

市售与农家自酿孝感米酒滋味品质的比较研究

郭壮*, 汤尚文, 蔡宏宇, 王玉荣, 胡杨, 刘佳佩

湖北文理学院化学工程与食品科学学院 鄂西北传统发酵食品研究所 (襄阳 441053)

摘要 研究采用电子舌技术和多变量统计学方法相结合的手段, 对市售和农家自酿孝感米酒的滋味品质进行了比较分析。通过主成分分析 (PCA)、非加权组平均法 (UPGMA) 和多元方差分析 (MANOVA) 发现两类米酒样品其滋味品质整体结构存在显著差异, 冗余分析 (RDA) 分析发现该差异是由于涩味、苦味以及鲜味等3个指标导致的。经Mann - Whiney分析发现, 农家自酿米酒其涩味和苦味要显著高于市售孝感米酒 ($p < 0.05$), 研究亦发现农家自酿孝感米酒滋味品质的组间差异性要大于市售孝感米酒。

关键词 农家自酿米酒; 市售米酒; 电子舌; 品质评价; 孝感

A Comparative Study on the Taste Profile Characterization of Commercial and Homemade Rice Wine in Xiaogan

Guo Zhuang*, Tang Shang-wen, Cai Hong-yu, Wang Yu-rong, Hu Yang, Liu Jia-pe

Northwest Hubei Research Institute of Traditional Fermented Food, College of Chemical Engineering and Food Science, Hubei University of Arts and Science (Xiangyang 441053)

Abstract The taste profile characterizations of homemade and commercial rice wine in Xiaogan were studied by electronic tongue and multivariate statistics. Principal component analysis (PCA), unweighted pair-group method with arithmetic means (UPGMA) and MANOVA analysis all showed that there were significant difference in basic taste and aftertaste among these two groups, astringency, bitterness and richness were identified by redundancy analysis (RDA) as key variables significantly associated with the taste profile difference. Meanwhile, astringency and bitterness were significantly more abundant in the home made rice wine in Xiaogan (Mann-Whitney test, $p < 0.05$). It is worth mentioning that the differences of taste profile characterizations among homemade rice wine samples were bigger than commercial rice wine.

Keywords homemade rice wine; commercial rice wine; electronic tongue; quality evaluation; Xiaogan

米酒 (Rice wine), 又称甜酒、酒酿、醪糟等, 是一种澄清而具有甜味并略带酸味的发酵类含酒精饮

料, 通常以糯米类作物为原料发酵制得^[1]。孝感传统酿造米酒作为湖北省的地方风味小吃, 其以孝感历史

and determination of antioxidative activity of oligomeric procyanidins from the seedpod of *Nelumbo nucifera* Gaertn[J]. J Agric Food Chem, 2005, 53(7): 2441 - 2445.

[11] XIAO J S, XIE B J, CAO Y P, et al. Characterization of oligomeric procyanidins and identification of quercetin glucuronide from the lotus (*Nelumbo nucifera* Gaertn)[J]. J Agric Food Chem, 2012, 60(11): 2825 - 2829.

[12] RIOS L Y, BENNETT R N, LAZARUS S A, et al. Cocoa procyanidins are stable during gastric transit in humans[J]. American J Clin Nutr, 2002, 76(5): 1106 - 1110.

[13] AUGER C, AL - AWWADI N, BORNET A, et al. Catechins and procyanidins in Mediterranean diets[J]. Food Research International, 2004(3): 233 - 245.

[14] 李春阳. 葡萄籽中原花青素的提取纯化及其结构和功能研究[D]. 无锡: 江南大学, 2006.

[15] 凌智群, 谢笔钧. 莲房原花青素对氧自由基和脂质过氧化的作用[J]. 营养学报, 2002, 24(2): 121 - 124.

[16] 常世敏, 范蓓. 红葡萄酒中原花青素的功能[J]. 中国食物与营养, 2004(3): 48 - 50.

[17] 赵文军, 吴雪萍, 王旭. 葡萄籽低聚原花青素提取及性质分析[J]. 精细化工, 2004, 21(8): 591 - 593.

[18] 吴朝霞. 葡萄籽原花青素分离提纯、组分鉴定及抗氧化性研究[D]. 沈阳: 沈阳农业大学, 2005.

[19] 周素娟. 葡萄籽提取物原花青素的研究概况及其在我国保健食品中的应用[J]. 中国食品卫生杂志, 2007, 19(3): 284 - 286.

