

## 专题研究专栏

**编者按:**食品发酵技术是生物技术领域历史最悠久,与日常生活联系最紧密的技术。长久以来,人们对食品发酵技术的印象往往与传统的生产工艺和有限的认知水平联系在一起。随着现代生物技术的不断突破和对传统发酵领域重视程度的不断提升,越来越多的新思路和新方法被应用于发酵食品的研究范畴,有效地推动了对传统发酵体系的深入理解和工艺手段的创新型优化。本期的3篇研究论文立足食醋、酱油、酒类酿造等传统发酵食品领域,分别开展了食醋的感官风味系统评价、模拟腌渍条件下酱醪核心微生物的细胞生理应答与抗逆调控机制解析以及优选胞外酶对葡萄酒增香效果的研究。希望这些研究能够为应用现代生物技术优化发酵食品传统工艺,提升核心微生物应用效能,改善传统酿造产品品质提供可借鉴的思路和方法。

(主持人:张娟教授)

doi:10.3969/j.issn.2095-6002.2019.04.004

文章编号:2095-6002(2019)04-0024-11

引用格式:郑宇,赵翠梅,吴亚楠,等.山西老陈醋风味物质组成特征及风味轮分析[J].食品科学技术学报,2019,37(4):24-34.



ZHENG Yu, ZHAO Cuimei, WU Yanan, et al. Composition of characteristic flavor components and analysis of flavor wheel for Shanxi aged vinegar[J]. Journal of Food Science and Technology, 2019,37(4):24-34.

## 山西老陈醋风味物质组成特征及风味轮分析

郑宇<sup>1,2</sup>, 赵翠梅<sup>1</sup>, 吴亚楠<sup>1</sup>, 刘静<sup>1</sup>, 程程<sup>1</sup>,  
石磊<sup>2</sup>, 万守朋<sup>2</sup>, 王敏<sup>1,\*</sup>

(1. 食品营养与安全国家重点实验室/天津市微生物代谢与发酵过程控制技术工程中心/  
天津科技大学 生物工程学院,天津 300457;  
2. 天津市利民调料有限公司,天津 300308)

**摘要:**对6个品牌的山西老陈醋样品挥发性成分、有机酸和氨基酸等主要风味物质进行了分析。应用顶空固相微萃取-气相色谱-质谱联用法共鉴定出95种挥发性成分,结合相对气味活度值(ROAV)分析,发现乙酸、苯甲醛、糠醛、2,3-丁二酮和四甲基吡嗪为5种主要的特征风味物质,其ROAV值占总体的96.74%。依据味觉强度值(TAV)评价山西老陈醋整体滋味,结果表明:乙酸和乳酸为山西老陈醋的主体酸,其TAV分别占总酸的34.03%和63.80%;谷氨酸、丙氨酸、缬氨酸、组氨酸对整体滋味贡献较大,其TAV分别占总氨基酸的16.88%、21.34%、13.42%和18.37%。风味轮分析发现,酸香和烘烤香是山西老陈醋最主要的2个香味特征,其次为坚果香、奶香和甜香;酸味为主体滋味,苦味、甜味与酸味共同协调和互补,并伴有少许鲜味。研究成果可以为山西老陈醋生产企业产品质量控制及工艺优化提供依据。

**关键词:**山西老陈醋;风味物质;有机酸;氨基酸;风味轮

**中图分类号:** TS264.2; TS201.2

**文献标志码:** A

收稿日期:2019-06-29

基金项目:中国博士后科学基金项目(2018M640241);天津市博士后特别资助计划项目(TJQYBSH2018010);天津市科技计划项目(17PTSYJC0080;17PTGCCX00190);天津市教委科研项目(2018ZD08);天津市农业科技成果转化与推广项目(201701180)。

