

模糊综合评价法在啤酒口感协调性品评中的应用

刘春风¹,董建军²,郑飞云¹,李永仙¹,李 崎¹,顾国贤¹

(1 江南大学 教育部工业生物技术重点实验室,江苏 无锡 214122;2 青岛啤酒股份有限公司科研中心,山东 青岛 266101)

[摘 要] **【目的】**建立啤酒口感协调性模糊综合评价法,使啤酒口感协调性感观评定结果趋于准确和客观,为啤酒质量稳定与提高提供可靠的评价保障。**【方法】**采用模糊数学综合评价法,通过隶属度描述 10 种市售啤酒样品的口感协调性特征,首先依次建立模糊综合评价指标体系、确定评价对象协调性指标论域和评语等级论域;再进行啤酒协调性单指标评价,确定评价指标模糊权向量 a ,建立模糊综合评价模型;最后对啤酒口感协调性模糊综合评价结果进行分析。通过感官对啤酒样品整体口感协调性进行品评,利用 SPSS13.0 数据软件对品评结果进行分析,最终确定啤酒样品口感协调性优劣等级,将此结果与模糊综合评价结果进行比较,以说明模糊综合评价法的有效性。**【结果】**感官品评法和模糊综合评价法得到的啤酒口感协调性结果基本一致,感官品评法不能将样品 6 与 10,5 与 8 区别开来,而模糊评价法则能很好地区分 10 种样品的口感协调性优劣。啤酒样品 1 和 2 的口感协调性最好,5 和 8 的口感协调性最差。**【结论】**模糊综合评价法可用于啤酒口感协调性评价,与传统的口感品评法相比,模糊综合评价法更加客观准确,区分度更加明显。

[关键词] 啤酒口感;口感协调性;模糊综合评价;隶属度;感官品评

[中图分类号] TS262.5 **[文献标识码]** A **[文章编号]** 1671-9387(2008)03-0213-010

Application of fuzzy comprehensive evaluation in beer
harmony characteristic tasting

LIU Chun-feng¹,DONG Jian-jun²,ZHENG Fei-yun¹,LI Yong-xian¹,
LI Qi¹,GU Guo-xian¹

(1 The Key Laboratory of Industrial Biotechnology,Ministry of Education,Wuxi,Jiangsu 214036,China;
2 Science and Research Center,Tsingtao Brewery Co. LTD,Qingdao,Shandong 266101,China)

Abstract:**【Objective】**The study is aimed to establish a method of fuzzy comprehensive evaluation in beer harmony characteristic tasting,and to make the result of sensory evaluation more accurate and objective,furthermore,to improve the beer quality.**【Method】**The method of fuzzy mathematics comprehensive evaluation was applied in the study,and the mouth-feel harmony characteristics of 10 kinds of beer were described by the membership grade;the system of beer taste compatibility comprehensive assessment indexes,region of indexes and grade of comments were identified first;then the evaluation of single index on beer harmony was carried out,and the fuzzy power weight vector ‘ a ’ was confirmed,and the model of fuzzy comprehensive evaluation was established;lastly,to make an analysis on the result of beer harmony characteristic tasting. Moreover,the whole harmony characteristic of beer sample was evaluated,and its result was processed by the date processing software SPSS13.0,and aftera while,the comparison of fuzzy comprehensive evaluation result and traditional sensory evaluation result carried out to show the validity of the

* **[收稿日期]** 2007-04-03
[基金项目] 国家“863”高新技术研究与发展计划项目(2006AA);长江学者和创新团队发展计划项目(IRT0532)
[作者简介] 刘春风(1981—),女,河北廊坊人,在读硕士,主要从事高浓酿造对啤酒协调柔和性影响研究。E-mail:lcfthr@126.com
[通讯作者] 李 崎(1971—),女,上海市人,教授,硕士生导师,主要从事啤酒酿造科学与微生物研究。E-mail:liqi@sytu.edu.cn

former.【Result】The two kinds of harmony characteristic results were basically consistent,which came from different methods. The sensory evaluation can not distinguish sample 6 and 10,5 and 8,while the fuzzy comprehensive evaluation can do all the 10 samples. The beer sample 1 and sample 2 were samples with the best harmony characteristic,in comparison,the beer sample 5 and sample 8 were the samples with the worst harmony characteristic.【Conclusion】Fuzzy comprehensive evaluation can be used for beer harmony characteristic tasting. Compared with the traditional sensory evaluation,it is more objective and exact,and has more significant distinguish degree.

Key words: Beer; mouth-feel; harmony; fuzzy comprehensive evaluation; membership grade; sensory evaluation

协调柔和是对啤酒口感的整体评价,也是啤酒中各种风味物质相互作用的结果。口感协调指酒体中酸、甜、苦、涩及酒精固有的辣味等诸味配合恰到好处,口味柔和、苦味小、酸感低、酿造香味淡、给人浑然一体的愉快感觉^[1]。啤酒口感协调性受众多因素的影响,不能凭单一口感或某一项检测指标作为评判质量等级的依据,而应综合各种口感特征进行全面系统的评价。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、不易定量的因素量化后进行综合评价的一种方法,常用于定性检测、感官品评多指标综合分析中^[2]。目前,将模糊综合评判法应用于风味品评分析已有一些研究报道。曹冬梅^[3]将模糊数学方法引入豆浆感观评定中,在一定程度上摆脱了人工品评的主观性。霍红^[4]报道了模糊数学在食品感观评价质量控制方法中的应用。周瑛等^[5]应用模糊数学中的“隶属函数”来描述不同批次湘泉基酒风味间的差

异,为湘泉酒质量的稳定与提高提供了保障。Seung^[6]应用模糊推理进行香肠感官评定,结果与统计分析结果能够很好的吻合。但目前尚未见将模糊综合评判法应用于啤酒风味品评分析中的研究报道。为此,本研究利用模糊数学隶属度作为描述啤酒口感协调性的评价指标,建立啤酒口感协调性评价的数学模型,并通过将传统啤酒感观品评结果与模糊综合评价结果进行比较,论证了模糊综合评价用于啤酒口感协调性品评中的可行性,以期建立一种新的啤酒风味品评分析方法,克服以往简单评分法给结果带来的主观性和片面性,使评定结果更趋客观合理。

