

不同环境温度条件酿制的传统黄酒的滋味特征差异分析

于海燕, 吴世琪, 王晓雨, 陈 臣, 田怀香*

(上海应用技术大学香料香精化妆品学部 上海 201418)

摘要 传统黄酒是中华酿造技艺之瑰宝,而其半开放的酿造环境易受环境温度条件等影响而导致产品风味品质不稳定。本研究以不同环境温度条件酿制的传统黄酒为研究对象(前性酒(S1)、中性酒(S2和S3)、后性酒(S4)),采用定量描述感官评价分析4批次传统黄酒的静态滋味强度差异,采用时间-强度感官评价和动态主导属性测试分析饮用过程中滋味特征的动态变化及不同批次间的差异,采用电子舌技术分析味觉风味轮廓差异,并结合偏最小二乘法建立滋味预测模型。结果表明:S2和S3的滋味和谐饱满,鲜味突出,苦味和后苦味强度弱;4批次传统黄酒的主导滋味属性按时间先、后均为酸味、苦味和鲜味,S3的苦味优势属性结束最早(85 s),S4的苦味消逝时间最久(110 s),S3的鲜味占据主导优势的时间最早,其次为S2、S1和S4。电子舌响应信号与酸、苦和后苦味感官评分具有较好的相关性,后苦味模型最稳健,模型的相关系数 r 为0.976。静态和动态感官评价结合电子舌可全面评价传统黄酒滋味特征差异,环境温度条件对传统黄酒苦味及后苦味具有重要影响。

关键词 传统黄酒; 滋味特征; 环境温度条件; 感官评价; 电子舌

文章编号 1009-7848(2024)04-0361-09 **DOI:** 10.16429/j.1009-7848.2024.04.034

黄酒是世界三大古酒之一,其酿造技艺是中国的非物质文化遗产。传统黄酒是以糯米和麦曲等为主要原料,经独特的边糖化边发酵的双边发酵工艺,在户外低温、长时间(70~90 d)发酵而成,具有香气浓郁、口味醇厚、余味悠长的特点^[1]。然而,传统黄酒自然开放的发酵模式易受环境条件变化等因素影响而出现苦味过重或持续时间过长(也称为后苦味^[2])等不良风味^[3],导致优质品率低,制约其发展。

作为传统发酵食品,黄酒的大多数风味物质是通过微生物的代谢作用产生。温度是微生物生长的重要环境条件之一,会影响微生物的生长及微生物菌种活性,进而影响原料的水解、葡萄糖转化为酒精的酵母发酵速率^[3]。不同温度的发酵环境会影响底物利用率、乙醇产率以及风味物质的含量^[4]。当发酵温度较高时,酵母的繁殖会显著加快,同时酶活力也会有所提高,从而将更多的糖和氨基酸转化为呈苦味的高级醇^[5-6],使酒体变得苦味浓厚。较高的发酵温度也会导致酒体酸化,影响消费者对黄酒的滋味感知。课题组前期研究发现,发

酵环境温度降低时,传统黄酒中酯类物质含量增加,高级醇类物质含量降低^[7]。卢丽娜^[8]的研究得到类似结论。目前已有环境温度对黄酒香气品质的研究,然而其对滋味的影响研究较少。

对于黄酒滋味的品评,目前常用的方法为定量描述分析等静态评价方法。然而,黄酒品评是一个动态的评价过程,仅采用静态感官评价方法,无法分析某一感官属性随时间的动态变化。随着感官评价方法研究的不断深入,动态主导属性测试(Temporal dominance of sensation, TDS)和时间-强度感官试验(Time-intensity, TI)被开发用于动态评价^[9]。将静态与动态感官评价方法相结合,可以更加全面地描述产品中某个感官属性和强度,并准确识别出随时间推移的优势感官性质。TDS能够收集在品尝食品过程中,不同时间点引用的一系列感官属性及其各自的评分,并识别出不同时间点的优势感官属性^[10]。Vidal等^[11]采用TDS法表征葡萄酒动态收敛度;Meillon等^[12]采用TDS法研究梅鹿辄和西拉红葡萄酒部分脱酒精后对其感官品质的影响。TI方法可连续记录单个特征随时间变化的感知强度,已被应用于研究酒精饮料的涩味和苦味^[13]。Sokolowsky和Fischer^[14]采用TI、TDS等多种方法研究白葡萄酒中的苦味,这些方法配合使用有助于全面了解复杂的滋味感知。电

收稿日期: 2023-08-12

基金项目: 国家自然科学基金面上项目(32172336)

第一作者: 于海燕,女,博士,教授

通信作者: 田怀香 E-mail: tianhx@sit.edu.cn

子舌是一种模拟人的味觉对液体样品进行快速分析的技术手段^[15]。李露芳^[15]基于电子舌技术探究了酱油中滋味交互作用,发现鲜味、咸味的提升可以增强酱油的苦味,而甜味会弱化酱油中的苦味。芦建超等^[16]采用电子舌技术,结合偏小二乘法等建立了苦味预测模型,为大豆分离蛋白苦味评价提供了一种新方法。