第一作者:郑宇,男,教授,博士,主要从事食品发酵工程方面的研究。

\*通信作者:王敏,女,教授,博士,主要从事传统发酵食品酿造机理解析与发酵调控技术方面的研究。

作为山西地理标志产品,山西老陈醋以其独特的色、香、醇、浓和酸五大特征闻名于世<sup>[1]</sup>,其酿制工艺被列为国家级非物质文化遗产。山西老陈醋是以高粱、麸皮、谷糠和水为主要原料,以大麦、豌豆所制大曲为糖化发酵剂,经酒精发酵后,再经固态醋酸发酵、熏醅、陈酿等工序酿制而成<sup>[2]</sup>。由于酿造原料丰富,酿造工艺独特,参与发酵的微生物种类众多,赋予了山西老陈醋独特的风味。

食醋的整体风味主要由气味和滋味,即挥发性成分和不挥发性成分两部分组成。挥发性成分包括挥发性酸类、酯类、醇类、醛类、杂环化合物等<sup>[3]</sup>,不挥发性成分主要由有机酸、氨基酸、糖类组成,其中,酸味和鲜味是食醋给人的主要感官感受,有机酸和氨基酸对其风味影响较大<sup>[4]</sup>。顶空固相微萃取-气相色谱-质谱联用(HS-SMPE-GC-MS)技术可用于提取和鉴定山西老陈醋中的挥发性成分<sup>[5-6]</sup>,结合气相色谱-嗅辨仪联用(GC-O)技术可对其中主要化合物的风味特征进行分析<sup>[7]</sup>。在感官分析中,不同物质的感官阈值差异很大<sup>[8]</sup>,挥发性成分和不挥发性成分对食醋整体风味的贡献是由其在食醋风味体系中的浓度和感觉阈值共同决定的<sup>[9-10]</sup>。相对气味活度值(ROAV)法<sup>[11]</sup>可以将风味化合物的浓度和阈值联系起来,按照挥发性物质的香气属性将其分类,并把同类香气属性的挥发性物质的ROAV值相加,以各类香气属性ROAV值总和绘制香气轮。香气活性值香气轮的优势在于可以将化学信息转化为感官描述信息,虽然香气活性值香气轮不能代替感官香气轮,而感官香气轮往往需要专业品评人员,且受主观感受差别大。在感官分析条件不具备时,香气活性值香气轮可以初步描绘样品的感官信息<sup>[12-14]</sup>。

山西老陈醋具有悠久的历史,随着技术的进步,自动翻醅机、机械熏醅罐等设备逐渐应用于山西老陈醋的生产<sup>[7,11]</sup>,但目前对山西老陈醋风味分析研究仍不够深入,缺乏客观的风味评价依据,企业在进行技术升级和设备改造的时候缺乏有效的评价手段来指导工艺的优化。采用HS-SMPE-GC-MS、HPLC和氨基酸自动分析仪等设备分析不同品牌山西老陈醋挥发性成分、有机酸和氨基酸等主要风味物质组成,特别地,采用ROAV和味觉强度来描绘山西老陈醋风味特征,可以为建立科学、统一的山西老陈醋感官评价体系奠定理论基础。

## 1 材料与方法

### 1.1 山西老陈醋样品

分别从山西太原、晋中等地选购不同厂家山西老陈醋样品,为便于分析比较,所购样品陈酿时间均为3年,总酸为6.0~6.5 g/(100 mL),6个品牌样品编号分别为1~6。

### 1.2 仪器与试剂

6890N-5975B型气相色谱-质谱联用仪,美国Agilent科技有限公司;固相微萃取装置包括手柄、导向杆、50/30  $\mu\text{m}$  DVB/CAR/PDMS萃取纤维头,美国Supelco公司;1200型高效液相色谱分析仪(紫外检测器),美国Agilent科技有限公司;S-433D型氨基酸自动分析仪,德国SYKAM公司;电子天平,奥豪斯仪器(上海)有限公司;NaCl(分析纯),天津市天力化学试剂有限公司。