1 材料与方法

1.1 材 料

供试啤酒样品种类及其基本信息见表 1。

表 1 啤酒样品种类及其原麦汁浓度

Table 1 Variety and original gravity of beer samples

样品编号 Number	产地 Origin	原麦汁浓度/(°P) Original Gravity	样品编号 Number	产地 Origin	原麦汁浓度/(°P) Concentration
1	江苏 Jiangsu	8	6	广州 Guangzhou	11
2	江苏 Jiangsu	8	7	广东 Guangdong	11.1
3	上海 Shanghai	11.8	8	美国 American	13.1
4	江苏 Jiangsu	8	9	印度 Indi	12
5	广东 Guangdong	11	10	荷兰 Holand	11.5

1.2 模糊综合评价指标体系的建立

为尽可能全面反映出影响评价对象的各种因素,评价前需要建立较全面的评价指标体系。啤酒口感品评的评语指标主要有酸、甜、苦、涩及酒精固有的辣味等,本研究以酸味、甜味、苦味、涩味、酵母味及其他异杂味 6 种口味作为协调性指标论域(因素集),即 $U=\{u_1,u_2,u_3,u_4,u_5,u_6\}$,式中: u_1 为酸味, u_2 为甜味, u_3 为苦味, u_4 为涩味, u_5 为酵母味, u_6 为其他异杂味。评语等级 m 的取值要根据具体情况确定, m 过大则语言难以描述且不易判断等级

归属, m 过小又不符合模糊综合评价的要求,一般取 3~9 中的整数。由于啤酒酸味、甜味、苦味、涩味、酵母味及其他异杂味等诸口味在啤酒品评中以不突出为佳,且过多的评语等级难于描述,同时考虑到等级划分太细会混淆品评者短时间内的主观判断,故本研究取 $m=4$,设评语等级论域为 $V=\{v_1,v_2,v_3,v_4\}$,式中: v_1 为不突出, v_2 为较不突出, v_3 为比较突出, v_4 为很突出。本研究设计的啤酒口感协调性特征指标体系见图 1。

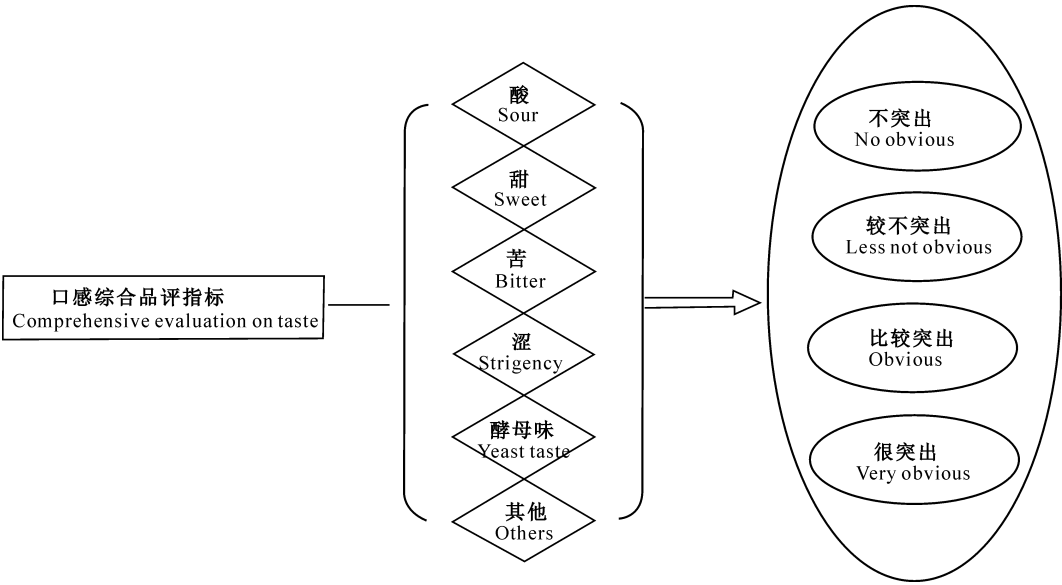


图 1 啤酒口感协调性综合评价指标及评语体系

Fig. 1 System of beer taste compatibility comprehensive assessment indexes and comments

1.3 啤酒协调性的单指标评价

选取 16 位有经验的啤酒品评专家组成品评小组,参照 GB/T4928—2001 啤酒分析方法^[7],对 10 种不同品牌的啤酒样品进行感官品评,将品评结果按行进行归一化处理,得到模糊关系矩阵 R。

1.4 评价指标模糊权向量 a 的确定

请 4 位专业品评专家分别根据品评经验及各自品评结果,给出 u_i 对模糊子集 $M\{\text{对被评事务重要程度}\}$ 的隶属度,即 6 种口感在口感协调性整体品评中的重要程度(数值分布在 0~1,“0”代表不重要,“1”代表最重要)。将得到的数据排列成 4 列 6 行矩阵,然后按照行对矩阵进行归一化处理,最后对每个评价指标 u_i 对 M 的隶属度 a_i 取平均值,即得到评价指标模糊权向量 $a = (a_1, a_2, a_i, \dots, a_p)$, (p 为评价指标的个数)。

1.5 模糊综合评价模型的建立

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 $M(\wedge, \vee)$ 算子、 $M(\cdot, \vee)$ 、 $M(\wedge, \dot{+})$ 算子和 $M(\cdot, \dot{+})$ 算子^[8]。由文献^[2]可知,对综合评价而言, $M(\cdot, \dot{+})$ 是较为适合的算子,故本研究采用此算子来建立模糊综合评价模型。 $M(\cdot, \dot{+})$ 算子的具体计算公式为:

$$b_j = \min \{1, \sum_{i=1}^p \min(a_i r_{ij})\}, j = 1, 2, \dots, m. \quad (1)$$

式中: b_j 为 b (模糊综合评价结果向量) 中对应的某个分量, j 代表样品某个评语等级, p 为评价指标的个数(本文中 $p=6$), a_i 为权向量 a 中的第 i 个元素

