

啤酒口感品评的模糊综合评价法

刘春风¹, 郑飞云¹, 李永仙¹, 李 崎^{1,*}, 董建军², 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: 本研究应用模糊数学的“隶属函数”描述不同啤酒口感协调性特征, 通过隶属度确定其质量等级。很大程度克服了以往简单评分法给结果造成的主观性和片面性, 具有较高的准确性和公正性, 使评定结果更趋于合理性和实用性, 为啤酒质量稳定与提高提供保障。

关键词: 口感; 协调; 模糊综合评价; 隶属度; 感官品评

Comprehensive Fuzzy Evaluation on Beer Tasting

LIU Chun-feng¹, ZHENG Fei-yun¹, LI Yong-xian¹, LI Qi^{1,*}, DONG Jian-jun², GU Guo-xian¹

(1. Key Laboratory of Industrial Biotechnology, Ministry of Education, Jiangnan University, Wuxi 214122, China

2. Science and Research Center, Tsingtao Brewery Co. Ltd., Qingdao 266101, China)

Abstract: The mouthfeel harmonic characteristics of different beers were described by the subordinate function one of the fuzzy mathematics in this study. The quality rating could be affirmed through the subordinate grade in this thesis. It could be avoided to a great extent the subjectivity and one-sidedness of evaluation results, which would be otherwise brought in by traditional point system. The accuracy and fairness are rather high, and the results are rational and practical. The beer quality is thus stabilized and improved.

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

中图分类号: TS264.21

文献标识码: A

文章编号: 1002-6630(2008)04-0138-05

协调柔和是对啤酒口感的整体评价, 也是啤酒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]。啤酒口感协调性受到众多因素的影响, 如图 1^[2]所示。啤酒口感协调性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。

食品行业惯用的感官品评方法, 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, 缺乏客观的评价, 误差较大^[3]。品评人员是决定最终品评结果的关键因素, Pérez Elortondo F J^[4]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, Qingyun Lu 等人^[5]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。Villarino B J^[6]采用描述性感官分析结合主成分分析法研究了 4 种菲律宾椰子油的感官特性及其相关性。

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、综合评价的一种方法, 常用于定性检测、感官多指标综合^[7]。国内外很多研究者已把它应用到多个领域的综合评价中, 例如水质评估^[8-9]、市场调研^[10-12]、空气质量监测^[13]、工作质量评定^[14]等研究领域都有所涉及。Adem^[15]等人报道了一种评判职工合格与否的模糊综合评价体系, 该模型可以将雇员与某一特定工作系统合理地搭配起来, 进而可以使企业运营及决策更加合理; 最近, Kun-Li Wen^[16]研发了一种可以进行模糊综合评价分析的 Matlab 工具箱, 研究表明它可以方便高效地对学生成绩进行模糊综合评价。目前将模糊综合评判法应用于风味品评分析中的实例并不多, 但已有人将模糊数学应用于豆浆感官品评、湘泉基酒风味差异中间过

收稿日期: 2007-03-30

基金项目: 国家高技术研究发展计划“863”项目(2006AA); 教育部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, 硕士研究生, 研究方向为高浓酿造对啤酒协调柔和性影响。E-mail: lcfolhr@126.com

*通讯作者: 李崎(1971-), 女, 教授, 博士, 研究方向为啤酒酿造科学与微生物。E-mail: liqi@jiangnan.edu.cn

渡的描述中等研究领域^[17-18]；Seung Ju Lee 等人^[19]应用模糊推理进行香肠感官评定，与统计分析结果能够很好地吻合。

本研究应用模糊数学的隶属度来确定啤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,可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,使评定结果更趋于客观合理。

1 材料与方法

1.1 材料

1.1.1 啤酒样品

表1列出了本研究所使用的啤酒样品种类及其基本信息。

Table 1 表 1 啤酒样品信息表
Some information of beer samples

样品号	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
产地	江苏	江苏	上海	江苏	广东	广州	广东	美国	印度	荷兰
浓度(°P)	8	8	11.8	8	11	11	11.1	13.1	12	11.5