### 1.3 实验方法

#### 1.3.1 挥发性风味成分分析

##### 1.3.1.1 固相微萃取条件

将萃取纤维头于250  $^{\circ}\text{C}$ 下老化20 min,直至无干扰峰出现。取2.0 mL食醋、6.0 mL去离子水加入样品瓶中,并加入1.0 g NaCl、1.0  $\mu\text{L}$  1.6 mg/mL 2-辛醇(内标)和搅拌子,盖好后置于60  $^{\circ}\text{C}$ 的恒温水浴中。将萃取头插入瓶中,推出纤维头使之与醋液面保持2 cm的距离,萃取时间为40 min,搅拌速度为200 r/min,然后抽出纤维头,再将萃取头插入气相色谱进样口,同时启动仪器,采集数据,待纤维头于230  $^{\circ}\text{C}$ 解吸5 min后抽出纤维头。

##### 1.3.1.2 GC-MS分析条件

GC条件:进样口温度220  $^{\circ}\text{C}$ ,柱流速为恒定流量1 mL/min,分流比为5,程序升温起始温度40  $^{\circ}\text{C}$ ,以4  $^{\circ}\text{C}/\text{min}$ 升到150  $^{\circ}\text{C}$ ,然后以8  $^{\circ}\text{C}/\text{min}$ 升到250  $^{\circ}\text{C}$ 保持6 min。MS条件:接口温度220  $^{\circ}\text{C}$ ,离子源温度230  $^{\circ}\text{C}$ ,数据采集模式全扫描,电子能量70 eV,质量扫描范围m/z 35~500。所得质谱数据与NIST数据库对照,对匹配度大于80(最大为100)的鉴定结果予以确认,利用图谱库工作站数据处理系统,按峰面积归一化法进行定量分析,求得各样品中挥发性风味物质成分的相对含量。

#### 1.3.2 有机酸分析

##### 1.3.2.1 HPLC分析条件

取2.0 mL样品稀释液于2 mL EP管内,12 000

r/min 转速离心 5 min 后取上清液,滤液经 0.45 μm 滤膜过滤后,采用 HPLC 法检测每个样品。色谱柱: Aminex HPX-87H Ion Exclusion Column (7.8 mm × 300 mm),柱温 30 ℃,流速 0.6 mL/min,紫外检测器波长 215 nm,流动相为 5 mmol/L 硫酸,运行时间为 30 min。

### 1.3.2.2 主要有机酸浓度测定

将乙酸、乳酸、草酸、柠檬酸、酒石酸、苹果酸、琥珀酸等标准品储存液稀释成一系列不同浓度的溶液,分别进样并确定保留时间。绘制标准曲线,用于样品中有机酸的定量分析。

### 1.3.3 游离氨基酸分析

#### 1.3.3.1 氨基酸自动分析仪检测条件

将醋样稀释 20 倍,取 200.0 μL 稀释后的样品加入 800.0 μL 2% 的水杨酸,静置 30 min 后,13 000 r/min 离心 15 min,取离心后的上清液经 0.22 μm 微孔滤膜过滤,待测。采用氨基酸自动分析仪,检测柱为 Na<sup>+</sup> 型阳离子分离柱 (LCA K06),柱温为 30 ~ 70 ℃,紫外检测器波长 440 ~ 570 nm,缓冲液为钠盐缓冲液,流速为 0.45 mL/min。梯度洗脱衍生试剂为茚三酮溶液,流速 0.25 mL/min,进样量 50 μL,分析时间 60 min,反应温度 130 ℃。

#### 1.3.3.2 氨基酸的定性与定量分析

将 SYKAM 公司原装 H 型氨基酸标准溶液稀释成一系列不同浓度的溶液,分别进样并确定保留时间。绘制氨基酸系列标准曲线回归方程,用于样品中氨基酸的定量分析。

### 1.3.4 主要风味成分评价方法

#### 1.3.4.1 挥发性风味成分<sup>[11]</sup>

对于特征风味成分的确定采用 ROAV 法,评价各挥发性成分对样品整体香气的贡献,即:

$$ROAV_i \approx \frac{C_i \times T_{\max}}{C_{\max} \times T_i} \times 100. \quad (1)$$