对模糊子集 $M\{\text{对被评事务重要程度}\}$ 的隶属度, r_{ij} 为矩阵 R 中的第 i 行第 j 列元素, m 代表样品评语等级的个数(本文中 $m=4$)。

1.6 啤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:最大隶属度法、秩加权平均法^[2]和模糊向量单值化法。本研究采用秩加权平均原则:将评语等级看作一种相对位置,使其连续化。为便于定量处理,不妨用名次“1, 2, 3, ..., m ”依次表示各评语等级,并称其为各等级的秩,本试验中 1 代表很协调,2 代表比较协调,3 代表较不协调,4 代表不协调。用 b (模糊综合评价结果向量) 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:

$$A = \frac{\sum_{j=1}^m b_j^k \cdot j}{\sum_{j=1}^m b_j^k}. \quad (2)$$

式中: A 为模糊综合评价结果向量 b 秩加权平均计算结果; k 为待定系数($k=1$ 或 2),目的是控制较大的 b_j 所起的作用; m 为样品评语等级的个数(本文中 $m=4$); b_j 为 b (模糊综合评价结果向量) 中对应的某个分量,可以通过公式(1)求得。

1.7 啤酒样品整体口感协调性的品评

参照 GB/T4928—2001 啤酒分析方法^[7]对上述选取的 10 种啤酒样品进行口感协调性品评,品评分为 4 个等级:1 为不协调,2 为较不协调,3 为比较协调,4 为很协调。对 10 种啤酒样品进行协调性优劣排序,利用 SPSS13.0 软件对品评结果进行频数分析。

2 结果与分析

2.1 啤酒样品协调性单指标的评价

啤酒样品专家感官品评结果见表 2~11,对品评结果按行进行归一化处理,得到对应的模糊关系矩阵 $\mathbf{R}_1\sim\mathbf{R}_{12}$ 见表 12。

表 2 啤酒样品 1 的专家品评结果

Table 2 Results of the evaluation of beer sample 1

因素集 Elements cluster	评判集 Evaluation cluster			
	v_1	v_2	v_3	v_4
u_1	8(c_{11})	7(c_{12})	1(c_{13})	0(c_{14})
u_2	5(c_{21})	6(c_{22})	5(c_{23})	0(c_{24})
u_3	8(c_{31})	7(c_{32})	1(c_{33})	0(c_{34})
u_4	9(c_{41})	6(c_{43})	1(c_{43})	0(c_{44})
u_5	13(c_{51})	3(c_{52})	0(c_{53})	0(c_{54})
u_6	10(c_{61})	6(c_{62})	0(c_{63})	0(c_{64})

注: c_{ij} ($i=1,2,3,4,5,6;j=1,2,3,4$)是赞成第 i 项因素, u_i 为第 j 种评价等级的票数。表 3~11 同。
Note: c_{ij} ($i=1,2,3,4,5,6;j=1,2,3,4$) is the number who agrees “ u_i ” is the evaluation of the kind of “ j ”. The same to table 3—11.

表 3 啤酒样品 2 的专家品评结果

Table 3 Results of the evaluation of beer sample 2

因素集 Elements cluster	评判集 Evaluation cluster			
	v_1	v_2	v_3	v_4
u_1	5(c_{11})	4(c_{12})	7(c_{13})	0(c_{14})
u_2	6(c_{21})	8(c_{22})	2(c_{23})	0(c_{24})
u_3	7(c_{31})	7(c_{32})	1(c_{33})	1(c_{34})
u_4	5(c_{41})	8(c_{43})	2(c_{43})	1(c_{44})
u_5	9(c_{51})	5(c_{52})	2(c_{53})	0(c_{54})
u_6	8(c_{61})	3(c_{62})	4(c_{63})	1(c_{64})

表 4 啤酒样品 3 的专家品评结果

Table 4 Results of the evaluation of beer sample 3

因素集 Elements cluster	评判集 Evaluation cluster			
	v_1	v_2	v_3	v_4
u_1	2(c_{11})	2(c_{12})	5(c_{13})	4(c_{14})
u_2	9(c_{21})	5(c_{22})	2(c_{23})	0(c_{24})
u_3	1(c_{31})	2(c_{32})	10(c_{33})	3(c_{34})
u_4	1(c_{41})	6(c_{43})	8(c_{43})	1(c_{44})
u_5	8(c_{51})	6(c_{52})	2(c_{53})	0(c_{54})
u_6	4(c_{61})	6(c_{62})	5(c_{63})	1(c_{64})

表 5 啤酒样品 4 的专家品评结果

Table 5 Results of the evaluation of beer sample 4

因素集 Elements cluster	评判集 Evaluation cluster			
	v_1	v_2	v_3	v_4
u_1	6(c_{11})	7(c_{12})	1(c_{13})	2(c_{14})
u_2	5(c_{21})	6(c_{22})	4(c_{23})	1(c_{24})
u_3	5(c_{31})	8(c_{32})	3(c_{33})	0(c_{34})
u_4	4(c_{41})	8(c_{43})	4(c_{43})	0(c_{44})
u_5	8(c_{51})	6(c_{52})	2(c_{53})	0(c_{54})
u_6	12(c_{61})	1(c_{62})	3(c_{63})	0(c_{64})

表 6 啤酒样品 5 的专家品评结果

Table 6 Results of the evaluation of beer sample 5

因素集 Elements cluster	评判集 Evaluation cluster			
	v_1	v_2	v_3	v_4
u_1	2(c_{11})	4(c_{12})	8(c_{13})	1(c_{14})
u_2	4(c_{21})	4(c_{22})	6(c_{23})	2(c_{24})
u_3	2(c_{31})	5(c_{32})	9(c_{33})	0(c_{34})
u_4	2(c_{41})	2(c_{43})	11(c_{43})	1(c_{44})
u_5	9(c_{51})	4(c_{52})	3(c_{53})	0(c_{54})
u_6	3(c_{61})	4(c_{62})	4(c_{63})	5(c_{64})

