集是评语集合各指标在总体感官质量上所占比重的集合, 非常重要, 它在很大程度上影响着最终的评判结果。本实验采用特尔菲法确定权重, 邀请6位资深葡萄酒品评专家, 根据各因素对干红葡萄酒感官质量影响的重要程度进行打分, 打分结果离散度低, 在此基础上确定各因素的权重值A。

根据以上原理, 结合最新的葡萄酒国家标准(GB15037-2006), 设计表2所示的干红葡萄酒感官品评标准。

$U = \{\text{外观 (色泽、澄清度)}, \text{香气}, \text{滋味}, \text{典型性}, \text{综合品质}\}$ (5个评价指标—因素集)

$V = \{\text{优, 优良, 合格, 不合格, 劣质}\}$ (5个评价等级—评价集)

$A = \{0.2, 0.3, 0.2, 0.2, 0.1\}$ (其中色泽和澄清度权重各占外观项的50%)

设第*i*个因素的单因素评价为 $R_i = \{r_{i1}, r_{i2}, r_{i3}, \dots, r_{im}\}$, 它可以看作是U上的模糊子集, 表示第*i*个因素的评价对于第*K*个隶属等级的隶属度, 于是得到*n*个因素

作者简介: 王百姓(1964—), 男, 甘肃环县人, 副教授, 主要从事食品科学与技术专业教学与研究工作。

的总的评价矩阵:

1.2.2 模糊综合评价模型的建立

$$R = \begin{bmatrix} R_1 \\ R_2 \\ M \\ R_n \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} r_{11} & r_{12} & L & r_{1n} \\ r_{21} & r_{22} & \dots & r_{2n} \\ M & M & L & M \\ r_{n1} & r_{n2} & \dots & r_{nn} \end{bmatrix}$$

表2 干红葡萄酒感官品评标准

项目及权重		描述	等级	品评标准
外观 U1 (0.2)	色泽 (0.1)	紫红、深红、宝石红、红 微带棕色、棕红色	优V ₁ 优良V ₂ 合格V ₃ 不合格V ₄ 劣质V ₅	充分代表了葡萄酒的年限及该品种酒的固有色泽 代表了葡萄酒的年限及该品种酒的固有色泽 能代表葡萄酒的年限及该品种酒的基本色泽 代表性丢失较少或呈现浅紫色 不具有明显的代表性或有褐化现象
	澄清度 (0.1)	澄清、有光泽，无明显悬 浮物（使用软木塞封口的 酒允许有3个以下不大于 1mm的软木渣，封装超过 18个月的酒允许有少量沉 淀）	优V ₁ 优良V ₂ 合格V ₃ 不合格V ₄ 劣质V ₅	澄清、有光泽，无悬浮物 澄清、有光泽，无明显悬浮物 澄清、非常轻度的雾浊 浑，轻度的云浊 明显的云浊
	香气 U2 (0.3)	香气 (闻) (0.3)	具有纯正、优雅、怡悦、 和谐的果香与酒香，陈酿 型的葡萄酒还应具有陈酿 香或橡木香	有典型的葡萄品种香气及陈酿香或橡木香，香气纯正、优雅、 怡悦、和谐 有明显的葡萄品种香气及陈酿香，香气纯正、和谐 香气明显但不典型 无明显香气 香气缺乏
	滋味 U3 (0.2)	香味 (尝) (0.2)	具有纯正、优雅、爽怡的 口味和悦人的果香味，酸 甜协调，酒体丰满，回味 绵长	代表葡萄品种和年限的典型性，纯正、优雅、爽怡的口味和悦 人的果香味，酸甜协调，酒体丰满，回味绵长 具有明显的葡萄品种和年限的特征，口味纯正、爽怡，果香味 明显，酸甜协调 有一定果香味，无杂味 有醋味 劣质V ₅
	典型性 U4 (0.2)	总体 风味 (0.2)	具有标示的葡萄品种及产 品类型应有的特征和风格	风味极为协调和柔和 风味协调和柔和 略有余味 较强的余味 强烈的余味 优V ₁ 优良V ₂ 合格V ₃ 不合格V ₄ 劣质V ₅
综合品质 U5 (0.1)	愉快度 (0.1)	愉快	非常愉快 愉快 一般愉快 不愉快 劣质V ₅	愉快 愉快 一般愉快 不愉快 明显的令人不愉快

