

4种甜米酒主要营养成分与滋味特征对比及分析

张高楠 苏钰亭 赵思明 杜红英

华中农业大学食品科技学院/环境食品学教育部重点实验室, 武汉 430070

摘要 以湖北孝感珍珠糯米为原料, 选用孝感酒曲、米婆婆酒曲、苏州酒曲、安琪酒曲等4种酒曲制作甜米酒。对制作的4种甜米酒的基本理化指标、糖类组成、有机酸组成、游离氨基酸组成等营养成分进行测定且采用感官评价法及电子舌技术对其滋味特性进行分析。结果表明, 不同品牌酒曲制作的甜米酒含有的主要营养成分存在较大差异, 其中安琪甜米酒和苏州甜米酒总糖、还原糖含量较高, 同时安琪甜米酒、米婆婆甜米酒中小分子糖类和有机酸含量具有一定优势。在游离氨基酸分析中, 以孝感甜米酒最优, 米婆婆甜米酒次之。米婆婆甜米酒在综合感官评价过程中所获评分最高。此外, 利用电子舌对4种甜米酒中的滋味物质进行人工智能识别并建立了基于电子舌探头响应值与滋味感官的预测模型。

关键词 甜米酒; 感官评价; 电子舌; 还原糖; 氨基酸; 有机酸; 滋味评价

中图分类号 TS 261.7 **文献标识码** A **文章编号** 1000-2421(2018)02-0089-07

甜米酒是以糯米为主要原料, 经过蒸煮、接种拌曲、微生物糖化发酵酿造而成的中国传统发酵米制品。糯米经蒸煮糊化, 在酒曲中的霉菌等微生物及其酶等代谢产物的共同作用下, 淀粉、蛋白质、脂肪等大分子物质被降解成葡萄糖等单糖、低聚糖、肽类、氨基酸、有机酸等小分子物质^[1], 赋予甜米酒独特的营养和风味特征, 有助于提高免疫力^[2]、促进新陈代谢, 并有舒筋活血、延年益寿之功效^[3], 甜米酒常被人们当作一种滋补食品。

甜米酒具有地域性和时代特色。传统甜米酒多以糯米为原料, 这是因为糯米支链淀粉含量约占其淀粉总量的98%以上, 制作的甜米酒出汁率高, 低聚糖、还原糖含量高, 甜味柔和^[4]。根据酒精度的不同, 甜米酒大致可分为, 甜型低醇甜米酒(如历史传承的孝感甜米酒具有甜润爽口的特点)以及孝感、苏州等地区的酒精度较高且具有一定辛辣味的甜米酒。传统甜米酒多以手工作坊加工为主, 近十年来通过在原料蒸煮、巴氏灭菌等环节、直投式发酵等现代工程技术的改造, 传统甜米酒逐渐实现了工业化生产。近年来, 电子舌被广泛应用于食品的生产地溯源、新鲜度的检测、掺假检测、酒类的酒龄鉴别以及陈酿时间、滋味特征的区分^[5]。目前甜米酒具有

地域特色但是其风味特征并不明确, 希望能借助电子舌等现代快速分析仪器对甜米酒风味品质进行评价, 且探讨其应用的价值。

本研究对4种甜米酒的基本理化指标、糖类组成、有机酸组成、游离氨基酸组成等营养成分进行系统测定, 并对4种甜米酒的甜、酸、苦、涩4种滋味进行感官评价, 同时比较不同酒曲制作的甜米酒的品质特点。采用电子舌对4种不同酒曲制作的甜米酒的滋味特征进行区分, 并建立电子舌探头响应值与滋味感官的预测模型, 为后续进一步研究甜米酒滋味形成机制打下基础。

1 材料与方法

1.1 材料

孝感珍珠糯由孝感米婆婆有限公司提供; 苏州酒曲和安琪酒曲均由湖北宜昌安琪酵母股份有限公司生产, 购于中百超市; 孝感酒曲、米婆婆酒曲由孝感米婆婆有限公司提供。苏州酒曲的配料为大米、食用菌; 安琪酒曲的配料为米粉、根霉菌; 孝感酒曲的配料为米粉、制取草(野竹叶菜、蜂窝草、土茯苓、甘草、丁香等多种植物)和曲种; 米婆婆酒曲的配料为大米、酵母等。下文中将安琪酒曲制作的甜米酒

收稿日期: 2017-06-26

基金项目: 中央高校基本科研业务费专项(2014QC015); 湖北省重大科技创新计划项目(2014ABC009)