表 7 啤酒样品 6 的专家品评结果

Table 7 Results of the evaluation of beer sample 6

因素集 Elements cluster	评判集 Evaluation cluster			
	v_1	v_2	v_3	v_4
u_1	1(c_{11})	9(c_{12})	4(c_{13})	2(c_{14})
u_2	6(c_{21})	8(c_{22})	2(c_{23})	0(c_{24})
u_3	0(c_{31})	1(c_{32})	11(c_{33})	4(c_{34})
u_4	0(c_{41})	10(c_{43})	3(c_{43})	3(c_{44})
u_5	10(c_{51})	4(c_{52})	2(c_{53})	0(c_{54})
u_6	6(c_{61})	6(c_{62})	3(c_{63})	1(c_{64})

表 8 啤酒样品 7 的专家品评结果

Table 8 Results of the evaluation of beer sample 7

因素集 Elements cluster	评判集 Evaluation cluster			
	v_1	v_2	v_3	v_4
u_1	3(c_{11})	7(c_{12})	4(c_{13})	2(c_{14})
u_2	7(c_{21})	7(c_{22})	2(c_{23})	0(c_{24})
u_3	2(c_{31})	4(c_{32})	4(c_{33})	6(c_{34})
u_4	3(c_{41})	7(c_{43})	2(c_{43})	4(c_{44})
u_5	12(c_{51})	3(c_{52})	1(c_{53})	0(c_{54})
u_6	3(c_{61})	11(c_{62})	2(c_{63})	0(c_{64})

表 9 啤酒样品 8 的专家品评结果

Table 9 Results of the evaluation of beer sample 8

因素集 Elements cluster	评判集 Evaluation cluster			
	v_1	v_2	v_3	v_4
u_1	2(c_{11})	3(c_{12})	9(c_{13})	2(c_{14})
u_2	3(c_{21})	3(c_{22})	6(c_{23})	3(c_{24})
u_3	0(c_{31})	2(c_{32})	5(c_{33})	9(c_{34})
u_4	4(c_{41})	2(c_{43})	5(c_{43})	5(c_{44})
u_5	9(c_{51})	6(c_{52})	1(c_{53})	0(c_{54})
u_6	1(c_{61})	3(c_{62})	8(c_{63})	4(c_{64})

表 10 啤酒样品 9 的专家品评结果

Table 10 Results of the evaluation of beer sample 9

因素集 Elements cluster	评判集 Evaluation cluster			
	v_1	v_2	v_3	v_4
u_1	4(c_{11})	4(c_{12})	6(c_{13})	2(c_{14})
u_2	6(c_{21})	7(c_{22})	2(c_{23})	1(c_{24})
u_3	1(c_{31})	7(c_{32})	5(c_{33})	3(c_{34})
u_4	4(c_{41})	8(c_{43})	2(c_{43})	2(c_{44})
u_5	8(c_{51})	6(c_{52})	2(c_{53})	0(c_{54})
u_6	5(c_{61})	3(c_{62})	1(c_{63})	7(c_{64})

表 11 啤酒样品 10 的专家品评结果

Table 11 Results of the evaluation of beer sample 10

因素集 Elements cluster	评判集 Evaluation cluster			
	v_1	v_2	v_3	v_4
u_1	2(c_{11})	11(c_{12})	2(c_{13})	1(c_{14})
u_2	7(c_{21})	8(c_{22})	1(c_{23})	0(c_{24})
u_3	1(c_{31})	2(c_{32})	6(c_{33})	7(c_{34})
u_4	5(c_{41})	5(c_{43})	2(c_{43})	4(c_{44})
u_5	10(c_{51})	4(c_{52})	2(c_{53})	0(c_{54})
u_6	3(c_{61})	7(c_{62})	3(c_{63})	3(c_{64})