模糊综合评价原理基于模糊变换，模糊合成算子是进行模糊变换的工具和手段，更是建立模糊综合评价模型的关键。常用的模糊合成算子有以下几种^[3]: $M(\wedge, V)$ 算子、 $M(\cdot, V)$ 算子、 $M(\wedge, +^*)$ 算子和 $M(\cdot, +^*)$ 算子。有人对4个算子做了一些比较^[4]，见表3。

表3 模糊合成算子的比较

比较内容	算子			
	$M(\wedge, V)$	$M(\cdot, V)$	$M(\wedge, +^*)$	$M(\cdot, +^*)$
体现全数作用	不明显	明显	不明显	明显
综合程度	弱	弱	强	强
利用R的信息	不充分	不充分	比较充分	充分
类型	主因素决定型	突出型	不均衡平均型	加权平均型

由表3可以看出，对综合评价而言， $M(\cdot, +^*)$ 是较为适合的算子。本研究是多因素多层次的对6种干红葡萄酒进行评价并排序，故采用 $M(\cdot, +^*)$ 算子来建立

模糊综合评价模型。

对于多因素多层次模糊矩阵的复合运算，有模型：

$$B = AgR = [a_1 \ a_2 \ L \ a_n]g \begin{bmatrix} B_1 \\ B_2 \\ M \\ B_n \end{bmatrix}$$

对多种干红葡萄酒的排序，可令等级分数矩阵为 $C = (C_1 C_2 C_3 C_4)$ ，再求出B的综合评价值。

2 干红葡萄酒感官品评模糊综合评价模型的验证

实验研究中，我们选取了13位经验丰富的干红葡萄酒品评专家组成员品评小组，参照最新的葡萄酒国家标准GB15037-2006，对6种不同档次的酒样按表2的标准进行感官品评。将结果按行进行归一化处理，得到模糊关系矩阵R。

2.1 隶属函数的建立

根据干红葡萄酒的感官质量指标内容, 设定了2个评价域: 因素集U和评价集V, 从U到V的一个模糊映射构成评判矩阵R, 在权重集A为加权数时, 则有:

$$Y = A \cdot R$$

式中, Y为综合评判结果集, A为权重集, R为评判矩阵。

2.2 评价矩阵的建立

整理品评人员的评价结果, 统计每项目指标认可人数, 汇总结果见表4。

表4 干红葡萄酒感官品评结果汇总

评价指标	酒序号	1号					2号					3号					4号					5号					6号				
		优	良	合	不	劣	优	良	合	不	劣	优	良	合	不	劣	优	良	合	不	劣	优	良	合	不	劣	优	良	合	不	劣
		V ₅	V ₄	V ₃	V ₂	V ₅	V ₄	V ₃	V ₂	V ₅	V ₄	V ₃	V ₂	V ₅	V ₄	V ₃	V ₂	V ₅	V ₄	V ₃	V ₂	V ₅	V ₄	V ₃	V ₂	V ₅	V ₄	V ₃	V ₂		
外观	色泽	4	9			5	8			8	5			7	6			1	9	3			7	6							
U1	0.1																														
0.2	澄清度	12	1			9	4			2	7	4			10	3			3	9	1			11	2						
香气	香气	5	7	1		2	8	3		1	12			1	4	8			1	7	5			3	9	1					
0.3																															
滋味	香味	1	4	5	3	2	5	6	2	8	3	1	4	7	1	3	5	4	1	4	7	2									
U3	0.2																														
典型性	总体	3	10			2	9	2	1	9	3	1	3	9	1	3	9	3	4	9											
U4	风昧	0.2																													
0.2																															
综合品质	愉快度	4	8	1	1	10	1	1	10	2	1	6	5	1	2	10	1	3	10												
U5	0.1																														
0.1																															