张高楠, 硕士研究生。研究方向: 食品大分子结构与功能特性。E-mail: zgn20113969@163.com

通信作者: 杜红英, 博士, 副教授。研究方向: 食品营养物质代谢及生物大分子互作。E-mail: hydu@mail.hzau.edu.cn

缩写记为 AQ,将苏州酒曲制作的甜米酒缩写记为 SM,将孝感传统酒曲制作甜米酒缩写记为 XG,将孝感米婆婆生物科技有限公司提供酒曲制作甜米酒缩写记为 MPP。

1.2 仪器与设备

葡萄糖、3,5-二硝基水杨酸、茚三酮、盐酸、浓硫酸、氢氧化钠、重铬酸钾、乙醇等试剂为分析纯,购于国药集团化学试剂有限公司。TDW 电阻炉温度控制器,上海康路仪器设备有限公司;ZHWHY-2102C 型恒温培养振荡器,上海智城分析仪器制造有限公司;HH-6 型数显恒温水浴锅,国华电器有限公司;豪华型多功能商用蒸饭柜,厨之美电器有限公司;722 型可见分光光度计,天津市普瑞斯仪器有限公司生产;AUY220N 分析天平,德国赛多利斯制造;TDL80-28 型台式离心机,上海安亭科学仪器厂; α -ASTREE 型电子舌,法国 Alpha M.O.S 公司。

1.3 试验方法

1)甜米酒的制作工艺。工艺流程:糯米→浸泡→洗米→蒸饭→淋饭→拌入酒曲→搭窝→保温发酵→成品。

将糯米(每份 200 g)洗净浸泡(米和水的质量比为 1:2.5)于清水中约 9 h,直至米粒无白心,手捻即碎。将浸泡好的米用自来水冲洗 3 次,漂洗干净,用纱布沥干 5 min。将白糯米蒸 10~12 min,要求松、软、透,不粘连。饭蒸透后稍冷却(3 min)后用高纯水(每 200 g 使用 150 mL)冲淋,使饭粒分离并降温至 30 ℃。沥净水分后拌入甜酒曲(0.4%),搭窝并于 30 ℃保温发酵 48 h。

2)甜米酒定量描述感官分析法。实验采用 10 点制的定量描述感官分析法对甜米酒的感官属性进行评价。感官评价小组由年龄在 23~30 岁的 4 名女性和 3 名男性组成,品评员均需按照 ISO 4121—2003 感官分析-定量反应尺度使用指南接受系统培训。以甜、酸、苦、涩为滋味描述词进行分析,参照标准物如下:酸(4 g/L 酒石酸),甜(30 g/L 蔗糖),苦(0.15 g/L 硫酸奎宁),涩(1.0 g/L 硫酸铝)。评价者采用 10 点制对甜米酒的香气进行感官评价,0~9(0 为没味道,9 为味道最强)。

3)甜米酒中主要成分检测。参照 GB 5009.4—2010 测定酒糟的灰分,以干基计。粗蛋白测定采用微量凯氏定氮法,参照 GB 5009.5—2010,以干基计。

表观糖度测定:取发酵好的甜米酒汁滤液(纱布

过滤)1 滴于手持折光仪上,以读数作为甜米酒的表观糖度^[6]。

还原糖测定:精确量取米酒汁 1 mL,放入容量瓶中,加水 50~60 mL,50 ℃保温 20 min,定容至 100 mL,过滤,滤液为还原糖提取液。使用 DNS 比色法测定^[7]。

总糖测定:放入 50 mL 比色管中,加 10 mL 6 mol/L HCl 和蒸馏水 15 mL,沸水浴 30 min,冷却至室温,用 6 mol/L NaOH 调至中性。定容至 100 mL,摇匀,静置 30 min 后滤纸过滤,收集滤液。使用 DNS 比色法测定^[7]。

酸度测定:取发酵好的甜米酒汁滤液(纱布过滤)用 pH 计测定,以此作为甜米酒酸度^[8]。

酒精度测定:取 4 种米酒的酒液于比色管,用纱布过滤,取 5 mL 于 250 mL 蒸馏烧瓶中,加蒸馏水 120 mL 蒸馏,蒸出 100 mL 液体待测。使用重铬酸钾法测定,计算酒精度:

$$C = X \times 100 / V \times 100\% \quad (1)$$

式(1)中:C 为酒样中乙醇的体积分数,%;V 为蒸馏酒样的体积,mL;100,馏出液的体积,mL。

4)甜米酒滋味特征。甜米酒汁小分子糖类组成分析,参照 GB/T 5009.8—2016 方法检测甜米酒汁中葡萄糖、果糖、麦芽糖、麦芽三糖含量。甜米酒汁中有机酸组成分析,参照 GB/T 5009.157—2016 方法检测甜米酒汁中乙酸、苹果酸、乳酸、琥珀酸以及柠檬酸含量。甜米酒中氨基酸组成检测采用 GB/T 5009.124—2016 的方法测定甜米酒汁中游离氨基酸组成。