[20] 王伟华, 韩占江. 新疆慕萨莱思酒天然活性成分的代谢组学研究进展 - 以原花青素为例[J]. 食品安全质量检测学报, 2013, 4(6): 1808 - 1812.

[21] 姚开, 何强, 吕远平. 葡萄籽提取物中原花青素含量不同测定方法比较[J]. 化学研究与应用, 2002, 14(2): 230 - 232.

[22] 肖俊松, 谢笔钧, 曹雁平, 等. 莲房原花色素的纯化分级和结构鉴定[J]. 食品科学, 2012, 33(19): 172 - 177.

传承的凤窝酒曲发酵酿制而成^[2]，并因选料考究，制法独特而名扬海内外。在米酒制作过程中微生物代谢不仅赋予孝感米酒独特的风味和口感，同时还使其具有丰富的营养成分和特殊的食疗功效^[3]，因而自古以来孝感地区就有制作和饮用米酒的习俗。近年来随着人们对米酒认识的加深，商业化生产的米酒产品受到了越来越多消费者的青睐，孝感地区现有米酒生产企业已经超过30家。米酒的制作多采用传统制作工艺，制作环境相对开放，相对于农家自酿米酒而言，商业化米酒在生产过程中其发酵条件更易于控制，进而可能影响到米酒的最终滋味品质，然而令人遗憾的是，目前国内关于市售米酒和农家自酿米酒滋味品质差异性研究的报道尚少。

电子舌采用人工脂膜传感器技术，可以实现食品味觉感官指标的数字化评价，弥补了感官鉴评受主观因素影响大及所表达内容笼统模糊的缺点^[4]，在一定程度上保证了结果的客观性和准确性，因而在酒的品种鉴别方面有了广泛的应用^[5-6]。研究从湖北孝感地区分别采集了12个市售和11个农家自酿米酒样品，使用电子舌技术和多元统计学方法相结合的方法，对市售孝感米酒和农家自酿孝感米酒滋味品质的差异性进行了探讨。

1 材料与方法

1.1 材料与仪器

购买孝感市米酒生产企业出品的6个品牌的市售米酒，每个品牌分别购买2个不同类型的产品，合计12个。分别从孝感市大悟县城关镇、芳畈镇和河口镇采集农村家庭使用凤窝酒曲酿造的米酒样品11个。

内部溶液（Internal solution）、参比溶液（Reference solution）、阴离子溶液（Negatively solution）和阳离子溶液（Positively solution）均由日本Insent公司提供。

SA 402B味觉分析系统：日本Insent公司；LXJ-IIB低速大容量多管离心机：上海安亭科学仪器厂；SHZ-D水循环多用真空泵：巩义市予华仪器有限责任公司。

1.2 试验方法

1.2.1 米酒样品的预处理

称取200 g米酒样品，室温下3 000×g离心10 min，取上清液使用快速滤纸过滤，滤液置4℃备用。

1.2.2 电子舌数据采集

研究采用日本Insent公司的SA402B电子舌检测系统，该系统配有5根传感器和2个Ag/AgCl参比电极，各传感器分别对米酒的酸、甜、苦、鲜和咸滋味敏感，但其敏感程度各不相同。传感器在参比溶液中活化24 h后，电子舌系统进行自检和诊断以确保传感器响应信号的可靠性和稳定性。将100 mL米酒滤液均匀

的倒在两个样品杯中，传感器在阴离子或阳离子溶液中浸没90 s后于参比溶液1和2中分别洗涤120 s，继而在参比溶液3中浸泡30 s得到参比溶液电势 ζ_r ，随后在待测样品中浸泡30 s得到样品溶液电势 ζ_s ，则通过 $\zeta_s - \zeta_r$ 的电势差值可对米酒样品的基本味进行评价；在参比溶液4和5中分别洗涤3 s后于参比溶液6中浸没30 s，检测到电势 ζ_r' ，则通过 $\zeta_r' - \zeta_r$ 的电势差可对米酒样品的回味进行评价，其中1~6号参比溶液组分完全相同，均为氯化钾和酒石酸。