由表4得各待评价样品的模糊关系矩阵分别为:

$$R_{1,1} = \begin{bmatrix} 0 & 0.6154 & 0.3846 & 0 & 0 \\ 0 & 0.3846 & 0.5385 & 0.0769 & 0 \\ 0 & 0.3077 & 0.3846 & 0.2308 & 0 \\ 0 & 0.2308 & 0.7692 & 0 & 0 \\ 0 & 0.3077 & 0.6154 & 0.0769 & 0 \end{bmatrix}$$

$$R_{1,2} = \begin{bmatrix} 0 & 0.5385 & 0.4615 & 0 & 0 \\ 0 & 0.1538 & 0.6154 & 0.2308 & 0 \\ 0 & 0.1538 & 0.3846 & 0.4615 & 0 \\ 0 & 0.1538 & 0.6923 & 0.1538 & 0 \\ 0.0769 & 0.0769 & 0.7692 & 0.0769 & 0 \end{bmatrix}$$

$$R_{1,3} = \begin{bmatrix} 0.0769 & 0.5769 & 0.3462 & 0 & 0 \\ 0 & 0.0769 & 0.9231 & 0 & 0 \\ 0 & 0.1538 & 0.6154 & 0.2308 & 0 \\ 0 & 0.0769 & 0.6923 & 0.2308 & 0 \\ 0 & 0.0769 & 0.7692 & 0.1538 & 0 \end{bmatrix}$$

$$R_{1,4} = \begin{bmatrix} 0 & 0.6538 & 0.3462 & 0 & 0 \\ 0.0769 & 0.3077 & 0.6154 & 0 & 0 \\ 0.0769 & 0.3077 & 0.5385 & 0.0769 & 0 \\ 0.0769 & 0.2308 & 0.6923 & 0 & 0 \\ 0.0769 & 0.4615 & 0.3846 & 0.0769 & 0 \end{bmatrix}$$

$$R_{1,5} = \begin{bmatrix} 0.1538 & 0.6923 & 0.1538 & 0 & 0 \\ 0.0769 & 0.5385 & 0.3846 & 0 & 0 \\ 0.2308 & 0.3846 & 0.3077 & 0.0769 & 0 \\ 0.0769 & 0.6923 & 0.2308 & 0 & 0 \\ 0.1538 & 0.7692 & 0.0769 & 0 & 0 \end{bmatrix}$$

$$R_{1,6} = \begin{bmatrix} 0 & 0.6923 & 0.3077 & 0 & 0 \\ 0 & 0.2308 & 0.6923 & 0.0769 & 0 \\ 0 & 0.3077 & 0.5385 & 0.1538 & 0 \\ 0 & 0.3077 & 0.6923 & 0 & 0 \\ 0 & 0.2308 & 0.7692 & 0 & 0 \end{bmatrix}$$

2.3 干红葡萄酒口感协调性模糊综合评价结果向量的分析

处理模糊综合评价结果的常用方法有: 最大隶属度原则、秩加权平均原则和模糊向量单值化方法。本研究采用秩加权平均原则^[5]: 将等级看作一种相对位置, 使其连续化。为定量处理, 不妨用名次“1, 2, 3, ..., m”依次表示各等级, 并称其为各等级的秩(此实验中1代表优、2代表优良、3代表合格、4代表不合格、5代表劣质)。用b中对应分量将各等级的秩加权求和, 得到被评事物名次的相对位置, 即秩加权平均原则, 可表示为:

$$A_k = \frac{\sum_{j=1}^5 b_{kj}^2 g_j}{\sum_{j=1}^5 b_{kj}^2}$$

2.4 模糊综合评价模型

$$\begin{aligned} b_i &= Ag^T = [a_1 \ a_2 \ L \ a_n] g^T \\ &= \begin{bmatrix} r_{11} & r_{12} & L & r_{1n} \\ r_{21} & r_{22} & \dots & r_{2n} \\ M & M & L & M \\ r_{n1} & r_{n2} & \dots & r_{nn} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} 0 & 0.6154 & 0.3846 & 0 & 0 \\ 0 & 0.3846 & 0.5385 & 0.0769 & 0 \\ 0 & 0.3077 & 0.3846 & 0.2308 & 0 \\ 0 & 0.2308 & 0.7692 & 0 & 0 \\ 0 & 0.3077 & 0.6154 & 0.0769 & 0 \end{bmatrix} \\ &= [0.2 \ 0.3 \ 0.2 \ 0.2 \ 0.1] \begin{bmatrix} 0 & 0.6154 & 0.3846 & 0 & 0 \\ 0 & 0.3846 & 0.5385 & 0.0769 & 0 \\ 0 & 0.3077 & 0.3846 & 0.2308 & 0 \\ 0 & 0.2308 & 0.7692 & 0 & 0 \\ 0 & 0.3077 & 0.6154 & 0.0769 & 0 \end{bmatrix} \\ &= [0 \ 0.3769 \ 0.5308 \ 0.0769 \ 0] \end{aligned}$$