1.1.2 数理统计

采用 SPSS13.0 软件。

1.2 方法

1.2.1 建立模糊综合评价指标体系

为尽可能全面地反映出影响评价对象的各种因素,进行评价前需要建立较全面的评价指标体系。本研究设计一种能够较全面、科学地反映啤酒口感协调性特征的指标体系(图1)。

1.2.2 评价对象协调性指标论域的确定

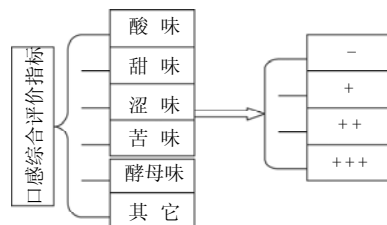
对啤酒进行口感品评的评语指标主要有酸、甜、苦、涩及酒精固有的辣味等诸味(图2),现以酸味、甜味、苦味、涩味、酵母味及其它异杂味它6种口味作为协调性指标论域:即 $U_1 = \{u_1, u_2, u_3, u_4, u_5, u_6\}$

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 为其它味。

1.2.3 评语等级论域的确定

一般情况下, 评语等级数 m 取 3~11 中的整数, 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。 m 的取值情况要根据具体情况确定, 一般取 3~9 个。由于酸味、甜味、苦味、涩味、酵母味及其它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, 故现在取 $m = 4$, 设评语等级论域为 $V_1 = \{v_1, v_2, v_3, v_4\}$ 。式中, v_1 为不突出(协调)、 v_2 为较不突出(协调)、 v_3 为比较突出(协调)、 v_4 为很突出(协调)。



- 不显著; + 较不显著; ++ 比较显著; +++ 非常显著。

图 1 啤酒口感协调性综合评价体系

Fig.1 System of beer taste compatibility comprehensive assessment

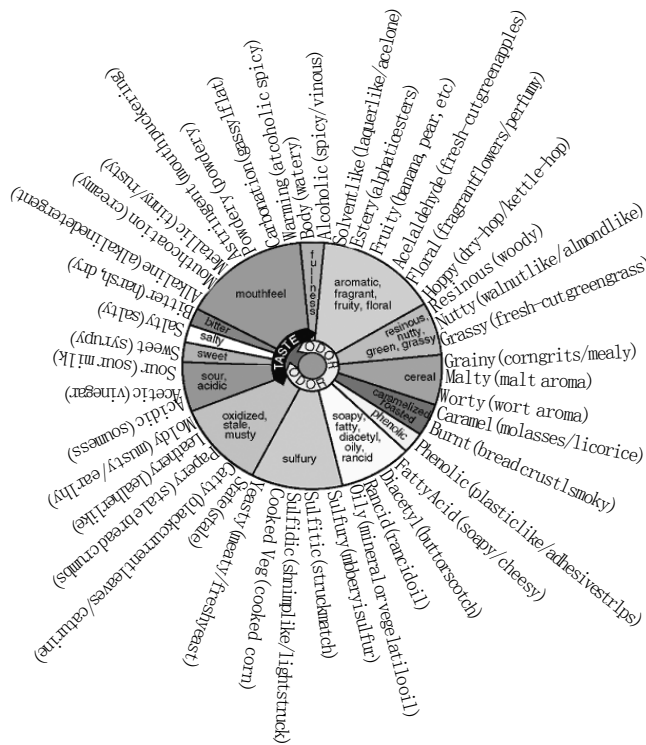


图 2 啤酒风味轮^[2]

Fig.2 Beer flavor wheel^[2]

1.2.4 啤酒协调性单指标评价

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, 对 10 种不同品牌的啤酒样品进行感官品评。将结果按行进行归一化处理, 得到模糊关系矩阵 R 。

1.2.5 确定评价指标的模糊权向量

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, 并按照行进行归一化处理。

1.2.6 模糊综合评价模型的建立

模糊综合评价原理基于模糊变换, 模糊合成算子在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^[16]: $M(\wedge, \vee)$ 算子、 $M(\cdot, \vee)$ 算子、 $M(\wedge, +)$ 算子和 $M(\cdot, +)$ 算子。有人对 4 个算子做了一些比较^[3], 见表 2。