本文以不同环境温度下酿制的传统黄酒为研究对象,采用定量描述感官评价法分析不同环境温度条件下发酵的传统黄酒的滋味差异;采用TDS和TI两种动态感官评价方法分析饮用过程中滋味特征的动态变化及不同批次间的差异;基于电子舌技术结合偏小二乘法建立传统黄酒滋味评价模型。本研究可为传统黄酒滋味品质评价

提供全面、系统的评价方法,以更好地继承和发扬传统黄酒酿造技艺这份宝贵的非物质文化遗产。

1 材料和方法

1.1 材料与试剂

结合传统黄酒的实际生产,采集4批不同环境温度下发酵的传统黄酒发酵醪液。将第1批次(前性酒)、第2批次(中性酒1)、第3批次(中性酒2)、第4批次(后性酒)依次命名为S1、S2、S3、S4,投料时间和环境温度条件等信息如表1所示。样品采集后经冷链运输至实验室,经8 000 r/min离心30 min后取上层液体储存于-20℃冰箱中,用于后续感官评价与电子舌分析试验。

表1 不同环境温度条件下的传统黄酒样品信息

Table 1 Traditional Huangjiu samples information at different ambient temperature conditions

样品批次	投料时间	温度变化/℃	平均温度/℃
前性酒(S1)	立冬	(16.36 ± 0.97)~(4.75 ± 0.74)	10.56
中性酒1(S2)	立冬后3周	(12.13 ± 0.58)~(6.5 ± 0.37)	9.32
中性酒2(S3)	冬至前2 d	(8.21 ± 0.69)~(9.88 ± 0.83)	9.05
后性酒(S4)	冬至后4周	(8.88 ± 0.38)~(14.38 ± 0.61)	11.63

蔗糖、奎宁、硫酸铝、谷氨酸钠、柠檬酸(均为食品级),广东H-BIO生物技术有限公司;酒石酸、氯化钾(均为分析纯级),上海探索平台试剂公司。

1.2 仪器与设备

TS-5000Z电子舌系统,包含AAE、CAO、COO、AE1、GL1、CTO传感器和CPA膜,日本IN-SENT公司;Milli-Q水系统(电阻率=18.2 MΩ·m),美国Ultra公司;电子天平(GZX9070MBE),上海博讯实业有限公司医疗设备。

1.3 试验方法

1.3.1 感官分析

1.3.1.1 感官评价小组的筛选和建立 根据《感官分析 选拔、培训与管理评价员一般导则 第1部分:优选评价员》(GB/T 16291.1-2012)中的规定,面向上海应用技术大学香料香精化妆品学部的研究生招募感官评价人员,预筛选出12~16名无不良吸烟、酗酒习惯的健康志愿者^[17]。评估预筛选出的评价人员对滋味属性辨别表现的一致性、

重复性和区分能力,对预筛选出的感官评价人员进行规范而系统的味觉训练,以提高感官评价结果的可靠性^[17]。

采用三点测试法(Triangle test)^[18]校准5种基本滋味,分别使用柠檬酸、蔗糖、硫酸奎宁、单宁酸、谷氨酸钠作为酸、甜、苦、涩、鲜的标准溶液,按照表2配制不同强度的滋味参比液。试验开始前告知各评价人员强度为5的参比液强度,评价人员通过与该参比液的强度进行比较,而对其余不同强度的参比液进行打分,对所得到的各滋味参比液强度评价数据进行处理。其中在评价人员判断后苦味强度时,要求在吞咽少量样品和吐出剩余样品之前,将每个样品在口中保持10 s。评价人员对每份滋味参比液评价3次以上,待完成所有测试后,选取12名优秀的评价人员(4男8女,平均年龄25岁)进行后续试验。

1.3.1.2 定量描述感官评价 评价小组根据传统黄酒样品的感官特性描述词及其定义、感官指标参照物及其标度,对传统黄酒样品进行定量描述

表 2 味感描述词及其参比

Table 2 Taste descriptors and the reference standards				
滋味属性	定义	参比标准溶液	参比分数	参比质量浓度/g·L ⁻¹
酸	酸味	柠檬酸	9	0.80
			5	0.50
			1	0.15
甜	甜味	蔗糖	9	64.00
			5	32.00
			1	8.00
苦	苦味	硫酸奎宁	9	0.20
			5	0.05
			1	0.01
涩	起皱、干燥口感	单宁酸	9	2.50
			5	1.20
			1	0.15
鲜	鸡汤鲜味	谷氨酸钠	9	5.00
			5	2.50
			1	0.50
后苦 吞咽后难以消散的苦味				