表 12 10 种啤酒样品的模糊矩阵

Table 12 Fuzzy matrix of 10 kinds of beers

样品编号 Number	模糊关系矩阵 Fuzzy matrix	样品编号 Number	模糊关系矩阵 Fuzzy matrix
1	$R_1 = \begin{bmatrix} 0.500\ 00 & 0.437\ 50 & 0.062\ 50 & 0 \\ 0.312\ 50 & 0.375\ 00 & 0.312\ 50 & 0 \\ 0.500\ 00 & 0.437\ 50 & 0.062\ 50 & 0 \\ 0.562\ 50 & 0.375\ 00 & 0.062\ 50 & 0 \\ 0.812\ 50 & 0.187\ 50 & 0 & 0 \\ 0.625\ 00 & 0.375\ 00 & 0 & 0 \end{bmatrix}$	6	$R_6 = \begin{bmatrix} 0.062\ 50 & 0.562\ 50 & 0.250\ 00 & 0.125\ 00 \\ 0.375\ 00 & 0.500\ 00 & 0.125\ 00 & 0 \\ 0 & 0.062\ 50 & 0.687\ 50 & 0.250\ 00 \\ 0 & 0.625\ 00 & 0.187\ 50 & 0.187\ 50 \\ 0.625\ 00 & 0.250\ 00 & 0.125\ 00 & 0 \\ 0.375\ 00 & 0.375\ 00 & 0.187\ 50 & 0.062\ 50 \end{bmatrix}$
2	$R_2 = \begin{bmatrix} 0.312\ 50 & 0.250\ 00 & 0.437\ 50 & 0 \\ 0.375\ 00 & 0.500\ 00 & 0.125\ 00 & 0 \\ 0.437\ 50 & 0.437\ 50 & 0.062\ 50 & 0.062\ 50 \\ 0.312\ 50 & 0.500\ 00 & 0.125\ 00 & 0.062\ 50 \\ 0.562\ 50 & 0.312\ 50 & 0.125\ 00 & 0 \\ 0.500\ 00 & 0.187\ 50 & 0.250\ 00 & 0.062\ 50 \end{bmatrix}$	7	$R_7 = \begin{bmatrix} 0.187\ 50 & 0.437\ 50 & 0.250\ 00 & 0.125\ 00 \\ 0.437\ 50 & 0.437\ 50 & 0.125\ 00 & 0 \\ 0.125\ 00 & 0.250\ 00 & 0.250\ 00 & 0.375\ 00 \\ 0.187\ 50 & 0.437\ 50 & 0.125\ 00 & 0.250\ 00 \\ 0.750\ 00 & 0.187\ 50 & 0.062\ 50 & 0 \\ 0.187\ 50 & 0.687\ 50 & 0.125\ 00 & 0 \end{bmatrix}$
3	$R_3 = \begin{bmatrix} 0.125\ 00 & 0.125\ 00 & 0.312\ 50 & 0.250\ 00 \\ 0.562\ 50 & 0.312\ 50 & 0.125\ 00 & 0 \\ 0.062\ 50 & 0.125\ 00 & 0.062\ 50 & 0.187\ 50 \\ 0.062\ 50 & 0.375\ 00 & 0.500\ 00 & 0.062\ 50 \\ 0.500\ 00 & 0.375\ 00 & 0.125\ 00 & 0 \\ 0.250\ 00 & 0.375\ 00 & 0.312\ 50 & 0.062\ 50 \end{bmatrix}$	8	$R_8 = \begin{bmatrix} 0.125\ 00 & 0.187\ 50 & 0.562\ 50 & 0.125\ 00 \\ 0.187\ 50 & 0.250\ 00 & 0.375\ 00 & 0.187\ 50 \\ 0 & 0.125\ 00 & 0.312\ 50 & 0.562\ 50 \\ 0.250\ 00 & 0.125\ 00 & 0.312\ 50 & 0.312\ 50 \\ 0.562\ 50 & 0.375\ 00 & 0.062\ 50 & 0 \\ 0.062\ 50 & 0.187\ 50 & 0.500\ 00 & 0.250\ 00 \end{bmatrix}$
4	$R_4 = \begin{bmatrix} 0.375\ 00 & 0.437\ 50 & 0.062\ 50 & 0.125\ 00 \\ 0.312\ 50 & 0.375\ 00 & 0.250\ 00 & 0.062\ 50 \\ 0.312\ 50 & 0.500\ 00 & 0.187\ 50 & 0 \\ 0.250\ 00 & 0.500\ 00 & 0.250\ 00 & 0 \\ 0.500\ 00 & 0.375\ 00 & 0.125\ 00 & 0 \\ 0.250\ 00 & 0.375\ 00 & 0.312\ 50 & 0.062\ 50 \end{bmatrix}$	9	$R_9 = \begin{bmatrix} 0.250\ 00 & 0.250\ 00 & 0.375\ 00 & 0.125\ 00 \\ 0.375\ 00 & 0.437\ 50 & 0.125\ 00 & 0.062\ 50 \\ 0.062\ 50 & 0.437\ 50 & 0.312\ 50 & 0.187\ 50 \\ 0.250\ 00 & 0.500\ 00 & 0.125\ 00 & 0.125\ 00 \\ 0.500\ 00 & 0.375\ 00 & 0.125\ 00 & 0 \\ 0.312\ 50 & 0.187\ 50 & 0.062\ 50 & 0.437\ 50 \end{bmatrix}$
5	$R_5 = \begin{bmatrix} 0.125\ 00 & 0.250\ 00 & 0.500\ 00 & 0.062\ 50 \\ 0.250\ 00 & 0.250\ 00 & 0.375\ 00 & 0.125\ 00 \\ 0.125\ 00 & 0.312\ 50 & 0.562\ 50 & 0 \\ 0.125\ 00 & 0.125\ 00 & 0.687\ 50 & 0.062\ 50 \\ 0.562\ 50 & 0.250\ 00 & 0.187\ 50 & 0 \\ 0.187\ 50 & 0.250\ 00 & 0.250\ 00 & 0.312\ 50 \end{bmatrix}$	10	$R_{10} = \begin{bmatrix} 0.125\ 00 & 0.687\ 50 & 0.125\ 00 & 0.062\ 50 \\ 0.437\ 50 & 0.500\ 00 & 0.062\ 50 & 0 \\ 0.062\ 50 & 0.125\ 00 & 0.375\ 00 & 0.437\ 50 \\ 0.312\ 50 & 0.312\ 50 & 0.125\ 00 & 0.250\ 00 \\ 0.625\ 00 & 0.250\ 00 & 0.125\ 00 & 0 \\ 0.187\ 50 & 0.437\ 50 & 0.187\ 50 & 0.187\ 50 \end{bmatrix}$

2.2 评价指标的模糊权向量

要程度}的隶属度结果,见表 13,行归一化处理结果

品评专家给出 u_i 对模糊子集 $M\{\text{对被评事务重}$ 见表 14。

表 13 品评专家给出的啤酒 6 个评价指标的隶属度

Table 13 Membership grades of 6 evaluation indexes by evaluation experts

专家编号 No.	u_1	u_2	u_3	u_4	u_5	u_6
1	0.82	0.41	0.73	0.55	0.32	0.55
2	0.54	0.63	0.63	0.76	0.45	0.83
3	0.86	0.59	0.74	0.59	0.38	0.75
4	0.78	0.77	0.89	0.53	0.34	0.52

表 14 啤酒 6 个评价指标隶属度的归一化处理结果

Table 14 Normalization results of the membership grade for 6 evaluation indexes

专家编号 No.	u_1	u_2	u_3	u_4	u_5	u_6
1	0.242 60	0.121 30	0.215 98	0.162 72	0.094 68	0.162 72
2	0.140 63	0.164 06	0.164 06	0.197 92	0.117 19	0.216 14
3	0.219 94	0.150 89	0.189 26	0.150 89	0.097 19	0.191 82
4	0.203 64	0.201 04	0.232 38	0.138 38	0.088 77	0.135 77
平均 Average	0.201 71	0.159 33	0.200 48	0.162 48	0.099 46	0.176 61