由表 2 可以看出, 对综合评价而言, $M(\cdot, +)$ 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。

表 2 模糊合成算子的比较
Table 2 Compare of fuzzy composite operators

比较内容	算子			
	$M(\wedge, \vee)$	$M(\cdot, \vee)$	$M(\wedge, +)$	$M(\cdot, +)$
体现权数作用	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	主因素突出型	不均衡平均型	加权平均

1.2.7 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^[2]: 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 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

$$A = \frac{\sum_{j=1}^m b_j \cdot j}{\sum_{j=1}^m b_j} \dots\dots\dots (1)$$

式中 k 为待定系数(k=2), 目的是控制较大的 b_j 所起的作用。

1.2.8 啤酒口感模糊综合评价模型的验证

对上述选取的 10 种啤酒样品进行口感协调性品评, 品评等级分为 4 级: 1 为不协调、2 为较不协调、3 为

表 3 样-1 品评结果
Table 3 Results of evaluation in sample-1

因素集	评判集			
	V1	V2	V3	V4
U1	8(C11)	7(C12)	1(C13)	0(C14)
U2	5(C21)	6(C22)	5(C23)	0(C24)
U3	8(C31)	7(C32)	1(C33)	0(C34)
U4	9(C41)	6(C42)	1(C43)	0(C44)
U5	13(C51)	3(C52)	0(C53)	0(C54)
U6	10(C61)	6(C62)	0(C63)	0(C64)

注: u_{ij} (i, j=1, 2, 3, 4, 5) 是赞成第 i 项因素 u_i 为第 j 种评价的票数。

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 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评价

啤酒样品 1 专家感官品评结果见表 3, 对品评结果按行进行归一化处理得到模糊关系矩阵 R。

$$R = \begin{bmatrix} 0.5000 & 0.4375 & 0.0625 & 0 \\ 0.3125 & 0.3750 & 0.3125 & 0 \\ 0.5000 & 0.4375 & 0.0625 & 0 \\ 0.5625 & 0.3750 & 0.0625 & 0 \\ 0.8125 & 0.1875 & 0 & 0 \\ 0.6250 & 0.3750 & 0 & 0 \end{bmatrix}$$

2.2 评价指标的模糊权向量

品评专家给出 u_i 对模糊子集 M {对被评事务重要程度} 的隶属度, 结果见表 4, 行归一化处理结果见表 5。

表 4 不同评价指标的隶属度
Table 4 Membership grades of different evaluation index

品评专家	u_1	u_2	u_3	u_4	u_5	u_6
专家 1	0.82	0.41	0.73	0.55	0.32	0.55
专家 2	0.54	0.63	0.63	0.76	0.45	0.83
专家 3	0.86	0.59	0.74	0.59	0.38	0.75
专家 4	0.78	0.77	0.89	0.53	0.34	0.52

表 5 隶属度归一化处理结果
Table 5 Normalization results of the membership grade

品评专家	u_1	u_2	u_3	u_4	u_5	u_6
专家 1	0.2426	0.1213	0.2160	0.1627	0.0947	0.1627
专家 2	0.1406	0.1641	0.1641	0.1979	0.1172	0.2161
专家 3	0.2199	0.1509	0.1893	0.1509	0.0972	0.1918
专家 4	0.2036	0.2010	0.2324	0.1384	0.0888	0.1358
平均	0.2017	0.1593	0.2005	0.1625	0.0995	0.1766