分析。评价人员在评价样品前 1 h 内应避免进食, 感官评价在恒温(22 ℃)的标准感官评价实验室白光条件下进行, 遵循严格的品尝程序。将传统黄酒样品分装 10 mL 于 ISO 黑色不透明标准品评杯中, 每个样本随机标记 1 个 3 位数, 按拉丁方设计(拉丁方矩阵如图 1 所示, 下同), 随机排列呈送给 12 名感官评价人员。评价人员被要求在吞咽少量样品和吐出剩余样品之前, 将每个样品在口中迅速旋转 10 s。在品尝样品的间隔期, 评价人员需要用纯净水彻底冲洗口腔并等待 5 min。随后评价人员对每个样品的滋味强度进行打分, 并写下能感受到的所有滋味描述词。整理和筛选获得的所有描述词后, 计算每个描述词的引用率 F (式 1)。

$$\text{引用率 } F(\%) = \frac{\text{引用该滋味属性的次数}}{\text{最大可能引用次数}} \times 100 \quad (1)$$

S1	S2	S3	S4
S2	S3	S4	S1
S3	S4	S1	S2
S4	S1	S2	S3

图 1 拉丁方设计矩阵

Fig.1 Latin square design matrix

1.3.1.3 动态主导属性测试 正式试验开始前, 首先对 12 名评价人员进行 5 次培训, 用于评价人员了解 TDS 法的整个评价过程, 并对滋味感受的选择进行训练。评价人员在评价样品前 1 h 内避免进食, 感官评价在恒温(22 ℃)的标准感官评价实验室白光条件下进行, 并遵循严格的品尝程序。

将传统黄酒样品分装 10 mL 于 ISO 黑色不透明标准品评杯中, 每个样本随机标记 1 个 3 位数, 按拉丁方设计随机排列呈送给 12 名感官评价人员。从评价人员饮入 10 mL 传统黄酒酒样时计时开始, 在饮入后感受不到滋味感受为止计时结束。判断后苦味强度时, 评价人员仍被要求在吞咽少量样品和吐出剩余样品之前, 将每个样品在口中保持 10 s。评价人员需要从传统黄酒样品的基本滋味描述词中, 选择每一时间点感受到的主导滋味^[9], 每 10 s 记录 1 次, 该试验重复 3 次。为了避免评价人员选择列表中的第 1 个滋味描述词的倾向性, 每个评价人员的滋味描述词被随机排列^[20]。在品尝的样品之间, 评价人员需要用纯净水彻底冲洗口腔并等待至少 5 min 以消除样品残留味道的干扰。

1.3.1.4 时间-强度感官评价 正式试验开始前对 12 名评价人员共进行 3 次培训, 用于评价人员了解 TI 感官评价方法的整个流程, 并对后苦味强度的判断进行训练。

感官评价在恒温(22 ℃)的标准感官评价实验室白光条件下进行, 评价人员在评价样品前 1 h 内避免进食, 并遵循严格的品尝程序。将传统黄酒样品分装 10 mL 于 ISO 黑色不透明标准品评杯中, 每个样本随机标记 1 个 3 位数, 按拉丁方设计随机排列呈送给 12 名感官评价人员。评价人员被要求在吞咽少量样品和吐出剩余样品之前, 将每个样品在口中迅速旋转 10 s。在感官评价人员完成训练后, 开始评价酒样的各滋味强度, 在饮入后感受不到各滋味为止计时结束。此过程中要求评价人员每隔 5 s 对样品的各滋味强度进行打分, 以捕捉传统黄酒样品各滋味感知强度随时间的动态变化。为了消除样品残留味道的干扰, 在品尝的样品之间, 评价人员需要用纯净水彻底冲洗口腔并等待至少 5 min。

1.3.2 电子感官评价 电子舌系统通过自检、诊

断和矫正等程序,分别在清洗液、参比液中清洗 90 s 和 120 s,传感器在平衡位置归零 30 s,达到平衡条件无误后进入样品信息采集阶段。每个样品测试时间为 30 s,输出先味值;后在参比液中分别清洗 3 s,传感器插入新的参比液中测试回味 30 s,在每次样品测量之前和之后清洁和标准化传感器,为减少系统误差,每个样品循环测试 4 次,去掉第 1 次循环,取后 3 次平均数据作为测试结果,绘制味觉雷达图。

1.4 数据处理

所有数据均以“平均值±标准差”表示,每个样品重复 3 次。本研究采用 SPSS 22.0 进行方差分析、ANOVA 分析结合 Duncan 多重检验对数据差异性进行显著性分析(显著性水平为 $P<0.05$)。采用偏最小二乘法建立感官评分与电子舌响应信号

之间的相关性,以电子舌味觉指标的输出值为自变量,以相应的感官因子评分为因变量,建立传统黄酒滋味快速预测模型。

2 结果与分析

2.1 传统黄酒滋味描述词的确

评价人员以 4 种不同环境温度下的传统黄酒样品为评价对象,共获得 9 个滋味描述词,如表 3 所示。 F 值是用于表示感官描述剖面描述词出现和强度的关键值,其越大则意味着该描述词对样品感官品质的贡献也越大。保留 6 个 F 值 $\geq 50\%$ 的词汇,分别为酸、甜、苦、涩、鲜与后苦。将这些感官描述词通过感官强度评分进行量化,用于传统黄酒的进一步感官评价。

表 3 传统黄酒滋味描述词被引用的频率和概率

Table 3 The frequency and probability of taste descriptor citation of traditional Huangjiu