2.5 干红葡萄酒口感协调性模糊综合评价结果向量的分析

对于干红葡萄酒口感协调性品评实验中的单指标模糊向量 b_i ，有：

$$A_1 = \frac{\sum_{j=1}^5 b_{ij}^2 g_j}{\sum_{j=1}^5 b_{ij}^2} = \frac{0 + 4 \times 0.3769^2 + 3 \times 0.5308^2 + 2 \times 0.0769^2}{0.3769^2 + 0.5308^2 + 0.0769^2} = 3.3031$$

3.3031处于4和2之间，即该酒样的口感协调性在优良与合格之间，亦可形容为“比较协调”偏向“协调”的倾向很大。

2.6 干红葡萄酒样品口感协调性模糊综合评价体系的建立

采取与样品1同样的品评分析方法，对其余样品口感协调性进行模糊综合评价，得到口感协调性5个等级（1代表优、2代表优良、3代表合格、4代表不合格、5代表劣质，可分别形容为很协调、协调、较协调、不协调、差）的模糊综合评价结果向量 b_i ，分别为：

$$b_1 = [0 \ 0.3769 \ 0.5308 \ 0.0769 \ 0]$$

$$b_2 = [0.0077 \ 0.2231 \ 0.5692 \ 0.2000 \ 0]$$

$$b_3 = [0.0154 \ 0.1923 \ 0.6846 \ 0.1077 \ 0]$$

$$b_4 = [0.0615 \ 0.3769 \ 0.5385 \ 0.0231 \ 0]$$

$$b_5 = [0.1308 \ 0.5923 \ 0.2615 \ 0.0154 \ 0]$$

$$b_6 = [0 \ 0.3538 \ 0.5923 \ 0.0538 \ 0]$$

由前面算式可得：

$$A_1 = 3.3031 \quad A_2 = 2.9272 \quad A_3 = 3.0276 \quad A_4 = 3.3405$$

$$A_5 = 3.8809 \quad A_6 = 3.2493$$

将被评酒样名次的相对位置 A 按照从小到大（从优到劣）的顺序排列依次为： $A_2 < A_3 < A_6 < A_1 < A_4 < A_5$ 。此即6种干红葡萄酒样品口感从协调渐变到较不协调的优劣顺序。也就是说2号酒样的口感协调性在优良与合格（协调与较协调）之间，偏向合格（较协调）的倾向很大；3号、6号、1号、4号、5号酒样在合格与不合格（较协调与不协调）之间，其中3号酒样十分接近合格（较协调），6号、1号和4号酒样偏向合格（不协调），5号酒样偏向不合格（差）。

3 讨论

模糊综合评价结果是被评事物对各等级模糊子集的隶属度，它构成了一个模糊向量，而不是一个点值，提供的信息比其他方法更丰富。本实验先结合影响干红葡萄酒口感差异的各种因素，建立了模糊综合评价指标体系，以外观、香气、滋味、典型性、综合品质5个方

面作为协调性指标论域，同时选定了优（1级）、优良（2级）、合格（3级）、不合格（4级）、劣质（5级）5个评语等级论域。然后选用 $M(\cdot, +)$ 算子建立模糊综合评价模型，再根据隶属度采用秩加权平均原则进行口感协调性模糊综合评价结果向量分析，确定每种样品的质量等级。最后对干红葡萄酒样品分别进行口感协调性感官品评，利用Matlab7.0对品评结果进行频数分析，通过比较两种评价结果的差异，有效地验证了干红葡萄酒口感模糊综合评价模型的可行性。