电子舌测定:取发酵好的甜米酒汁于 4 000 r/min 离心 10 min,得上清液(40 mL),高纯水稀释至 80 mL 倒入 120 mL 电子舌专用杯中,置于自动进样器上检测。

1.4 数据处理

所有试验至少重复 3 次,使用测量数据时至少 3 个平行,使用 Excel、SAS 进行数据处理和分析。

2 结果与分析

2.1 米酒基本理化指标

4 种不同酒曲制作的甜米酒的基本理化指标数据见表 1。由表 1 可知,不同酒曲制作的 4 种甜米酒中酒汁的 pH 范围在 3.45~3.54,其酒糟灰分值为 0.261 8~0.308 0。4 种甜米酒汁中,XG(孝感传统酒曲制作甜米酒)中可溶性固形物含量(4.57)最

低,而其酒精度(2.62)显著高于其他 3 种甜米酒 ($P<0.05$)。MPP 的酒糟的粗蛋白含量(占干基质量的 23.93%)最高,XG 酒糟中的粗蛋白含量(18.19%)最低。AQ(安琪酒曲制作的甜米酒,428.66 mg/mL)和 SM(苏州酒曲制作的甜米酒,423.73 mg/mL)的还原糖含量显著高于 XG(318.10 mg/mL)和 MPP(孝感米婆婆生物科技有限公司提

供酒曲制作甜米酒,381.37 mg/mL) ($P<0.05$)。而 AQ(530.98 mg/mL)、SM(488.36 mg/mL)和 MPP(455.29 mg/mL)3 种甜米酒中总糖的含量显著高于 XG(383.67 mg/mL)中总糖的含量 ($P<0.05$)。相较于梁晓峰^[9]研究的低糖清爽的客家米酒,总糖含量仅有 15.2 mg/g,4 种酒曲制备的甜米酒甜度较高。

表 1 甜米酒基本理化指标 ($n=3, \pm SD$)

Table 1 The content of chemical component of sweet rice wine

甜米酒 Sweet rice wine	可溶性固形 物酒汁/% Soluble solids of the wine juice	酒汁 pH pH of the wine juice	酒糟灰分/ (g/100 g) (干基) Vinasse ash (dry basis)	酒汁还原糖/ (mg/mL) Reducing sugar of the wine juice	酒汁总糖/ (mg/mL) Total sugar of the wine	酒汁酒精度/% Alcohol of the wine juice	酒糟粗蛋白 (干基)/% Vinasse crude protein(dry basis)
AQ	5.06±0.03a	3.48±0.03a	0.276 7±0.02a	428.66±16.70a	530.98±21.00a	0.95±0.07b	20.60±0.28b
SM	5.02±0.01a	3.51±0.13a	0.308 0±0.01a	423.73±4.54a	488.36±19.90ab	0.84±0.12b	20.71±0.40b
XG	4.57±0.35b	3.54±0.09a	0.298 1±0.03a	318.10±16.90c	383.67±16.10c	2.62±0.16a	18.19±0.37c
MPP	5.01±0.01a	3.45±0.04a	0.261 8±0.01a	381.37±8.35b	455.29±13.40b	0.92±0.17b	23.93±0.13a

注:小写字母不同表示同列之间数据存在显著性差异($P<0.05$)。AQ:安琪酒曲制作的甜米酒;SM:苏州酒曲制作的甜米酒;XG:孝感传统酒曲制作甜米酒;MPP:孝感米婆婆生物科技有限公司提供酒曲制作甜米酒,下同。Note:Different lowercase letters in the same column indicate significant difference($P<0.05$).AQ,SM,XG and MPP represent respectively sweet rice wine made by Angel,Suzhou,Xiaogan and Mipopo starter.The same as below.

2.2 滋味感官属性分析

品评人员主要通过酸、甜、苦、涩 4 个属性以及综合评价对甜米酒的感官特征进行描述。图 1 的雷达图表明不同甜米酒的酸、甜、苦、涩属性及综合评分情况,4 种米酒之间有显著性差异。XG 有较强的涩味和苦味,甜味比其他 3 种米酒低,综合评分也是 4 种米酒中最低的。另外 3 种米酒都有较强的甜味,其中 AQ 甜酸比例为 2.57,甜味突出,具有较强的甜腻感;SM 和 MPP 甜酸比例分别为 1.61、1.32,较为适宜。MPP 甜味得分较高,酸味适中,苦、涩味强度较低,具有较适宜的甜、酸味比例,具有滋味浓郁的特点且综合评分最高。