1.2.3 统计分析

研究共从孝感地区采集市售和农家自酿米酒样品23个，使用电子舌对其苦味、涩味、酸味、咸味和鲜味等5个基本味觉指标，苦的回味、涩的回味和丰富度等3个回味指标进行了测定，通过构建23行×8列的数据矩阵进而进行多元统计学分析。使用主成分分析法、聚类分析法和多元方差分析法对孝感市售和农家自酿米酒滋味品质整体结构的差异进行分析；使用Mann-Whitney分析和冗余分析对与米酒滋味品质整体结构差异显著相关的指标进行分析；采用欧式距离分别计算各组米酒样品间滋味品质整体结构的平均距离。除RDA分析采用Canoco 4.5软件（Microcomputer Power, NY, USA）外，其他分析均采用Matlab 2010b软件（The MathWorks, Natick, MA, USA）。

2 结果与讨论

2.1 市售和农家自酿孝感米酒滋味品质整体结构组间差异性分析

主成分分析法（Principal component analysis, PCA）在分析各指标相关性的基础上，利用降维的思想将多个滋味指标转化为少数几个彼此不相关的综合指标，从而实现了不同样品在空间上的无约束排布，进而可以对不同分组样品间的差异性 or 相似性进行定性分析^[7-8]。由主成分因子得分图可知（图1），在两个权重最高的主成分PC1和PC2作图时，市售和农家自酿孝感米酒样品各自分别呈现出明显的聚类趋势，其中第一和第二主成分分别占全部变量44.88%和24.46%的权重。

为了进一步验证PCA分析的结果，采用非加权组平均法（Unweighted pair-group method with arithmetic means, UPGMA）对市售和农家自酿孝感米酒的滋味整体结构进行了分析。由图2可知，23个米酒样品可以分成4个聚类，其中N2、N3、N4、N5、N6、N8和N9等7个农家自酿孝感米酒可以形成第一个聚类，N1和N11这两个农家自酿米酒可以形成第二个聚类，G1、G2、G5、G6、G7、G8、G9、G11和G12等9个市售孝感米酒可以形成第3个聚类，值得一提的是，第4个聚类共由5个样品组成，其中包括了2个农家自酿米酒样品和3个市售米酒样品。由此可见，

UPGMA结果与PCA结果一致,即市售和农家自酿孝感米酒样品各自分别呈现出明显的聚类趋势,这在一定程度上说明两类米酒样品可能具有各自独特的滋味特征。

通过PCA和UPGMA聚类分析,可定性的认为市售和农家自酿孝感米酒滋味品质整体结构存在较大差异,为了进一步验证该结论,研究采用多元方差分析(MANOVA)对PCA分析中PC1和PC2所代表的变异性进行了检验,结果发现当23个米酒样品以其制作方式(工业化生产或农家自酿)为分组依据时,MANOVA检验 p 值显著($p=2.16E-6$)。这一结果说明,根据米酒制作方式划分的分组确实是造成因子得分图中各样本空间排布呈现明显区分的原因,即市售和农家自酿孝感米酒滋味品质整体结构存在显著差异。

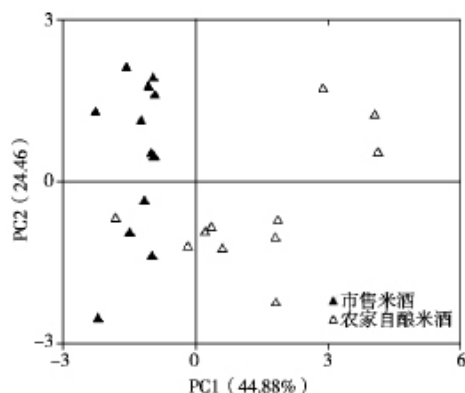


图1 孝感市售和农家自酿米酒滋味品质的主成分1与主成分2因子得分图

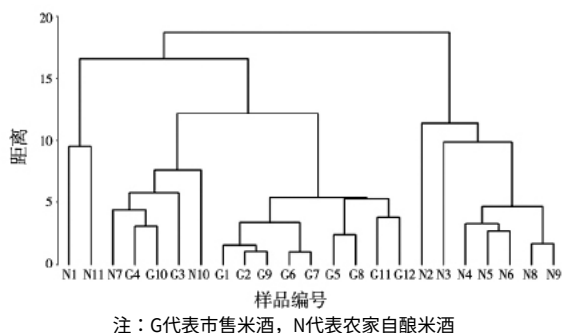


图2 基于UPGMA聚类分析的市售和农家自酿孝感米酒滋味品质评价

2.2 市售和农家自酿孝感米酒滋味品质整体结构差异显著相关指标的鉴定

为深入研究市售和农家自酿孝感米酒滋味品质整体结构间的差异,研究采用PCA、Mann-Whitney和冗余分析(Redundancy analysis, RDA)对数据进行进一步的分析。