式(1)中: $C_i$ 、 $T_i$ ,各挥发性物质的相对含量(%)和对应的感觉阈值( $\text{mg} \cdot \text{L}^{-1}$ ); $C_{\max}$ 、 $T_{\max}$ ,对样品总体风味贡献最大的组分的相对含量(%)和对应的感觉阈值( $\text{mg} \cdot \text{L}^{-1}$ )。

#### 1.3.4.2 不挥发性风味成分

计算有机酸、游离氨基酸对滋味的贡献度,即味觉强度值(TAV),表示为各个呈味物质的含量与其阈值的比。当 TAV 大于 1 时,认为该物质对呈味有贡献,而当 TAV 小于 1 时,认为该物质对呈味没有贡献。

### 1.3.5 风味轮的绘制

#### 1.3.5.1 香气轮的绘制

由挥发性物质根据文献检索的信息,将同一香气属性的挥发性物质的 ROAV 相加,即为山西老陈醋该香气属性的得分,将各个香气属性的得分绘制成雷达图,即为山西老陈醋的香气轮。

#### 1.3.5.2 滋味轮的绘制

将不挥发性物质的味觉属性分为酸、甜、苦、鲜四大类,计算各个化合物的味觉强度,并归纳相加,由其各个属性得分绘制雷达图,即为山西老陈醋的滋味轮。

## 2 结果与讨论

### 2.1 山西老陈醋中主要风味物质分析

#### 2.1.1 挥发性成分定性定量分析

应用固相微萃取-气相色谱-质谱联用仪对山西老陈醋中挥发性风味成分进行测定,共测定出 95 种风味成分,实验结果见表 1。根据鉴定结果,检测出挥发性风味成分主要包括酸类、醇类、酯类、醛类、酮类和杂环化合物等。乙酸是食醋中最主要的挥发性风味物质,对食醋的风味有重要影响,但受到固相萃取效率、解吸附效率等方面的影响,HS-SPME-GC-MS 方法并不适合检测乙酸浓度。因此本研究采用 HPLC 法对乙酸等有机酸浓度进行分析,并在 HS-SPME-GC-MS 数据中删除乙酸相对浓度。由表 1 可见,除乙酸外,山西老陈醋中挥发性风味成分相对含量较高的是糠醛、乙酸乙酯、2,3-丁二酮、3-羟基-2-丁酮和四甲基吡嗪,相对含量分别为 38.12%、3.07%、3.05%、3.38% 和 6.48%。

#### 2.1.2 挥发性香气化合物 ROAV 特性分析

山西老陈醋中主要的挥发性风味物质分为 7 类,包括酸类、酯类、醇类、醛类、酮类、吡嗪类和酚类。对鉴定的 6 个样品中共有的 20 种风味化合物在山西老陈醋中的特征进行了分析,结果如表 2。表 2 中,ROAV ≥ 1.00 的组分为所分析样品的关键风味化合物,0.10 ≤ ROAV < 1.00 的组分对样品的总体风味具有重要的修饰作用<sup>[11]</sup>,其主体香气成分有以下 5 种:乙酸、苯甲醛、糠醛、2,3-丁二酮和四甲基吡嗪。