2.3 甜米酒中小分子糖和有机酸组成

4 种不同酒曲制作的甜米酒汁中小分子糖类的含量及种类如表 2 所示。甜米酒汁中常见的小分子糖类主要有葡萄糖、果糖、蔗糖、麦芽糖等^[10],赋予甜米酒柔和、厚实的口感特征。由表 2 可知,甜米酒汁中葡萄糖为主要的糖类,不同酒曲制作的甜米酒汁中葡萄糖的含量有显著差异($P<0.05$),其中 AQ 中葡萄糖含量(8.53 mg/g)最高,其次为 SM(8.26 mg/g)、MPP(8.06 mg/g)和 XG(7.19 mg/g)。

由表 2 可知,不同酒曲制作的甜米酒汁中有机酸的组成差异较大,AQ 和 SM 甜米酒汁中检出的有机酸种类较多且含量相对较高。其中,AQ 甜米酒汁中以乳酸的含量最多(6.56 mg/mL),其次为琥珀酸(5.19 mg/mL),与已报道的樱桃酒的有机酸组成较为接近^[11]。XG 甜米酒汁中检出的有机酸总含量最小(0.61 mg/mL),且有机酸的种类较少,只检测出柠檬酸(0.05 mg/mL)和琥珀酸(0.56 mg/mL)。有机酸不仅是米酒中风味的组成部分,也是甜米酒中重要的营养物质。其中,苹果酸具有抗疲劳、保护肝脏和增强心脏功能的功效,而柠檬酸和乙酸则具有延缓衰老、消除疲劳和降低血压等功效^[12-13]。

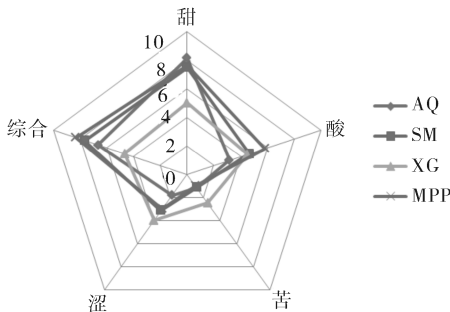


图 1 甜米酒滋味感官品质得分雷达图
Fig.1 The sensory quality score radar map of sweet rice wine

表 2 甜米酒汁中小分子糖类和有机酸组成及含量

Table 2 The content of small molecular sugar and organic acid in sweet rice wine

组分 Component		AQ	SM	XG	MPP
小分子糖/(mg/g) Small molecular sugar	葡萄糖 Glucose	8.53±0.44a	8.26±0.29a	7.19±0.10bc	8.06±0.26ab
	果糖 Fructose	0.18±0.00c	ND	0.27±0.02a	0.21±0.00b
	蔗糖 Sucrose	ND	ND	ND	ND
	麦芽糖 Maltose	ND	0.17±0.00b	0.25±0.00a	ND
	麦芽三糖 Maltotriose	ND	ND	0.23±0.02a	0.17±0.00b
	合计 Total	7.70±0.44	8.42±0.29	7.94±0.09	8.44±0.26
有机酸/(mg/mL) Organic acid	苹果酸 Malic acid	2.45±0.12b	1.72±0.01c	ND	2.92±0.01a
	乳酸 Lactate	6.56±0.12a	4.51±0.02b	ND	5.47±0.04a
	乙酸 Acetic acid	3.24±0.01a	2.02±0.03b	ND	3.36±0.07a
	柠檬酸 Citric	3.73±0.18a	2.47±0.01b	0.05±0.00c	2.28±0.03b
	琥珀酸 Butanedioic acide	5.19±0.13a	3.50±0.03b	0.56±0.00c	5.87±0.01a
	合计 Total	21.18±0.53	14.30±0.03	0.61±0.00	19.91±0.03

注:ND 标识表示为未检出。Note:ND indicates not found.

2.4 甜米酒汁中的氨基酸组成

氨基酸是甜米酒中的主要成分之一,它们不仅是甜米酒的营养成分,更是风味物质或风味的前体物质。氨基酸具有鲜、甜、苦、涩等多种味感,赋予了甜米酒丰富的味觉层次,使其具有鲜美、醇和、浓郁、柔润、协调的滋味特征^[14]。4 种酒曲制作的甜米酒汁中游离氨基酸组成含量如表 3 所示。由表 3 可知,甜米酒中含有丰富的氨基酸,在检测的 18 种氨