由因子载荷图(图3)可知,第一主成分的贡献率为44.88%,由苦味和后味A(涩味回味)两个指标

构成。第二主成分的贡献率为24.46%,由鲜味和后味B(苦味的回味)两个回味指标构成。由因子得分图(图1)可知,农家自酿米酒样品的空间排布较之市售米酒整体偏右,结合因子载荷图(图3),可以定性的认为农家自酿孝感米酒较之市售米酒其苦味和涩味的回味更大。

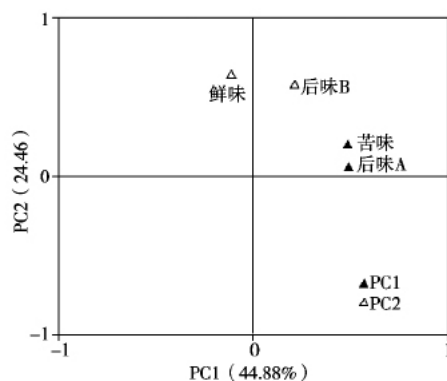


图3 市售和农家自酿孝感米酒滋味品质的主成分1与主成分2因子载荷图

与PCA分析不同,RDA作为一种有约束的多元统计方法,主要作用是通过解释变量的线性组合来尽最大可能解释响应变量的变异性^[9]。研究进一步使用RDA分析,通过设置市售米酒/农家自酿米酒作为约束作用的解释变量,用于预测和解释全部8个米酒滋味指标数据组成的响应变量,从而对能显著解释市售和农家自酿孝感米酒滋味品质整体结构存在差异的最小变量组合进行确定。结果表明,数据中有20.7%的变异性能够被市售米酒/农家自酿米酒这一分组所解释,而通过蒙特卡罗置换检验(Monte Carlo permutation test)发现这一约束因素具有显著性($p=0.014$)。由图4可知,苦味、涩味和鲜味等3个指标与RDA排序图约束轴上的样本赋值良好相关,由此可见,正是上述3个指标代表了市售米酒和农家自酿孝感米酒滋味品质总体结构差异显著相关的关键滋味。在RDA排序图中可以看到,鲜味这一指标位于图的左边(即市售米酒),这说明市售孝感米酒鲜味可能较之农家自酿米酒高,而苦味和涩味呈现出相反的趋势。Mann-Whitney 检验的结果显示,两类米酒样品的苦味和涩味差异显著($p<0.05$),而鲜味差异不显著($p>0.05$)。

采用Mann-Whitney检验亦发现,农家自酿孝感米酒的酸味和涩味的回味显著大于市售米酒($p<0.05$),而丰度(鲜味的回味)显著偏低($p<0.05$)。此外,研究亦发现两类米酒样品在苦味的回味和咸味上差异不显著($p>0.05$)。苦味和涩味两个指标均为米酒滋味评价的缺陷型指标,由此可见市售孝感米酒的滋味品质可能较好于农家自酿米酒。苦味通常由多酚

类、单宁酸、酪胺和酪醇等物质引起^[10]，而涩味通常是由于多酚类物质等收敛剂与唾液中富含脯氨酸的蛋白质结合而产生^[11]，上述物质通常是在米酒发酵过程中通过微生物代谢产生，由此可见，可能是由于发酵过程中微生物群落结构动态变化的特征不同从而导致了市售和农家自酿孝感米酒的滋味品质存在较大差异。