由表 5 可解得模糊权向量为 $a = (0.2017, 0.1593, 0.2005, 0.1625, 0.0995, 0.1766)$ 。

2.3 模糊综合评价模型

$$\alpha \cdot R = (a_1, a_2, a_3, a_4, a_5, a_6) \cdot \begin{bmatrix} r_{11} & r_{12} & r_{13} & r_{14} \\ r_{21} & r_{22} & r_{23} & r_{24} \\ r_{31} & r_{32} & r_{33} & r_{34} \\ r_{41} & r_{42} & r_{43} & r_{44} \\ r_{51} & r_{52} & r_{53} & r_{54} \\ r_{61} & r_{62} & r_{63} & r_{64} \end{bmatrix}$$

$$= (0.2017, 0.1593, 0.2005, 0.1625, 0.0995, 0.1766) \cdot \begin{bmatrix} 0.5000 & 0.4375 & 0.0625 & 0 \\ 0.3125 & 0.3750 & 0.3125 & 0 \\ 0.5000 & 0.4375 & 0.0625 & 0 \\ 0.5625 & 0.3750 & 0.0625 & 0 \\ 0.8125 & 0.1875 & 0 & 0 \\ 0.6250 & 0.3750 & 0 & 0 \end{bmatrix}$$

$$=(0.5423, 0.3120, 0.1457, 0)=b_1$$

2.4 啤酒口感协调性模糊综合评价结果向量的分析

对啤酒口感协调性品评实验中的单指标模糊向量

b , 有:

$$A_{k=2} = \frac{\sum_{j=1}^m b_j \cdot j}{\sum_{j=1}^m b_j} = \frac{1 \times 0.5335^2 + 2 \times 0.3815^2 + 3 \times 0.0851^2 + 4 \times 0^2}{0.5335^2 + 0.3815^2 + 0.0851^2 + 0^2} = 1.3659$$

1.3659 处于 1 和 2 之间, 即该酒样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”的倾向很大。

2.5 啤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, 得到口感协调性四个等级(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:

$b_1=(0.5335, 0.3815, 0.0851, 0)$; $b_2=(0.4055, 0.3633, 0.1976, 0.0337)$; $b_3=(0.2314, 0.2645, 0.3571, 0.1092)$; $b_4=(0.3226, 0.4330, 0.1983, 0.0462)$; $b_5=(0.1995, 0.2422, 0.4479, 0.0979)$; $b_6=(0.2008, 0.3983, 0.2842, 0.1168)$; $b_7=(0.2708, 0.4192, 0.1691, 0.1410)$; $b_8=(0.1627, 0.1934, 0.3812, 0.2628)$; $b_9=(0.2683, 0.3595, 0.2020, 0.1703)$; $b_{10}=(0.2535, 0.3963, 0.1762, 0.1741)$ 。

由(1)式可得:

$$A_1=1.3659 \quad A_2=1.6342 \quad A_3=2.3720 \quad A_4=1.8184 \quad A_5=2.5831 \\ A_6=2.2309 \quad A_7=1.9833 \quad A_8=2.9235 \quad A_9=2.0990 \quad A_{10}=2.0969$$

将被评酒样名次的相对位置 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优劣顺序。

2.6 啤酒口感模糊综合评价模型的验证

2.6.1 啤酒口感协调性品评及频数分析结果

表 6 显示了 10 种啤酒样品进行口感协调性品评结果, 结合频数分析结果(图 3)得到协调性等级均值数据如表 7 所示, 进一步分析可得酒样口感协调性均值由大至小顺序为: $M_1 < M_2 < M_4 < M_7 < M_{10} = M_6 < M_9 < M_3 < M_5 = M_8$ 。

按照 2.5 中排序规则可得到 10 种样品口感协调性优劣顺序为:

$$B_1 < B_2 < B_4 < B_7 < B_{10} = B_6 < B_9 < B_3 < B_5 = B_8$$

2.6.2 不同评价方法的比较

模糊综合评价法与感官品评法的比较结果如图 4 所示。

由图 4 可以看出, 采用不同方法得到的两种口感协调性评价结果基本一致, 口感协调性很好的是样品 1 和 2, 样品 3 和 8 最差。结合表 7 可以看出, 啤酒口感协调性和啤酒原麦汁浓度之间存在一定的相关性: 原麦汁浓度越低, 啤酒入口淡爽, 酸、甜、苦、涩等诸口