基酸中,不同酒曲制作的甜米酒汁中都有检出。在呈味氨基酸中以甜味和苦味氨基酸为主,鲜味氨基酸含量较少,与文献报道的一致^[15-16]。不同酒曲制作的甜米酒氨基酸组成有一定的差别。甜米酒中游游离氨基酸总含量最多的为 XG(98.54 mg/100 mL),其次为 MPP(74.47 mg/100 mL),最少的是 AQ(61.70 mg/100 mL),表明该酒曲中微生物产生的蛋白酶分解原料及其代谢产物活力较高。

表 3 甜米酒汁中游离氨基酸组成及含量

Table 3 The content of free amino acid in sweet rice wine

mg/100 mL

游离氨基酸 Free amino acid		AQ	SM	XG	MPP
鲜味 Umami	天冬氨酸 Asp	4.89±0.04b	3.17±0.05c	5.28±0.04a	3.68±0.07e
	谷氨酸 Glu	4.76±0.04b	2.55±0.01c	5.35±0.10a	2.83±0.06b
	总计 Total	9.65±0.00	5.72±0.03	10.63±0.14	6.51±0.01
甜味 Sweet	苏氨酸 Thr*	4.06±0.01a	2.51±0.01b	4.23±0.01a	3.44±0.01c
	丝氨酸 Ser	0.31±0.02b	0.20±0.01c	0.36±0.03a	0.45±0.01b
	甘氨酸 Gly	1.57±0.05b	1.06±0.04c	2.31±0.01a	1.19±0.04d
	苯丙氨酸 Ala	8.96±0.14b	6.11±0.00c	14.88±0.18a	6.53±0.03d
	脯氨酸 Pro	2.46±0.06b	1.51±0.00c	4.14±0.06a	1.95±0.19d
	总计 Total	17.36±0.33	11.39±0.15	25.91±0.66	13.56±0.20
苦味 Bitter	缬氨酸 Val*	4.96±0.25c	6.28±0.23b	8.89±0.31a	6.74±0.11b
	半胱氨酸 Cys	2.03±0.12c	2.20±0.15b	2.62±0.08a	2.32±0.19b
	异亮氨酸 Ile*	2.96±0.09c	4.70±0.02a	3.92±0.05b	5.33±0.08a
	亮氨酸 Leu*	2.42±0.18c	7.40±0.09b	9.68±0.29a	9.81±0.10a
	酪氨酸 Tyr	7.40±0.00bc	7.44±0.03bc	9.54±0.05a	7.19±0.07c
	甲硫氨酸 Met*	0.73±0.15c	1.13±0.30b	1.37±0.48a	1.65±0.34a
	赖氨酸 Lys*	0.51±0.02c	0.70±0.14b	1.08±0.11a	1.46±0.13a
	组氨酸 His	0.51±0.01b	0.29±0.16c	1.19±0.09a	0.59±0.06e
	精氨酸 Arg	8.17±0.02a	6.63±0.01b	9.16±0.01a	7.98±0.02b
	苯丙氨酸 Phe*	4.91±0.03c	9.48±0.05b	14.42±0.17a	11.15±0.02b
	总计 Total	34.60±0.27	46.23±0.20	61.85±0.86	54.21±0.54
	色氨酸 Trp*	0.10±0.00c	0.14±0.00ab	0.14±0.00b	0.20±0.01b
总计 Total	61.70±0.06	61.84±0.36	98.54±0.34	74.47±0.75	

注:* 表示必需氨基酸。Note:* represents essential amino acid.

2.5 甜米酒电子舌滋味指纹分析

由图 2 可知,7 个传感器对甜米酒滋味的灵敏度不同,且对各样品的响应值存在一定差异。为探讨实验所用电子舌对甜米酒滋味特征的识别作用,将采集的电子舌 7 个传感器对 4 种甜米酒的响应值进行主成分降维处理计算可知,主成分 PC1 和主成分 PC2 的特征值大于 1,且累计贡献率为 86.53%,包含了样本大部分信息,因此,提取主成分 PC1 和 PC2 进行载荷分析,结果如图 3。

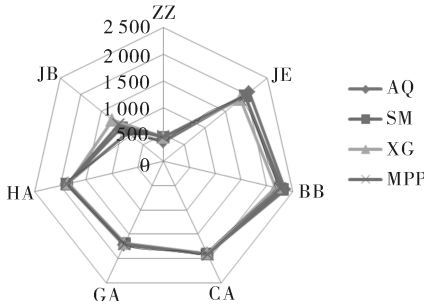


图 2 传感器对 4 种甜米酒的响应值雷达图
Fig.2 Response patterns of sensors for four kinds sweet wines