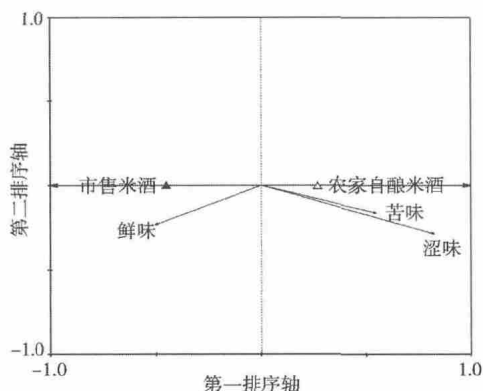


图4 RDA 双序图

2.3 孝感市售和农家自酿米酒滋味品质整体结构组内差异性分析

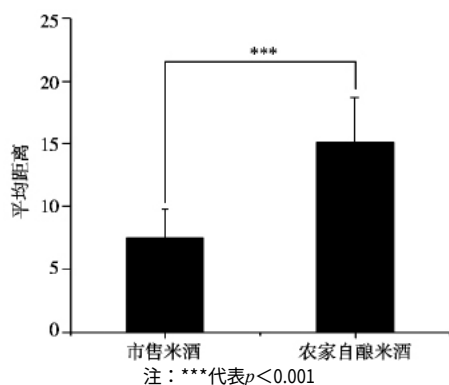


图5 基于欧氏距离的市售和农家自酿孝感米酒滋味品质组间差异分析

作为一个常用的距离定义，通过计算某2个样品在m维空间中的真实聚类，欧式距离 (Euclidean distance) 可以用来反应两个样品间的亲疏程度^[12]。研究采用欧式距离分别计算了市售和农家自酿孝感米酒样品组内滋味品质整体结构的平均距离，由图5可知，市售孝感米酒滋味品质整体结构的组间差异要显著小于农家自酿米酒 ($p=2.50E-4$)。究其原因可能在于农家自酿米酒的米酒曲多由农户家自己制作，米酒曲制作的原料、环境和工艺可能存在较大差异，从而导致不同农户家制作的米酒曲中的微生物群落结构存在较大差异，而市售米酒生产所使用的酒曲多为商业化的酒曲，其差异相对较少。此外，农家自酿米

酒的制作过程相对开放，制作过程中常通过被子包裹储酿器等相对原始的方法来保证发酵所需的温度，而市售米酒在制作的过程中其发酵条件更易于控制。最后，部分米酒生产企业为了保证产品质量的稳定性和使产品具有较好的口感，在产品生产后期使用了柠檬酸等酸味剂，这也在一定程度上减少了产品滋味的差异性。由此可见，正是上述3个原因可能导致了市售孝感米酒和农家自酿米酒的滋味品质整体结构存在显著差异。

3 结论

研究采用电子舌技术和多元统计学方法相结合的手段，对市售和农家自酿孝感米酒的滋味品质进行了研究，结果发现苦味、涩味和鲜味等3个指标是导致两类米酒产品的滋味存在显著差异的原因，其中农家自酿孝感米酒的苦味和涩味要显著高于市售米酒，研究亦发现农家自酿孝感米酒滋味品质的组间差异性要大于市售米酒。

参考文献：

- [1] 胡欣洁, 刘云. 苦荞米酒发酵工艺条件的优化[J]. 食品研究与开发, 2013, 34(3): 43 - 47.
- [2] 王小红, 王莹, 赵山, 等. 孝感凤窝酒曲中根霉的分离及特性研究[J]. 中国酿造, 2008, 27(13): 21 - 24.
- [3] 蔡丽, 易响, 陈福生, 等. 传统米酒酒曲的评价及根霉的分类鉴定[J]. 中国酿造, 2010, 29(12): 30 - 33.
- [4] 韩北忠, 童华荣. 食品感官评价[M]. 北京: 中国林业出版社, 2009.
- [5] 田师一, 邓少平. 多频缓冲电子舌对酒类品种区分与辨识[J]. 酿酒科技, 2006, 6(11): 14 - 16.
- [6] 许春华, 肖作兵, 牛云蔚, 等. 电子鼻和电子舌在果酒风味分析中的应用[J]. 分析与检测, 2011, 37(3): 163 - 167.
- [7] 吴瑞梅, 赵杰文, 陈全胜, 等. 基于电子舌技术的绿茶滋味品质评价[J]. 农业工程学报, 2011, 27(11): 378 - 381.
- [8] 其木格苏都, 郭壮, 王记成, 等. 益生菌 *Lactobacillus casei* Zhang对凝固型发酵乳质构和挥发性风味物质的影响[J]. 中国农业科学, 2013, 46(3): 595 - 605.
- [9] ISRAELS AB. Redundancy analysis for qualitative variables[J]. Psychometrika, 1984, 49(3): 331 - 346.
- [10] JOSLYN MA, GOLDSTEIN LL. Astringency of fruits and fruit products in relation to phenolic content[J]. Advanced Food Research, 1964(13): 179 - 217.
- [11] HAGERMAN AE, BUTLER LG. The specificity of proanthcyanidin-protein interactions[J]. Biological Chemistry, 1981(256): 4494 - 4497.
- [12] 石凤学, 王浩雅, 张涛, 等. 欧式距离系数在多点生产卷烟产品的均质化评价中的应用[J]. 安徽农业科学, 2011, 39(20): 12569 - 12572.