表 6 啤酒样品口感协调性品评结果

Table 6 Results of taste compatibility evaluation

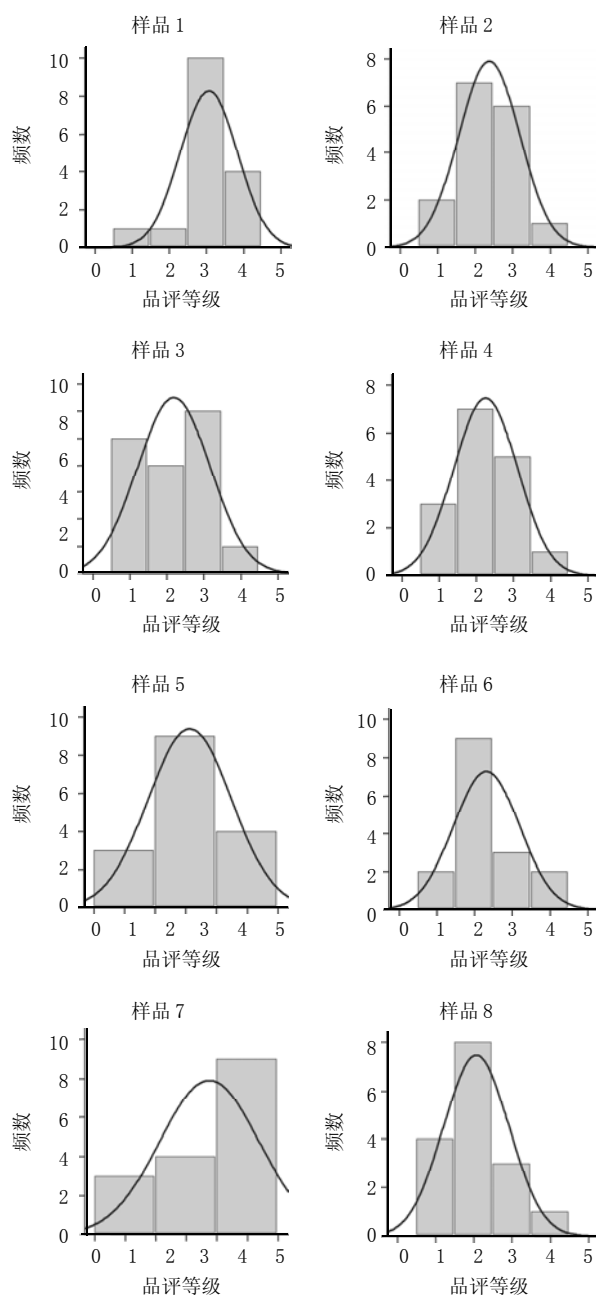
协调性	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
不协调	1	2	4	3	2	2	3	5	2	3
较不协调	1	6	8	7	10	9	4	4	11	7
比较协调	13	7	3	6	4	3	9	6	2	6
很协调	1	1	1	0	0	2	0	1	1	0

注: 表中数字表示赞成第 j ($j=1, 2, \dots, 10$) 种样品为第 i ($i=1, 2, 3, 4$) 种等级评价的票数。

表 7 啤酒样品协调性等级均值数据表

Table 7 Means of compatibility grade in different beers

等级	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
等级均值(M)	3.06	2.38	2.19	2.35	2.06	2.31	2.33	2.06	2.13	2.31



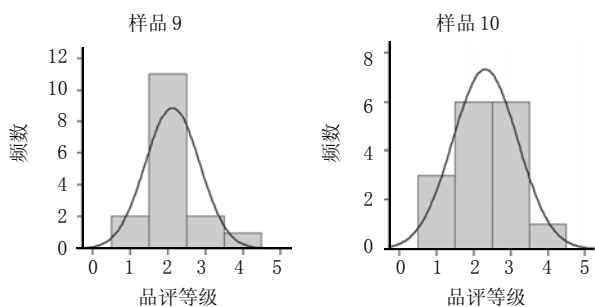


图3 频数分析结果
Fig.3 Results of frequency analysis

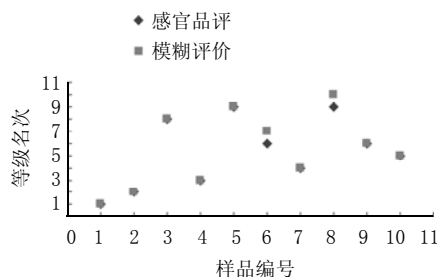


图4 口感协调性模糊综合评价结果与口感品评结果比较
Fig.4 Comparison of taste compatibility of fuzzy comprehensive evaluation and taste evaluation