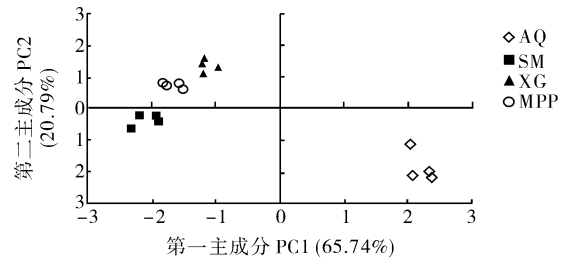


图 3 电子舌响应值 PC1 和 PC2 的载荷图
Fig.3 The PCA analysis for the electronic tongue sensor response value

由图 3 可知,甜米酒样品形成了 4 个独立的组群,说明样本滋味特征各异且能通过电子舌传感器对样品的不同响应值反映出来,其中,AQ 滋味相对于其他 3 种甜米酒差异较大且主要在 PC1 上表现,而 SM、XG、MPP 甜米酒滋味特征相对较为接近,在一定程度上可通过 PC2 表现。

2.6 感官属性与电子舌响应值相关性及回归分析

将感官属性与电子舌探头响应值做相关性分析(表 4)。由表 4 可知,甜味与探头 JE、GA、HA 存在显著的正相关而与 JB 有极显著的负相关性;酸味与

表 4 滋味感官与电子舌响应值的相关性(r/P)

Table 4 The correlation between sensory evaluation and the response value of electronic tongue

电子舌探头 Probe	甜味 Sweet	酸味 Acerbity	苦味 Bitter	涩味 Astringency	综合 Comprehensive
ZZ	-0.334 4	0.779 0	0.315 0	0.625 2	0.165 7
	0.288 1	0.002 8	0.318 6	0.029 7	0.606 8
JE	0.870 1	0.037 8	-0.285 9	-0.847 8	0.498 2
	0.000 2	0.907 3	0.367 7	0.000 5	0.099 2
BB	0.485 3	-0.050 9	-0.198 7	-0.634 0	0.160 0
	0.109 8	0.875 4	0.535 9	0.025 0	0.619 4
CA	0.528 7	0.739 5	-0.084 2	-0.245 4	0.627 6
	0.077 2	0.006 0	0.794 6	0.442 0	0.028 9
GA	0.709 8	0.154 8	-0.025 1	-0.796 6	0.340 0
	0.009 7	0.631 0	0.938 2	0.001 9	0.279 5
HA	0.820 5	0.304 8	-0.255 7	-0.710 1	0.607 8
	0.001 1	0.335 5	0.422 6	0.009 7	0.036 0
JB	-0.727 9	-0.000 2	0.221 2	0.893 8	-0.357 3
	0.007 3	0.999 5	0.489 6	0.000 0	0.254 2

注:ZZ、JE、BB、CA、GA、HA、JB 表示电子舌探头名称。Note:ZZ,JE,BB,CA,GA,HA and JB represent the name of electronic tongue probe.

探头 ZZ、CA 存在极显著的正相关性;涩味与探头 ZZ、JB 存在极显著的正相关性,而与 JE、BB、GA、HA 存在极显著的负相关关系。

电子舌的 7 个探头与苦味均不存在显著性的相关关系,可能是覆盖在探头表面的吸附薄膜对样品液体中苦味游离分子敏感性不强。而感官分析中苦味在甜米酒品质评价中往往是不能被忽略的,可能是电子舌不能很好反映甜米酒样品(SM、MPP、

XG)滋味特征差异性的原因。进一步对感官属性与电子舌传感器响应值进行逐步回归分析,其回归方程的显著性分析如表 5。

由表 5 可知,甜味感官属性可由电子舌传感器 JE、GA 来表征;酸味可由 ZZ、CA 来表征;涩味和综合感官属性分别可由 ZZ、JB、CA 表征。说明电子舌传感器对酸、甜、涩都有一定的敏感性,但其表面的吸附薄膜对游离的滋味分子的敏感程度不同。对

感官指标与电子舌响应值作回归分析,建立了回归方程,从而建立预测模型。综合电子舌主成分分析结果可知,实验中电子舌对甜米酒样品的滋味的鉴别分析中,传感器 JE、GA、CA 贡献较大。

表 5 感官属性与传感器响应值回归方程显著性分析

Table 5 The regression analysis of sensory evaluation and sensor response value of electronic tongue

感官属性 Sensory	归一化方程 Regression equation	方程显著性(F/P) Significance of equation	参数显著性(F/P) Parameter significance
甜味 Sweet	$Y_1 = 47.20 + 0.0223JE - 0.0492GA$	26.26/0.00	21.50/0.00, 5.93/0.04
酸味 Acerbity	$Y_2 = -72.32 + 0.0157ZZ + 0.0367CA$	24.48/0.00	17.26/0.03, 13.79/0.00
涩味 Astringency	$Y_3 = -3.51 + 0.0071ZZ + 0.0033JB$	37.55/0.00	7.92/0.02, 42.23/0.00
综合 Comprehensive	$Y_4 = -102.78 + 0.0574CA$	6.50/0.03	6.50/0.03

注: Y1、Y2、Y3、Y4 分别为感官属性评分值; ZZ、GA、JB、CA 为电子舌传感器的响应值。Note: Y1, Y2, Y3 and Y4 are sensory attributes score, ZZ, GA, JB and CA are response values of electronic tongue sensors.