滋味描述词	酸	甜	苦	涩	鲜	辣	醇厚	醪糟味	后苦
引用次数	39	37	33	37	27	22	16	19	30
F 值/%	83.1	80.5	68.8	77.1	56.3	45.8	33.3	29.2	64.2

2.2 传统黄酒滋味特征静态感官描述分析

4 个批次不同环境温度下发酵终点的传统黄酒静态滋味评价结果如表 4 所示。由表 4 可知,酸、苦、涩、鲜、后苦 4 种滋味属性的得分均存在显著性差异,甜味差异不显著。S2 与 S3 的鲜味突出,酸味较弱,苦味和后苦味强度较弱。有机酸和氨基酸是传统黄酒中鲜味的主要来源。在传统黄酒中适量的酸会使酒体清爽,带给消费者愉悦感。S2 与 S3 突出的鲜味削弱了酸味与苦味的感知,

减弱酒体的刺激感,因此 S2 与 S3 整体滋味较为和谐饱满。S1 和 S4 则表现为酸味突出,苦涩味和后苦味均明显高于 S2 与 S3。酸味与涩味在一定程度上存在着相似的收敛感,这是因为酒中的酚盐离子数量的减少,以及能够与蛋白质形成氢键的不带电分子的增加,使酒体涩味增加^[21]。同时发酵温度较高可能导致高级醇含量增加^[22]。高级醇类物质含量较低时,会带给黄酒柔和的香气,而含量升高时会产生后苦味^[23]。

表 4 4 种不同环境温度下发酵终点传统黄酒滋味得分表

Table 4 Taste score table of traditional Huangjiu at fermentation end point at four different ambient temperatures

样品	酸	甜	苦	涩	鲜	后苦
S1	5.62 ± 1.25 ^a	2.09 ± 0.67 ^c	4.38 ± 1.32 ^a	4.84 ± 1.28 ^{ab}	4.51 ± 2.01 ^{ab}	3.81 ± 1.46 ^c
S2	4.74 ± 1.39 ^b	2.25 ± 0.59 ^a	3.75 ± 0.98 ^b	4.12 ± 1.36 ^{bc}	5.13 ± 1.89 ^{ab}	2.76 ± 1.65 ^c
S3	4.02 ± 0.89 ^c	2.03 ± 0.89 ^b	3.17 ± 1.42 ^{ab}	3.45 ± 1.02 ^c	5.41 ± 2.15 ^a	2.31 ± 1.31 ^b
S4	4.97 ± 1.24 ^b	1.93 ± 1.01 ^d	4.18 ± 1.56 ^a	5.22 ± 2.31 ^a	4.06 ± 2.06 ^b	4.11 ± 1.58 ^a

注:字母不同的数值差异显著($P<0.05$)。

2.3 传统黄酒滋味的动态感官描述分析

TDS 法是描述酒饮用期间不同感觉时间演变

的主要方法之一,该方法的感觉描述依赖于滋味知觉的不同方面,根据主导感觉及其时间顺序对

轮廓进行描述。如图 2 所示,在 TDS 分析的图形中有 2 条水平虚线,分别为“机会水平”和“显著性水平”。“机会水平”是一个滋味属性可以偶然获得的优势率,为上面的虚线,而“显著性水平”则是某滋味优势率被认为是显著的最小值,为下面的虚线。S1、S2、S3、S4 主导滋味属性按时间先后均为酸味、苦味和鲜味。在 0 s 时,4 个样品均以酸味为主导优势率,到达 35~40 s 时,苦味优势率开始增加,这是由于酸度和苦味的对称抑制所致^[24]。0 s 时,感官评价人员饮用的传统黄酒中酸、苦物质浓度为峰值,两种具有不同味觉特征的物质混合后会降低彼此的味觉浓度,同时唾液对其具有稀释

作用,味觉之间的抑制作用也相应减弱^[24]。S2、S3 的苦味优势属性结束的时间早于 S1 和 S4,其中 S4 的苦味消逝时间最久,由此说明 S4 样品的后苦味最重,持续时间最长。苦味的优势率达到峰值时,涩味优势率均处于谷值。当苦味逐渐消退时,涩味的优势率开始逐渐上升,同时鲜味的优势率开始突破偶然水平线和显著水平线,而后一直占据感官的主导性。此外,S3 样品的鲜味占据主导优势的时间最早,其次为 S2、S1、S4。这一过程不仅符合传统黄酒鲜味出现较晚的口味特征,而且还涉及鲜味对酸味的缓冲作用,及对苦味的抑制作用。