酸类、醛类和吡嗪类是山西老陈醋中的主要呈香物质,其次是酮类和酯类化合物,不同的挥发性成分具有不同的香气贡献。酸类物质作为山西老陈醋

表1 山西老陈醋风味成分相对含量

Tab.1 Relative content of flavor components in Shanxi aged vinegar

化合物名称		相对含量/%						平均值	
		样品1	样品2	样品3	样品4	样品5	样品6		
酸类	3-甲基丁酸	0.45	0.41	0.71	0.30	0.48	0.33	0.45 ± 0.13	
	异戊酸	1.67	1.12	0.25	-	-	-	1.01 ± 0.58	
	己酸	0.61	0.57	0.65	0.54	0.61	0.66	0.61 ± 0.04	
	月桂酸	0.11	-	0.17	-	-	-	0.14 ± 0.03	
	4-酮庚二酸	-	-	0.32	-	0.23	-	0.28 ± 0.05	
酯类	乙酸乙酯	2.18	2.43	2.68	4.75	3.67	2.68	3.07 ± 0.88	
	乙酸丙酯	-	-	0.31	-	-	0.22	0.27 ± 0.05	
	乳酸乙酯	0.25	0.36	0.43	0.31	0.41	0.32	0.37 ± 0.05	
	乙酸丁酯	0.25	0.40	-	-	0.31	-	0.32 ± 0.06	
	乙酸异丁酯	-	-	0.26	0.35	-	0.27	0.29 ± 0.04	
	乙酸仲丁酯	0.29	0.19	-	-	0.30	-	0.26 ± 0.05	
	乙酸异戊酯	0.19	0.19	0.19	0.21	0.23	0.30	0.22 ± 0.04	
	乙酸苯乙酯	0.21	0.46	0.81	0.40	0.61	0.44	0.49 ± 0.19	
	异丁酸乙酯	-	-	-	0.17	-	-	0.17	
	戊酸乙酯	-	-	-	0.15	0.17	-	0.16 ± 0.01	
	苯乙酸甲酯	-	-	-	0.12	-	0.11	0.12 ± 0.01	
	苯乙酸乙酯	0.15	0.36	0.62	0.20	-	-	0.33 ± 0.18	
	苯乙酸异丙酯	0.20	-	-	0.21	0.09	0.14	0.16 ± 0.05	
	十六烷酸乙酯	0.16	-	0.48	0.15	-	-	0.26 ± 0.15	
	棕榈酸异丙酯	0.06	-	0.16	-	0.11	-	0.11 ± 0.04	
	甲氧基乙酸乙酯	0.31	-	-	-	0.10	0.21	0.21 ± 0.09	
	2-甲基丁基乙酸酯	0.29	0.22	0.06	0.41	-	-	0.25 ± 0.13	
	2,4-二甲基-3-戊醇乙酸酯	-	-	-	0.19	-	0.11	0.15 ± 0.04	
	正己酸乙酯	0.13	-	0.18	-	0.16	-	0.16 ± 0.02	
	丙二醇甲醚醋酸酯	0.51	0.33	0.11	-	-	-	0.32 ± 0.16	
	2-羟基-3-甲基丁酸甲酯	0.18	0.11	-	-	0.21	0.17	0.17 ± 0.04	
	3-甲基-2-丁醇乙酸酯	-	-	-	0.34	-	0.31	0.33 ± 0.02	
	邻苯二甲酸二异丁酯	0.17	0.13	0.10	0.19	-	0.11	0.14 ± 0.03	
	乙酸糠酯	0.15	0.25	0.22	0.18	0.21	0.17	0.20 ± 0.03	
	2,3-丁二醇二乙酸酯	0.59	0.18	-	0.43	0.33	-	0.38 ± 0.15	
	dl-2-羟基乙酸己酯	-	0.20	0.12	0.18	-	0.11	0.15 ± 0.04	
	丁二酸二乙酯	0.43	0.54	0.34	0.31	0.45	0.37	0.41 ± 0.08	
	肉豆蔻酸异丙酯	0.17	-	-	0.15	-	-	0.16 ± 0.01	
	醇类	乙醇	0.44	0.29	0.45	0.57	0.48	0.49	0.45 ± 0.08
		1,2-丙二醇	0.04	0.06	-	-	-	0.07	0.06 ± 0.01
2-甲基-1-丁醇		0.39	0.35	0.28	-	0.22	-	0.31 ± 0.07	
3-甲基-1-丁醇		0.43	0.33	0.39	0.41	0.57	0.49	0.44 ± 0.08	
2,3-丁二醇		0.28	-	0.51	0.46	0.41	0.47	0.43 ± 0.08	
3-甲基-1-戊醇		-	-	0.26	-	-	0.19	0.23 ± 0.04	