3 讨 论

本试验研究显示, 对不同酒曲制作的甜米酒主要营养成分进行系统的测定, 安琪甜米酒酒汁中只检测出葡萄糖和果糖, 这可能与安琪酒曲由纯根霉菌酒曲制作, 在发酵过程产生的淀粉酶系单一有关^[17]。而孝感甜米酒酒汁中检测出糖类含量虽不高, 但种类最多, 这可能与孝感酒曲中微生物种类复杂, 产生的淀粉酶系较多有关。根霉含有丰富的淀粉酶, 其中糖化酶分解淀粉的最终产物为葡萄糖, α -淀粉酶的水解终产物主要为麦芽糖和麦芽三糖^[18]。甜米酒中的麦芽三糖等低聚糖具有不作为能量供体, 可增殖体内双歧杆菌等益生菌, 调节肠道菌群分布等保健功能^[19]。

甜米酒中的酸味通常由一系列有机酸引起, 主要包括: 苹果酸、乳酸、乙酸、柠檬酸和琥珀酸^[20]。它们主要由乙醇发酵和细菌活动形成, 其味感较为复杂^[21]。苹果酸带涩味, 柠檬酸很清爽, 乳酸的酸味较弱, 醋酸酸味刺激性较强。琥珀酸的味感较浓, 既苦又咸, 并能引起唾液分泌, 其酸味强弱排列为, 苹果酸 > 酒石酸 > 柠檬酸 > 乳酸^[22]。

4 种甜米酒汁中含有丰富的游离氨基酸, 而游离氨基酸是常见的滋味活性物质, 更能与其他(如糖、醇、酯、酸、金属离子等)呈味物质构成各自特有的滋味特征。不过相较于刘达玉等^[23]研究的黑米酒, 其游离氨基酸的总含量达到 405.60 mg/100 mL, 且富含用白米所酿米酒中所不含有的蛋氨酸, 蛋氨酸是人体必需的必需氨基酸, 参与组成血红蛋白、血清等并有促进脾脏、胰脏及淋巴的功能。

本试验采用定量描述感官分析对 4 种甜米酒的感官属性(酸、甜、苦、涩)及综合性进行评价, 发现它

们之间有显著性的差异。采用安琪酒曲制作的甜米酒中葡萄糖含量较高, 甜味较为突出。孝感酒曲制作的甜米酒酒精度较高, 小分子糖类、有机酸含量少, 具有较明显苦涩味。采用米婆婆酒曲制作的甜米酒, 葡萄糖、果糖、苹果酸、琥珀酸以及游离氨基酸含量较高, 且具有较适宜的甜酸比例(甜酸比例为 1.32), 滋味浓郁。苏州酒曲制作的甜米酒各项指标居中, 滋味感官评价最好。

电子舌探头响应值 PCA 分析结果中, 安琪甜米酒与苏州、孝感及米婆婆甜米酒的滋味差异明显, 而后 3 种甜米酒之间的滋味特征差异性相对较小。通过对感官属性与传感器响应值的回归分析可知, 甜味与探头 JE、GA 存在显著的相关, 涩味与探头 JB、ZZ 存在显著正相关, 酸味与探头 CA、ZZ 存在显著的正相关性。安琪甜米酒主要与其他 3 种甜米酒通过甜味、酸味、涩味进行区分。

参 考 文 献

- [1] 苏钰亭, 赵思明. 甜米酒加工技术与品质特征研究进展[J]. 中国酿造, 2014, 33(4): 27-30.
- [2] 陈欲云, 边名鸿, 杨跃寰. 米酒对小鼠免疫功能的影响[J]. 中国酿造, 2013, 32(7): 53-57.
- [3] 杨勇, 陈卫平, 马蕤, 等. 甜酒酿营养成分分析与评价[J]. 中国酿造, 2011, 30(6): 182-184.
- [4] 杨停, 贾冬英, 马浩然, 等. 糯米化学成分对米酒发酵及其品质影响的研究[J]. 食品科技, 2015(5): 119-123.
- [5] 贾洪锋, 邓红, 何江红, 等. 电子舌在食品检测中的应用研究进展[J]. 中国调味品, 2013, 38(8): 12-17.
- [6] 范晓君, 刘小翠, 赵思明. 糯米甜酒的制作工艺研究[C]//中国农业工程学会. 2006 中国科协年会农业分会论文集. 北京: [出版者不详], 2006.
- [7] 李卫彬, 阳文辉, 黄锁义, 等. 当归总糖还原糖和多糖的含量测定方法探讨[J]. 微量元素与健康研究, 2008, 25(3): 46-47.
- [8] 刘小翠, 赵思明, 王莲. 糯米甜酒的发酵动力学及工艺优化[J].