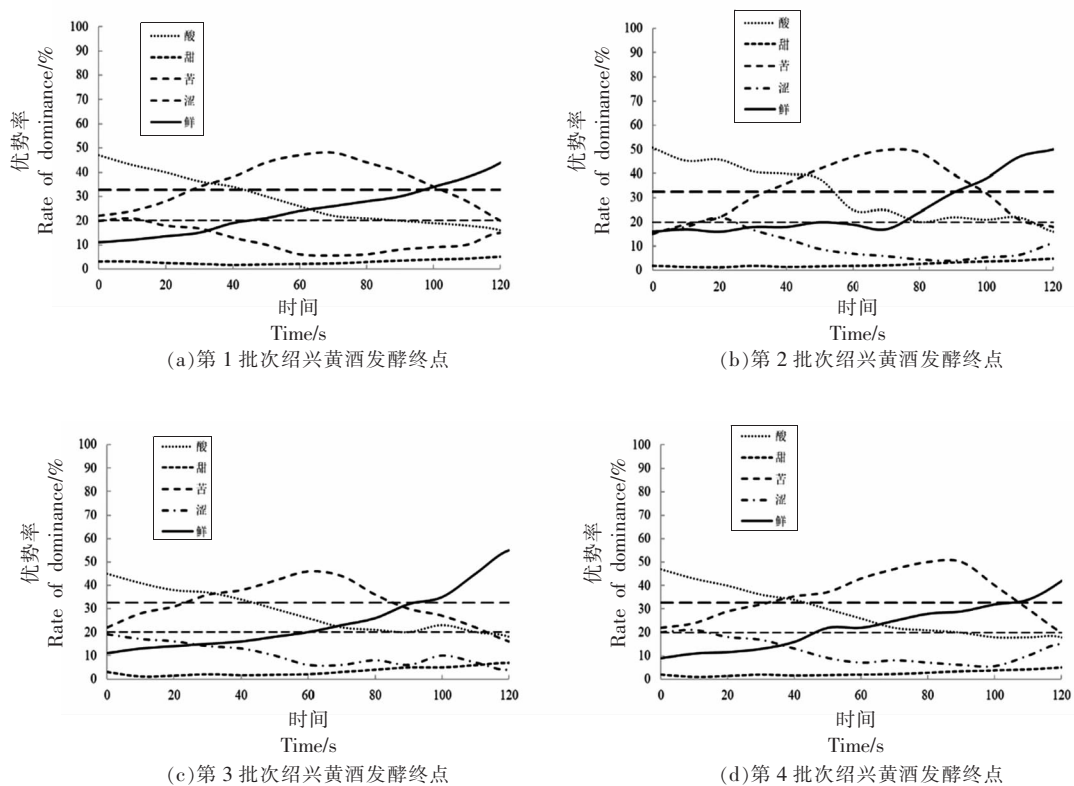


图 2 4 种不同环境温度发酵的传统酒滋味 TDS 分析图

Fig.2 TDS analysis of fermented traditional Huangjiu at four different ambient temperatures

余味是酒品质重要的评价参数之一,基于 TI 的 4 批次黄酒苦味余味(即后苦味)的评价结果,如图 3 所示。饮用后 120 s 内,4 批次黄酒的苦味强度均随时间呈下降趋势,评价人员对酒样的后苦味感知减弱并不是一个线性的过程^[25]。将感知最大强度(I_{max})和最大强度的时间(T_{max})参数进行

对比,可以看出不同样品间在滋味方面存在显著差异。S4 入口苦味最强,苦味强度达到 8.5,0~60 s 苦味强度降低的速度较快,70~100 s 降速减缓,直至 120 s 后苦味才完全消散;S1 和 S2 入口的苦味强度均在 6.8 左右,在 0~20 s, S2 后苦味下降速率较快;在 30~60 s, S1 后苦味强度降速较快。而 S2

在 90 s 后苦味全部消散, S1 稍晚 10 s。S3 入口的苦味最低, 在 20~80 s 苦味强度下降速度较快, 在 60~80 s 后苦味与其它批次的传统黄酒样品保持较大差距。这也较好的反映了在投料环境温度较低时, 酿制的传统黄酒的后苦味强度较低且消散的最快这一特点。

2.4 基于电子舌的传统黄酒滋味评价

本研究采用电子舌技术对传统黄酒味觉风味进行快速评价, 并建立后苦味快速预测模型。提取电子舌传感器的响应值, 对不同环境温度发酵终点的传统黄酒绘制味觉雷达图, 如图 4 所示。

由图 4 可知, S1 的酸度最高, S4 酸度最低。这可能是由于环境温度的升高利于微生物的生长, 导致酒精饮料的过度发酵, 增加了酒样的酸味, 适量的酸会带来清爽和愉悦感, 而过量的酸会产生令人不快的酸味与涩味。在甜味与鲜味方面, S3 高于 S1、S2、S4, 传统黄酒的甜味主要源于绍兴黄酒谷物原料被水解生成的糖类物质, 部分发酵过程中产生的甘氨酸、丙氨酸和残留的糊精物质也能够提供一定的甜味。传统黄酒中鲜味主要来源于有机酸和氨基酸。在后苦味与涩味方面 S4 略高于 S1、S2, 其中在冬至前 1 周发酵的 S3 样品后苦味最低, 苦味的增加会降低酸味, 增加涩味。以上结果与人工感官评价结果相同, 说明了电子舌技术可以用于辅助检测与评价传统黄酒的滋味。