由表 14 可求得模糊权向量 $a=(0.201\ 71,0.159\ 33,0.200\ 48,0.162\ 48,0.099\ 46,0.176\ 61)$ 。

$$a \cdot R_1 = (a_1, a_2, a_3, a_4, a_5, a_6) \cdot \begin{bmatrix} r_{11} & r_{12} & r_{13} & r_{14} \\ r_{21} & r_{22} & r_{23} & r_{24} \\ r_{31} & r_{32} & r_{33} & r_{34} \\ r_{41} & r_{42} & r_{43} & r_{44} \\ r_{51} & r_{52} & r_{53} & r_{54} \\ r_{61} & r_{62} & r_{63} & r_{64} \end{bmatrix} = ((0.201\ 71, 0.159\ 33, 0.200\ 48, 0.162\ 48, 0.099\ 46,$$

$$0.176\ 61) \cdot \begin{bmatrix} 0.500\ 00 & 0.437\ 50 & 0.062\ 50 & 0 \\ 0.312\ 50 & 0.375\ 00 & 0.312\ 50 & 0 \\ 0.500\ 00 & 0.437\ 50 & 0.062\ 50 & 0 \\ 0.562\ 50 & 0.375\ 00 & 0.062\ 50 & 0 \\ 0.812\ 50 & 0.187\ 50 & 0 & 0 \\ 0.625\ 00 & 0.375\ 00 & 0 & 0 \end{bmatrix} = (0.533\ 52, 0.381\ 47, 0.085\ 14, 0) = b_1$$

对模糊综合评价结果向量 b 进行秩加权平均, 计算结果用字母 A 表示:

$$A_1 = \frac{\sum_{j=1}^m b_j^k \cdot j}{\sum_{j=1}^m b_j^k} =$$

$$(1 \times 0.534^2 + 2 \times 0.382^2 + 3 \times 0.085^2 + 4 \times 0^2) / (0.534^2 + 0.382^2 + 0.085^2 + 0^2) = 1.365\ 92$$

1.365 92 处于 1 和 2 之间,表明啤酒样品的口感协调性在很协调与比较协调之间,亦可形容为“比较协调”偏向“很协调”的倾向较大。

采取与样品 1 相同的品评分析方法,对其他 9 个样品口感协调性进行模糊综合评价,得到口感协调性 4 个等级(1 代表很协调,2 代表比较协调,3 代表较不协调,4 代表不协调)的模糊综合评价结果向量 b ,分别为:

$$b_1 = (0.533\ 52, 0.381\ 47, 0.085\ 14, 0),$$

$$b_2 = (0.405\ 53, 0.363\ 34, 0.197\ 58, 0.033\ 74),$$

$$b_3 = (0.231\ 43, 0.264\ 49, 0.357\ 14, 0.109\ 17),$$

$$b_4 = (0.322\ 58, 0.433\ 03, 0.198\ 27, 0.046\ 19),$$

$$b_5 = (0.199\ 46, 0.242\ 18, 0.447\ 86, 0.097\ 85),$$

表 15 16 位啤酒品评专家对 10 个啤酒样品的口感协调性品评结果

品评等级 Tast class	样品 Sample									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
不协调 Not coordination	1	2	4	3	2	2	3	5	2	3
较不协调 Less not coordination	1	6	8	7	10	9	4	4	11	7
比较协调 Realatively coordination	13	7	3	6	4	3	9	6	2	6
很协调 Very coordination	1	1	1	0	0	2	0	1	1	0

注:表中数字表示赞成第 $j(j=1,2,\cdots,10)$ 种样品为第 $i(i=1,2,3,4)$ 种评价等级的票数。
Note:The numbers in the table represent the ballots that the sample $j(j=1,\cdots,10)$ accords with the evallation grad $i(i=1,2,3,4)$.
按照 2.3 中排序规则,计算结果数值越低,口感协调性越好,反之越差,由此可得到 10 种样品口感

2.3 模糊综合评价模型的建立

以样品 1 为例,确定其模糊综合评价模型。

$$b_6 = (0.200\ 76, 0.398\ 33, 0.284\ 24, 0.116\ 83),$$

$$b_7 = (0.270\ 76, 0.419\ 15, 0.169\ 06, 0.141\ 97),$$

$$b_8 = (0.162\ 73, 0.193\ 41, 0.381\ 19, 0.262\ 83),$$

$$b_9 = (0.268\ 26, 0.359\ 47, 0.200\ 18, 0.170\ 29),$$

$$b_{10} = (0.253\ 54, 0.396\ 28, 0.17\ 621, 0.174\ 08).$$

由式(2)可得: $A_1=1.365\ 92, A_2=1.634\ 15, A_3=2.372\ 04, A_4=1.818\ 38, A_5=2.583\ 12, A_6=2.230\ 87, A_7=1.983\ 28, A_8=2.923\ 49, A_9=2.099\ 04, A_{10}=2.096\ 91$ 。将 A 按照从小到大的顺序排列依次为: $A_1 < A_2 < A_4 < A_7 < A_{10} < A_9 < A_6 < A_3 < A_5 < A_8$,此即 10 种啤酒样品口感从协调渐变到较不协调的顺序。

2.4 啤酒口感模糊综合评价模型的验证

2.4.1 啤酒口感协调性品评及频数分析结果 表 15 为 16 位啤酒品评专家对 10 种啤酒样品的口感协调性品评结果,结合频数分析结果(图 2)得到协调性等级均值(表 16),进一步分析可得酒样口感协调性均值由大至小顺序为: $M_1 > M_2 > M_4 > M_7 > M_{10} = M_6 > M_9 > M_3 > M_5 = M_8$ 。

协调性优劣顺序为: $B_1 < B_2 < B_4 < B_7 < B_{10} = B_6 < B_3 < B_9 < B_5 = B_8$ 。其中, B 代表啤酒口感协调性,

表 16 10 个啤酒样品的协调性等级均值										
Table 16 Mean value of compatibility grade in 10 kinds of beer										
样品 Sample	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
等级均值(M_i) Grade mean	3.06	2.38	2.19	2.35	2.06	2.31	2.33	2.06	2.13	2.31