- 食品科学,2007,28(12):263-267.
- [9] 梁晓峰.清爽型客家米酒新工艺研究[D].珠海:仲恺农业工程学院,2015.
- [10] 喻凤香,林亲录.甜酒汁液糖分的纸色谱层析[J].包装与食品机械,2005,23(4):12-13.
- [11] 牛云蔚.樱桃酒的特征风味及品质调控研究[D].无锡:江南大学,2012.
- [12] 张菊梅,吴清平,周小燕,等.L-苹果酸的生理功能及应用前景[J].药物生物技术,1999,24(1):116-117.
- [13] 胡学智.醋和柠檬酸的保健功能[J].江苏调味副食品,2004,22(10):1-5.
- [14] 廖兰,赵谋明,崔春.肽与氨基酸对食品滋味贡献的研究进展[J].食品与发酵工业,2009(12):107-113.
- [15] 杨生玉,朱显峰,张彭湃.传统发酵江米甜酒中风味香气成分的组成成分[J].酿酒,2004,31(6):39-41.
- [16] 刘晓庚,陈学恒.米酒中氨基酸的测定及氨基酸含量对米酒风味的的影响[J].粮食与食品工业,1996(1):32-35.
- [17] 李松.米根霉 CICIM F0071 α -淀粉酶:基因克隆、鉴定与异源表达[D].无锡:江南大学,2011.
- [18] 冯瑞章,庞建义,王涛,等.浓香型白酒产糖化酶菌株筛选及产酶条件研究[J].中国酿造,2013,32(10):81-84.
- [19] 王璟.谷子碎米黄酒生理功效的初步研究[D].济南:山东师范大学,2016.
- [20] 王玉荣,张俊英,潘婷,等.籼米米酒和糯米米酒品质的评价[J].食品与发酵工业,2017,43(1):186-191.
- [21] TALCOTT S T, LEE J H. Ellagic acid and flavonoid antioxidant content of muscadine wine and juice[J]. Journal of agricultural & food chemistry, 2002, 50(11): 3186-3192.
- [22] 胡博然.宁夏“贺兰山东麓”葡萄酒香味物质变化规律研究[D].杨凌:西北农林科技大学,2004.
- [23] 刘达玉,马艳华,王新惠,等.黑米酒的酿造及其品质分析研究[J].食品研究与开发,2012,33(9):86-90.

Analyses of nutritional composition in four kinds of fermented sweet rice wines and sensory evaluation with electronic tongue

ZHANG Gaonan SU Yuting ZHAO Siming DU Hongying

College of Food Science and Technology/Key Laboratory of Environment Correlative Dietology, Ministry of Education, Huazhong Agricultural University, Wuhan 430070, China

Abstract Xiaogan pearl glutinous rice produced in Hubei Province was used to make sweet rice wine with four different kinds of starter brands (Xiaogan, Mipopo, Suzhou, Angle). Four kinds of sweet rice wines were evaluated by sensory evaluation. The content of chemical components, small molecular sugars, organic acids and free amino acids were detected. Results showed that there were significant differences in most nutritional ingredients of four fermented sweet rice wines made by different starter brands. The content of total sugar and reducing sugar in sweet rice wines made by Angle and Suzhou brand starters were more than that made by Mipopo and Xiaogan brand starters. The content of small molecular sugar and organic acid in Angle and Mipopo sweet rice wines were higher than that in Xiaogan and Suzhou sweet rice wines. Xiaogan fermented sweet rice wine performed well in free amino acid analysis, followed by Mipopo fermented sweet rice wine. Mipopo sweet rice wine obtained a high score of sensory evaluation, followed by Suzhou yeast fermented rice wine. Because of its high sensitive to taste compound, electronic tongue was used to identify different rice wine products. A predictive model of probe response value and taste sense based on the electronic tongue was established.

Keywords sweet rice wine; sensory evaluation; electronic tongue; reducing sugar; amino acid; organic acid; taste evaluation

(责任编辑:陆文昌)