为建立传统黄酒后苦味评价方法, 本研究采用偏最小二乘法建立了电子舌信号与味觉评分的相关性模型, 自变量为 6 项电子舌味觉指标的输出值, 因变量为相应的感官因子评分, 建立的滋味预测模型表达式为: $F = K + aX_1 + bX_2 + cX_3 + dX_4 + eX_5 + fX_6$, 其中 K 为常数, a, b, c, d, e, f 分别为系数, $X_1, X_2, X_3, X_4, X_5, X_6$ 分别为酸、苦、鲜、涩、甜、后苦 6 个指标的电子舌响应值。6 个滋味属性的模型表达式如表 5 所示。相关系数 r 是表达预测值和实际值之间线性相关程度的指标, 对模型的预测能力进行评价, 当 r 越趋于 1 时, 表示预测值和实际值之间越相关, 模型的预测效果越好, RMSE(均方根误差)越小, 则误差范围越小, 预测值越接近真实值。由表 5 可知, 酸味、苦味、后苦味预测模型的预测结果可靠, 后苦味的模型 r 最高, 为 0.976。在系统感官评价技术的基础上, 进一步验证了后苦

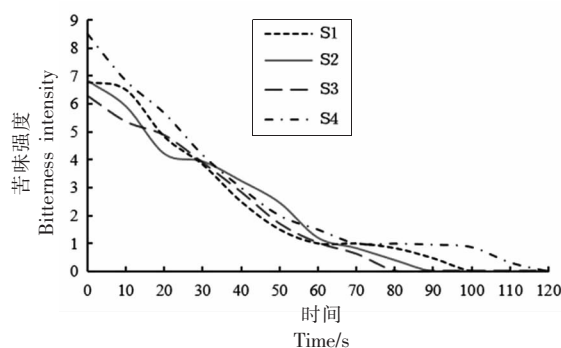
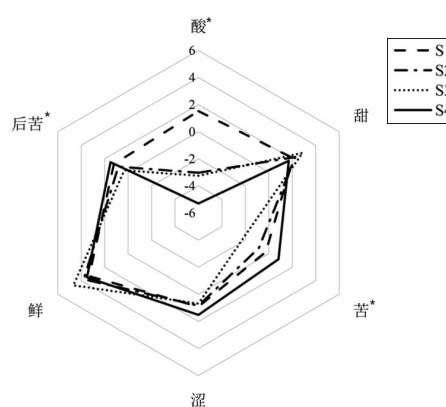


图 3 4 种不同环境温度下的传统黄酒发酵终点苦味的时-强度曲线

Fig.3 TI curves of bitterness of four traditional Huangjiu at different ambient temperatures



注: * 该数据具有显著性差异 ($P < 0.05$)。

图 4 4 种不同投料环境温度下发酵终点的传统黄酒电子舌滋味响应值的味觉雷达图

Fig.4 Taste radar map of electronic tongue taste response values of traditional Huangjiu at four different feeding temperatures

味预测模型的可行性和适用性。本研究中 Durbin-Watson 检验值为 1.968, Durbin-Watson 检验值越接近 2 说明观测值相互独立的可能性越大^[26], 因此本研究中多重线性回归的观测值具有相互独立性, 进一步说明了电子舌测量值与后苦味感官评价结果具有良好的相关性, 预测模型稳定可靠。

4 结论

本研究采用静态和动态感官评价相结合的方法, 分析了不同环境温度条件下发酵的传统黄酒滋味差异, 以及 5 种滋味在不同环境温度下发酵

表5 滋味评分与电子舌信号的PLS回归模型

Table 5 PLS model between ET signals and scores of sensory evaluation

滋味指标	PLS 方程表达式	<i>r</i>	RMSE
酸味	$Y=5.551+0.170X_1-0.384X_2-0.053X_3+0.373X_4-0.072X_5+0.528X_6$	0.945	0.257
甜味	$Y=1.619+0.024X_1+0.230X_2+0.049X_3+0.345X_4+0.006X_5-0.671X_6$	0.771	0.154
苦味	$Y=3.903+0.087X_1-0.109X_2+0.411X_3-0.329X_4+0.185X_5+0.580X_6$	0.939	0.197
涩味	$Y=3.264+0.043X_1-0.138X_2+0.062X_3+0.873X_4+0.049X_5+0.546X_6$	0.848	0.366
鲜味	$Y=4.147-0.003X_1+0.327X_2-0.101X_3-0.173X_4+0.094X_5-0.661X_6$	0.888	0.277
后苦味	$Y=2.669+0.021X_1+0.399X_2-0.018X_3+0.156X_4-0.537X_5+2.801X_6$	0.976	0.191

的传统黄酒样品饮用过程中的动态变化。结果表明,中性酒滋味和谐饱满,鲜味突出,苦味和后苦味强度弱;4批次传统黄酒的主导滋味属性按时间先后均为酸味、苦味和鲜味。采用电子舌结合偏最小二乘法建立了传统黄酒滋味评价方法,酸、苦及后苦味预测模型稳定可靠,为后续研究传统黄酒苦味及后苦味评价提供了科学方法。传统黄酒中含有多种香气与滋味间的相互作用,今后的研究可进一步探究传统黄酒中香气与滋味的相互作用关系,以完善黄酒滋味品质评价的研究。