续表 1

化合物名称	相对含量/%						
	样品 1	样品 2	样品 3	样品 4	样品 5	样品 6	平均值
异戊醇	-	-	0.61	0.21	-	-	0.41 ± 0.20
2-乙基己醇	0.35	-	-	0.28	-	-	0.32 ± 0.04
糠醇	0.84	0.89	0.90	0.93	0.88	0.86	0.88 ± 0.03
苯甲醇	0.061	0.12	-	-	-	-	0.09 ± 0.03
苯乙醇	1.25	0.94	1.06	1.38	0.92	0.91	1.08 ± 0.18
4-萜烯醇	-	-	0.28	0.15	-	-	0.22 ± 0.07
α-松油醇	-	-	0.30	0.26	-	-	0.28 ± 0.02
醛类							
异戊醛	0.19	-	-	0.28	-	-	0.24 ± 0.05
苯甲醛	0.98	0.86	0.87	0.92	0.90	1.12	0.94 ± 0.09
苯乙醛	0.43	0.38	0.32	0.36	-	-	0.37 ± 0.04
2-甲基-丁醛	-	-	0.23	-	0.17	-	0.20 ± 0.03
2-甲基苯甲醛	-	-	0.49	-	-	0.16	0.33 ± 0.17
葵醛	0.18	0.43	0.42	0.23	-	-	0.32 ± 0.11
2,4-二甲基苯甲醛	1.08	-	0.40	-	0.43	-	0.64 ± 0.31
2,5-二甲基-苯甲醛	0.25	-	-	-	-	0.11	0.18 ± 0.07
3,5-二甲基-苯甲醛	-	-	-	0.12	0.14	-	0.13 ± 0.01
α-亚乙基-苯乙醛	-	-	0.06	0.06	-	0.04	0.05 ± 0.01
椰子醛	0.91	1.28	-	0.73	-	-	0.97 ± 0.23
糠醛	36.45	37.01	35.88	44.20	36.11	39.07	38.12 ± 2.91
5-甲基糠醛	1.61	1.54	1.66	1.71	1.77	1.12	1.57 ± 0.23
呋喃类							
2-乙酰基呋喃	0.94	0.87	0.80	0.81	0.88	0.91	0.87 ± 0.05
2-正丁基呋喃	-	-	0.26	-	0.12	-	0.19 ± 0.07
2-乙酰基-5-甲基呋喃	0.13	-	-	-	-	-	0.13
酮类							
2,3-二丁酮	3.99	2.82	2.64	3.39	2.66	2.78	3.05 ± 0.49
3-羟基-2-丁酮	4.77	2.65	2.53	3.69	3.68	2.97	3.38 ± 0.77
羟基苯酮	1.05	-	-	0.07	-	-	0.56 ± 0.49
2,3-庚二酮	0.22	-	-	-	0.18	-	0.2 ± 0.02
2,4-二甲基-3-戊酮	0.12	-	0.10	-	-	-	0.11 ± 0.01
6,10-二甲基-5,9-十一双烯-2-酮	-	0.07	0.07	-	-	0.05	0.06 ± 0.01
2,6-二甲基-2,5-环己二烯-1,4-二酮	0.47	0.21	-	0.17	-	-	0.28 ± 0.13
苯丙酮	0.51	-	0.17	-	0.22	-	0.30 ± 0.15
苯乙酮	0.19	-	-	0.13	-	-	0.16 ± 0.03
4-羟基-3-甲基-2-丁酮	-	0.33	-	0.48	-	0.32	0.38 ± 0.07
吡嗪							
2-甲基吡嗪	0.27	0.53	-	0.28	-	0.40	0.40 ± 0.10
2,3-二甲基吡嗪	1.56	1.38	1.35	1.65	1.21	1.07	1.31 ± 0.17
2,6-二甲基吡嗪	1.18	1.31	-	1.96	-	-	1.48 ± 0.34
2,5-二乙基吡嗪	-	-	0.05	-	0.18	-	0.12 ± 0.07
2-乙基-6-甲基吡嗪	1.31	1.59	-	-	-	1.05	1.32 ± 0.22
2,3,5-三甲基吡嗪	1.09	1.26	0.71	1.62	1.66	1.53	1.31 ± 0.34
2-甲基-3-异丙基吡嗪	0.22	0.34	-	-	0.46	-	0.34 ± 0.10
2,3,5,6-四甲基吡嗪	9.46	5.62	7.45	5.68	5.39	5.27	6.48 ± 1.52