品评结果统计分析表明，6个酒样除5号酒样感官质量相对6差外，总体质量比较稳定，其从小到大（从优到劣）的顺序排列依次为： $A_2 < A_3 < A_6 < A_1 < A_4 < A_5$ ，即6种干红葡萄酒样品口感从协调渐变到较不协调的优劣顺序。

本研究将模糊综合评价法引入干红葡萄酒口感协调性品评中，应用模糊数学的隶属度来确定干红葡萄酒口感协调性质量等级。品评不需要打分或下评论，品评人员只要在设计好的评审表中，根据各自品评情况在确定项目栏中划“√”即可，再经微机计算出隶属度，确定品评酒样的质量等级，很大程度克服了以往简单评分法给结果带来的主观性和片面性，具有较高的准确性和公正性，使评定结果趋于客观合理，具有一定的创新性和实用性，为感官品评技术的改进奠定了一定的基础，也为干红葡萄酒质量稳定与提高提供了可靠保障。◇

参考文献

- [1] PEREZ-ETORTINDO F J. Food quality certification: an approach for the development of accredited sensory evaluation methods. *Food Quality and Preference*, 2007, 18: 425-439.
- [2] 吴有炜.试验设计与数据处理.苏州:苏州大学出版社, 2002:210-217.
- [3] WEN KUN-Li. A Mat lab toolbox for grey clustering and fuzzy Comprehensive evaluation. *Advances in Engineering Software*, 2008, 39(2):137-145.
- [4] 王岁楼.运用数理统计评判啤酒的感官质量.山西食品工业, 1996, 3:10-13.
- [5] TIMOTHY C P, JULIAR W G. Predicting organoleptic scores of subppm flavor notes. Part2: computational analysis and results. *Analyst*, 1998, 123(10): 2057-2066.

Application of Fuzzy Synthetic Evaluation in the Sense Estimation of Dry Red Wine

WANG Bai-xing¹, FENG Ji-she²¹*College of Agriculture and Forestry, LongDong University, Qingyang 745000, China;*²*College of Mathematics and Statistics, LongDong University, Qingyang 745000, China)*

Abstract: The fuzzy synthesis evaluation method was applied to estimate mouth feeling coordination of the red wine and analyze the result. The experiment unified 5 influence factors, including the appearance, the fragrance, the taste, the typical nature, the synthesis quality as the coordinative index of discourse domain on wine, and classified 5 ranks, such as superior (level 1), fine (level 2), qualified (level 3), unqualified (level 4), inferior (level 5). The $M(\cdot, +)$ operator is selected to establish fuzzy synthetic evaluation index system and the fuzzy synthetic evaluation model. According to the degree of membership based on the principle of rank weighted average, the results of the fuzzy synthetic evaluation about coordination were analyzed by vector analysis. Meanwhile, the Matlab7.0 was used to do the frequency analysis on the evaluation results to determine the different ranks of wine. This method overcomed the subjectivity and one-sidedness of the simple grading law and has higher accuracy and fairness.

Keywords: fuzzy synthesis evaluation; dry red wine; sense evaluation

欢迎订阅2012年《中国稻米》杂志

《中国稻米》是由农业部主管，中国水稻研究所主办，全国农业技术推广服务中心等单位协办的全国性水稻科学技术期刊。设有“专论与研究”、“品种与技术”、“各地稻米”，“综合信息”等栏目，兼具学术性、技术性、知识性、信息性等特点。据《中国科技期刊引证报告》（核心版）统计，《中国稻米》2008年的影响因子为0.611，2009年为0.422。2008年度还有一篇文章被评为中国百篇最具影响的国内文章。适合水稻产区的各级技术人员及农业与粮食行政管理人员、科研教学人员和稻农阅读。

本刊为双月刊，标准大16开本，单月20日出版。每期定价10.00元，全年60.00元

公开发行，邮发代码：32-31，国内刊号CN33-1201/S，国际统一刊号ISSN 1006-8082

E-mail：zgdm@163.com，网址：www.zgdm.net

欢迎新老读者到当地邮局订阅，也可直接到本刊编辑部订阅。

地址：杭州市体育场路359号 邮政编码：310006

电话（传真）：0571-63370271，63370368