参 考 文 献

- [1] CHEN S, XU Y. The influence of yeast strains on the volatile flavour compounds of Chinese rice wine [J]. *Journal of the Institute of Brewing*, 2010, 116(2): 190-196.
- [2] 杨国军. 黄酒中的苦味物质及其来源探讨[J]. *食品与发酵工业*, 2004, 30(2): 87-90.
YANG G J. Discussion on bitter substances in rice wine and their sources [J]. *Food and Fermentation Industry*, 2004, 30(2): 87-90.
- [3] 谢广发. 黄酒酿造技术[M]. 北京: 中国轻工业出版社, 2016: 100.
XIE G F. Rice wine brewing technology[M]. Beijing: China Light Industry Press, 2016: 100.
- [4] 闫晓雪, 伍时华, 吴军, 等. 糯米酒的液态发酵工艺优化[J]. *中国酿造*, 2022, 41(3): 168-173.
YAN X X, WU S H, WU J, et al. Optimization of liquid fermentation process of glutinous rice wine[J]. *China Brewing*, 2022, 41(3): 168-173.
- [5] 项东方. 温度对黄酒生产的影响[J]. *现代食品*, 2016, 9(18): 53-54.
XIANG D F. Effect of temperature on rice wine production[J]. *Modern Food*, 2016, 9(18): 53-54.
- [6] 寿泉洪. 浅论温度对黄酒生产的影响[J]. *酿酒*, 2003, 30(3): 47-50.
SHOU Q H. Effect of temperature on rice wine production[J]. *Wine Making*, 2003, 30(3): 47-50.
- [7] 郭伟. 不同环境温度条件下传统绍兴黄酒发酵过程中菌群结构及香气物质变化的研究[D]. 上海: 上海应用技术大学, 2022.
GUO W. Study on changes of community structure and aroma substances during fermentation of traditional Shaoxing Huangjiu under different ambient temperatures conditions[D]. Shanghai: Shanghai Institute of Technology, 2022.
- [8] 卢丽娜. 外加氮源、环境温度对黄酒品质影响的研究[D]. 杭州: 浙江农林大学, 2022.
LU L N. Study on the influence of external nitrogen source and ambient temperature on the quality of rice wine[D]. Hangzhou: Zhejiang Agriculture & Forest University, 2022.
- [9] PINEAU N, SCHLICH P, CORDELLE S, et al. Temporal dominance of sensations: Construction of the TDS curves and comparison with time-intensity [J]. *Food Quality & Preference*, 2009, 20(6): 450-455.
- [10] ZHOU B X, MA B S, XU C C, et al. Impact of enzymatic fermentation on taste, chemical compositions and *in vitro* antioxidant activities in Chinese teas using E-tongue, HPLC and amino acid analyzer[J]. *LWT*, 2022, 163: 113549.
- [11] VIDAL L, ANTUNEZ L, GIMENEZ A, et al. Dynamic characterization of red wine astringency: Case study with Uruguayan Tannat wines [J]. *Food Research International*, 2016, 82: 128-135.
- [12] MEILLON S, URBANO C, SCHLICH P. Contribution of the temporal dominance of sensations (TDS)