味均较不突出, 整体口感协调性较好; 原麦汁浓度升高, 啤酒口感协调性也随之降低。

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。本实验先结合造成啤酒口感差异的各种因素, 建立了模糊综合评价指标体系, 以酸味、甜味、苦味、涩味、酵母味及其它异杂味6种口味作为协调性指标论域, 同时选定了不突出(协调)、较不突出(协调)、比较突出(协调)、很突出(协调)4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啤酒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。最后对啤酒样品分别进行口感协调性感官品评, 利用SPSS13.0对品评结果进行频数分析, 通过比较两种评价结果的差异, 有效地验证了啤酒口感模糊综合评价模型的可行性。结合表1可以看出, 啤酒口感协调性和啤酒原麦汁浓度之间存在一定的相关性: 原麦汁浓度越低, 啤酒入口淡爽, 酸、甜、苦、涩等

诸口味均较不突出, 整体口感协调性较好; 原麦汁浓度升高, 啤酒口感协调性也随之降低。

本研究将模糊综合评价法引入啤酒口感协调性品评中, 在一定程度上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, 使评定结果更趋于合理, 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, 也为啤酒质量稳定与提高提供了可靠保障。

参考文献:

- [1] 顾国贤. 论啤酒风味类型[J]. 酿酒科技, 2005 (2): 26-28.
- [2] TIMOTHY C P, JULIAR W G. Predicting organoleptic scores of sub-pmflavour notes. Part2: computational analysis and results[J]. Analyst, 1998, 123(10): 2057-2066.
- [3] 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.
- [4] PEREZ-ETORTINDO F J. Food quality certification: an approach for the development of accredited sensory evaluation methods[J]. Food Quality and Preference, 2007, 18: 425-439.
- [5] LU Qing-yun. Adaptability of four-samples sensory tests and prediction of visual and near-infrared reflectance spectroscopy for Chinese indicarice [J]. Journal of Food Engineering, 2007, 79: 1445-1451.
- [6] B:ANCA J V. Descriptive sensory evaluation of virgin coconut oil and refined, bleached and deodorized coconut oil[J]. LWT, 2007, 40: 193-199.
- [7] 吴有炜. 试验设计与数据处理[M]. 苏州: 苏州大学出版社, 2002: 210-217.
- [8] ZOU Z H, YUN Y. Entropy method for determination of weight of evaluating indicators in fuzzy synthetic evaluation for water quality assessment[J]. Environmental Sciences, 2006, 18(5): 1020~1023.
- [9] CHANG N B, CHEN H W, NING S K. Identification of river water quality using the Fuzzy Synthetic Evaluation approach[J]. Environmental Management, 2001, 63(3): 293-305.
- [10] 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.
- [11] KUO Y F, CHEN P C. Selection of mobile value-added services for system operators using fuzzy synthetic evaluation[J]. Expert Systems with Applications, 2006, 30(4): 612-620.
- [12] 候秉文. 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.
- [13] ONK-ENGİN G. Assessment of urban air quality in Istanbul using fuzzy synthetic evaluation[J]. Atmospheric Environment, 2004, 38(23): 3809-3815.
- [14] 矫思琦. 工程师质量的模糊综合评价方法[J]. 大庆师范学院学报. 2006, 26(2): 99-100.
- [15] GOLE A. A fuzzy model for competency-based employee evaluation and selection[J]. Computers & Industrial Engineering, 2007, 52: 143-161.
- [16] WEN KUN-Li. A Matlab toolbox for grey clustering and fuzzy comprehensive evaluation[J]. Advances in Engineering Software, 2008, 39(2): 137-145.
- [17] 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.
- [18] 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.
- [19] SEUNG J L. Study on fuzzy reasoning application for sensory evaluation of sausages[J]. Food control, 2007, 18: 811-816.