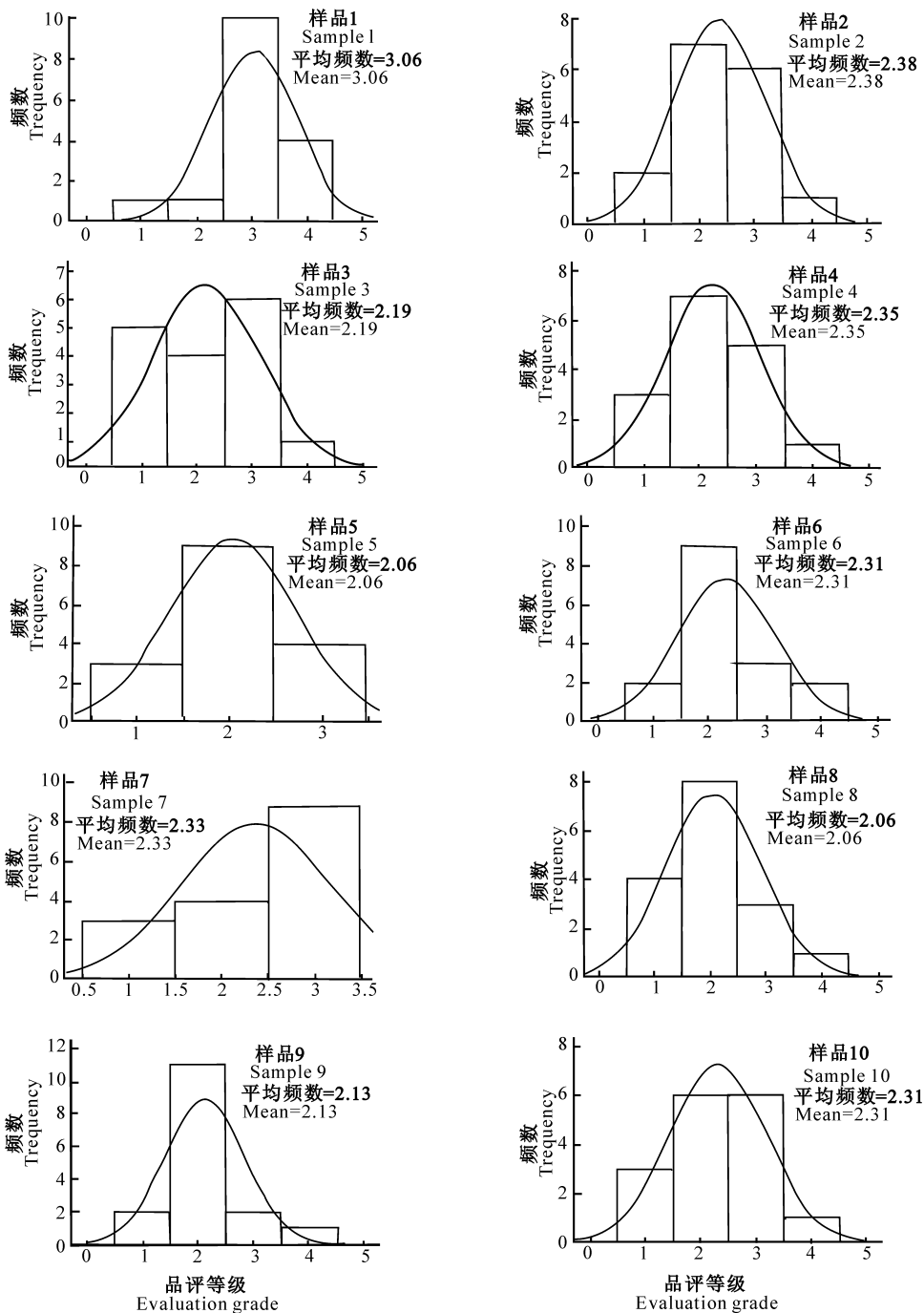


图 2 10 个啤酒样品的频数分析结果

Fig. 2 Results of the Frequency analysis on 10 kinds of beer

2.4.2 不同评价方法的比较 分别采用模糊综合 性进行评价,结果如图 3 所示。

评价法与感官品评法对 10 个啤酒样品的口感协调

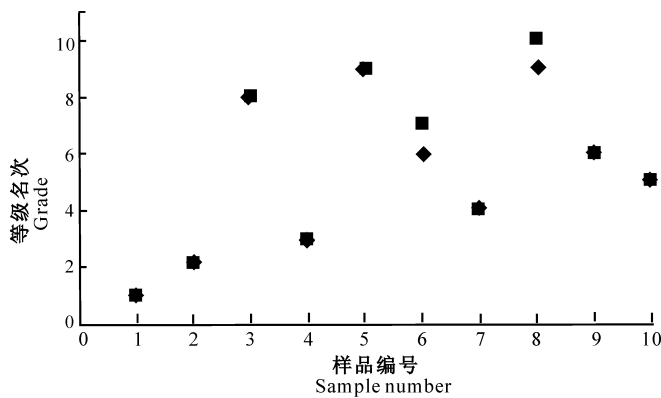


图 3 啤酒口感协调性模糊综合评价结果与口感品评结果的比较

◆. 感官品评; ■. 模糊评价
Fig. 3 Comparison of taste compatibility of fuzzy comprehensive evaluation and taste evaluation
◆. Sensory evaluation; ■. Fuzzy evaluation

由图 4 可以看出,采用不同方法得到的 2 种口感协调性评价结果基本一致,啤酒样品 1 和 2 的口感协调性最好,5 和 8 的口感协调性最差。

3 讨 论

受品评人员心理等主观因素的影响,容易引起打分不一致,使品评结果不够准确,缺乏客观性,误差较大^[8]。为了克服品评人员的主观臆断,Pérez^[9]针对品评人员研制了一套行之有效的感官品评方法;Lu^[10]将近红外反射可见光谱用于大米的感官品评,在一定程度上改善了评定结果的客观性;Blanca^[11]采用描述性感官分析并结合主成分分析的方法,研究了 4 种菲律宾椰子油的感官特性及其相关性。本研究将模糊综合评价法引入到啤酒口感协调性品评中,在一定程度上克服了以往采用简单评分法给结果带来的主观性和片面性。