- method to the sensory description of subtle differences in partially dealcoholized red wines[J]. *Food Quality and Preference*, 2009, 20(7): 490–499.
- [13] FRANOIS N, GOVAERTS B, GUYOT–DECLERCK C. Inferential non-centred principal curve analysis of time–intensity curves in sensory analysis: The methodology and its application to beer astringency evaluation[J]. *Journal of Chemometrics*, 2007, 21(5/6): 187–197.
- [14] SOKOLOWSKY M, FISCHER U. Evaluation of bitterness in white wine applying descriptive analysis, time–intensity analysis, and temporal dominance of sensations analysis [J]. *Analytica Chimica Acta*, 2012, 732: 46–52.
- [15] 李露芳. 电子舌技术在酱油滋味评价中的应用研究[D]. 广州: 华南理工大学, 2019.
- LI L F. Application of electronic tongue technology in soy sauce taste evaluation[D]. Guangzhou: South China University of Technology, 2019.
- [16] 芦建超, 惠延波, 胡晓利, 等. 基于电子舌的大豆分离蛋白苦味分析与评价技术研究[J]. *河南工业大学学报(自然科学版)*, 2019, 40(6): 65–69, 79.
- LU J C, HUI Y B, HU X L, et al. Bitter analysis and evaluation of soybean protein isolate based on electronic tongue[J]. *Journal of Henan University of Technology (Natural Science Edition)*, 2019, 40(6): 65–69, 79.
- [17] 徐淑臻, 黄伟, 陈荣荣. PanelCheck 检测评价小组对乳酸菌饮料的感官评估能力[J]. *饮料工业*, 2018, 21(2): 12–17.
- XU S Z, HUANG W, CHEN R R. Sensory evaluation ability of PanelCheck detection and evaluation team on lactic acid bacteria beverage[J]. *Beverage Industry*, 2018, 21(2): 12–17.
- [18] FRANK O, BLUMBERG S, KRÜMPPEL G, et al. Structure determination of 3-*O*-caffeoyl- ϵ -pi-gamma-quinide, an orphan bitter lactone in roasted coffee [J]. *Journal of Agricultural & Food Chemistry*, 2008, 56(20): 9581.
- [19] 马旭艺, 孙波, 赵晓, 等. 暂时性感官支配结合时间强度评价法在降酸山葡萄酒中的应用[J]. *食品与发酵工业*, 2018, 44(10): 231–235.
- MA X Y, SUN B, ZHAO X, et al. Application of temporary sensory control combined with time intensity evaluation in Jiangshan wine[J]. *Food and Fermentation Industry*, 2018, 44(10): 231–235.
- [20] 陆小腾驾, 阮红倩, 童华荣. 感觉的时间优势评价方法及其应用[J]. *食品工业科技*, 2013, 34(5): 396–399.
- LU X T J, RUAN H Q, TONG H R. Evaluation method of sensory time advantage and its application [J]. *Science and Technology of Food Industry*, 2013, 34(5): 396–399.
- [21] ARES G, BARREIRO C, DELIZA R, et al. Alternatives to reduce the bitterness, astringency and characteristic flavour of antioxidant extracts[J]. *Food Research International*, 2009, 42(7): 871–878.
- [22] 赵蒙, 孙安, 陈龙. 发酵酒中高级醇的研究进展[J]. *中国酿造*, 2023, 42(5): 9–14.
- ZHAO M, SUN A, CHEN L. Research progress of higher alcohols in fermented wine[J]. *China Brewing*, 2023, 42(5): 9–14.
- [23] LVAREZ –FERNÁNDEZ M A, CARAFA I, VRHOVSEK U, et al. Microorganisms modulating wine aromatic amino acid catabolites by using *Torulaspota delbrueckii* in sequentially inoculated fermentations or *Saccharomyces cerevisiae* alone [J]. *Microorganisms*, 2020, 9(8): 1349.
- [24] 谢静茹. 传统绍兴酒关键苦味物质及其影响因素研究[D]. 上海: 上海应用技术大学, 2021.
- XIE J R. Study on key bitter substances and their influencing factors in traditional Shaoxing wine [D]. Shanghai: Shanghai Institute of Technology, 2021.
- [25] 钱敏, 白卫东, 赵文红, 等. 基于电子舌的黄酒检测与辨识[J]. *仲恺农业工程学院学报*, 2016, 29(4): 30–32.
- QIAN M, BAI W D, ZHAO W H, et al. Detection and identification of rice wine based on electronic tongue[J]. *Journal of Zhongkai University of Agricultural Engineering*, 2016, 29(4): 30–32.
- [26] 卢纹岱. SPSS 统计分析[M]. 北京: 电子工业出版社, 2010: 320.
- LU W D. SPSS statistical analysis [M]. Beijing: Publishing House of Electronics Industry, 2010: 320.

Analysis of Taste Characteristics of Traditional Huangjiu Brewed under Different Ambient Temperature Conditions

Yu Haiyan, Wu Shiqi, Wang Xiaoyu, Chen Chen, Tian Huaixiang*

(School of Perfume and Aroma Technology, Shanghai Institute of Technology, Shanghai 201418)

Abstract Traditional Huangjiu is the treasure of Chinese brewing technology, but its semi-open brewing environment is easily affected by ambient temperature conditions, which leads to the instability of product flavor quality. In this study, traditional Huangjiu brewed under different ambient temperature conditions (pre-wine (S1), neutral wine (S2 and S3), post-wine (S4)) was selected as the research object, and the difference of static taste intensity of four batches of traditional Huangjiu was analyzed by quantitative description sensory evaluation. Time-intensity sensory evaluation and dynamic dominant attribute test were used to analyze the dynamic change of taste characteristics and the difference between different batches. The difference of taste profiles was analyzed by electronic tongue technique, and the taste prediction models were established by combining partial least square method. The results showed that the taste of S2 and S3 is harmonious and full, the umami is prominent, and the bitter and delayed bitterness intensity is weak. The dominant taste properties of the four batches of traditional Huangjiu were sour taste, bitter taste and umami taste in order of time. The bitterness dominant attribute of S3 ended the earliest (85 s), the bitterness disappeared the longest (110 s) in S4, and the umami dominant attribute of S3 was the earliest, followed by S2, S1 and S4. The electronic tongue has a good correlation with sour, bitterness and delayed bitterness sensory attributes, respectively. The prediction model for delayed bitterness was robust with a correlation coefficient of 0.976. Static and dynamic sensory evaluation combined with electronic tongue can comprehensively evaluate the taste characteristics of traditional Huangjiu. The ambient temperature conditions have an important influence on the bitterness and delayed bitterness of traditional Huangjiu.

Keywords traditional Huangjiu; taste characteristics; ambient temperature conditions; sensory evaluation; electronic tongue