模糊综合评价结果为一个模糊向量,而不是一个点值,因此它提供的信息比其他方法更丰富。国内外利用模糊综合评价法对研究对象进行评定的报道很多。Zou 等^[12]建立了水质模糊综合评价因子权重的熵学方法;Chang 等^[13]将模糊综合评价法用于河水的质量等级评定中;曹利江^[14]将模糊综合评价法推广应用到啤酒生产市场调研中;Kuo 等^[15]报道,可以利用模糊综合评价法来选择系统操作员附加服务中的可变因素;候秉文^[16]进行了基于模糊综合评价方法的顾客让渡价值研究,建立了一种定性定量分析方法;Onkal 等^[17]利用模糊综合评价法对伊斯坦布尔郊区的空气质量进行了监测分析。但将模糊综合评价法用于啤酒口感协调柔和性优劣等级评定的研究尚未见报道。本试验采用模糊综合评价

方法,建立了 10 种市售啤酒样品口感协调性模糊综合评价模型,同时对评价结果的向量进行了分析,确定了其口感协调性优劣等级。

4 结 论

1)本研究以酸味、甜味、苦味、涩味、酵母味及其他异杂味 6 种口味作为协调性指标论域,同时选定了不突出、较不突出、比较突出、很突出 4 个评语等级,按照 $M(\cdot, \dot{+})$ 算子建立模糊综合评价模型,采用秩加权平均方法进行啤酒口感协调性模糊综合评价结果向量分析,最终确定了 10 种啤酒样品的口感协调性优劣等级。

2)参照 GB/T4928—2001 啤酒分析方法,对 10 种啤酒样品分别进行了口感协调性感观品评,利用 SPSS13.0 软件对品评结果进行频数分析发现,感官品评法和模糊综合评价法得到的啤酒口感协调性结果基本一致,但是感官品评法不能将样品 6 与 10,5 与 8 区别开来,而模糊评价法则能很好地区分开 10 种样品的口感协调性优劣,啤酒样品 1 和 2 口感协调性最好,5 和 8 的口感协调性最差。因此,模糊综合评价法可用于啤酒口感协调性的评价,是一种客观性强、区分度高、行之有效的方法。

[参考文献]

[1] 顾国贤. 论啤酒风味类型[J]. 酿酒科技, 2005(2): 26-28.
Gu G X. Discussion on beer flavor styles[J]. Liquor-Making Science and Technology, 2005(2): 26-28. (in Chinese)
[2] 吴有伟. 试验设计与数据处理[M]. 苏州: 苏州大学出版社, 2002: 210-217.
Wu Y W. Experimental design and mathematical statistics [M]. Suzhou: Suzhou University Press, 2002: 210-217. (in Chi-

nese)

[3] 曹冬梅. 模糊数学在豆浆感官评定中的应用[J]. 沈阳农业大学学报, 2004, 35(1): 39-41.

Cao D M. Application of fuzzy mathematics in soybean milk sensory evaluation [J]. Journal of Shenyang Agrichultural University, 2004, 35(1): 39-41. (in Chinese)

[4] 霍 红. 模糊数学在食品感官评价质量控制方法中的应用[J]. 食品科学, 2004, 25(6): 185-188.

Huo H. Application of fuzzy mathematics in food sensory evaluation control [J]. Food Science, 2004, 25 (6): 185-188. (in Chinese)

[5] 周 瑛,莫孝廉,向 斌. 模糊综合评判在湘泉基酒质量感官品评中的应用 [J]. 酿酒, 2005, 32(6): 42-43.

Zhou Y, Mo X L, Xiang B. Application of fuzzy comprehensive evaluation on sensory evaluation of Xiang Quan liquor [J]. Liquor Making, 2005, 32(6): 42-43. (in Chinese)

[6] Seung J L. Study on fuzzy reasoning application for sensory evaluation of sausages [J]. Food control, 2007(18): 811-816. (In Chinese)

[7] 康永璞,郭新光,李爱国. GB/T4928-2001. 啤酒分析方法[S]. 北京: 中国标准出版社, 2001.

Kang Y P, Guo X G, Li A G. GB/T4928-2001. Analysis method of beer[S]. Beijing: Stamdards Press of China, 2001. (in Chinese)

[8] 王岁楼. 运用数理统计评判啤酒的感官质量[J]. 山西食品工业, 1996(3): 10-13.

Wang S L. Judgement of beer sensory quality by mathematical statistics [J]. Shan Xi Food Industry, 1996(3): 10-13. (in Chinese)

[9] Pérez F J. Food quality certification: An approach for the development of accredited sensory evaluation methods [J]. Food Quality and Preference, 2007(18): 425-439.

[10] Lu Q Y. Adaptability of four-samples sensory tests and prediction of visual and near-infrared reflectance for Chinese indica rice [J]. Journal of Food Engineering, 2007 (79): 1445-1451.

[11] Blanca J V. Descriptive sensory evaluation of virgin coconut oil and refined, bleached and deorized coconut oil [J]. LWT- Food Science and Technology, 2007(40): 193-199.

[12] Zou Z H, Yun Y. Entropy method for determination of weight of evaluating indicators in fuzzy synthetic evaluation for water quality assessment [J]. Journal of Environmental Sciences, 2006, 18(5): 1020-1023.

[13] Chang N B, Chen H W, Ning S K. Identification of river water quality using the Fuzzy Synthetic Evaluation approach [J]. Journal of Environmental Management, 2001, 63 (3): 293-305.

[14] 曹利江. 模糊综合评判在啤酒生产市场调研的应用[J]. 酿酒科技, 2005(3): 93-94.

Cao L J. Application of fuzzy comprehensive judgment model in beer market survey [J]. Liquor-Making Science and Technology, 2005, 3: 93-94. (in Chinese)

[15] Kuo Y F, Chen P. Selection of mobile value-added services for system operators using fuzzy synthetic evaluation [J]. Journal of Expert Systems with Applications, 2006, 30(4): 612-620.

[16] 侯秉文. 基于模糊综合评价方法的顾客让渡价值研究[J]. 经济师, 2006(4): 72.

Hou B W. Research of customer delivered value based on fuzzy synthetic evaluation [J]. Journal of Economist, 2006 (4): 72. (in Chinese)

[17] Onkal E G. Assessment of urban air quality in Istanbul using fuzzy synthetic evaluation [J]. Journal of Atmospheric Environment, 2004, 38(23): 3809-3815.