续表 1

化合物名称	相对含量/%							平均值
	样品 1	样品 2	样品 3	样品 4	样品 5	样品 6		
2,5-二甲基-3-异丙基吡嗪	0.48	-	0.20	0.46	-	-	0.33 ± 0.13	
2,3,5-三甲基-6-乙基吡嗪	0.63	-	0.28	0.26	-	0.20	0.34 ± 0.17	
2,3-二甲基-5-(1-丙烯基)-吡嗪	-	-	0.76	-	-	-	0.76	
其他化合物	苯酚	0.35	0.36	0.28	0.26	0.13	0.26	0.27 ± 0.08
	2-乙基苯酚	-	-	0.15	-	-	0.13	0.14 ± 0.01
	2-甲氧基-4-甲基苯酚	0.21	0.28	-	0.38	0.18	-	0.26 ± 0.08
	4-乙基-2-甲氧基苯酚	0.49	1.38	1.14	1.53	-	1.23	1.15 ± 0.36
	2-甲基丁酸酐	0.38	-	-	-	0.26	-	0.32 ± 0.06
	4,5-二甲基噁唑	-	-	0.06	-	-	0.07	0.07 ± 0.01
	3,5-二叔丁基甲苯	0.02	-	-	-	0.05	-	0.04 ± 0.02
	4-甲基-2-戊基-1,3-二氧戊环	-	-	0.01	-	-	0.03	0.02 ± 0.01
	2,4,5-三甲基-1,3-二氧戊环	-	0.11	0.07	0.08	-	-	0.09 ± 0.02
	2-甲基-1,3-二噁烷	-	-	0.03	-	-	-	0.03

“-”，未检测到该化合物或在检测限以下。

表 2 山西老陈醋香气成分阈值分析

Tab. 2 Threshold of aroma components in Shanxi aged vinegar

序号	化合物名称	气味描述 <sup>[15]</sup>	阈值 <sup>[13,16-17]</sup> / (mg·L <sup>-1</sup> )	ROAV							平均值	显著性
				样品 1	样品 2	样品 3	样品 4	样品 5	样品 6			
1	乙酸	醋味、酸味	34.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	-
2	3-甲基丁酸	酸败味	0.40	0.43	0.39	0.69	0.28	0.46	0.31	0.43 ± 0.12	*	
3	己酸	酸味、奶酪味	2.60	0.08	0.10	0.08	0.09	0.10	0.05	0.08 ± 0.02	**	
4	乙酸乙酯	水果味、甜味	91.00	0.009	0.010	0.010	0.020	0.020	0.010	0.010 ± 0.003	**	
5	乳酸乙酯	水果味	14.00	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	-	
6	乙酸苯乙酯	花香、甜香	0.25	0.32	0.70	1.26	0.59	0.94	0.66	0.75 ± 0.27	**	
7	乙酸异戊酯	鲜果香、甜香	0.17	0.42	0.43	0.44	0.46	0.52	0.66	0.49 ± 0.08	-	
8	丁二酸二乙酯	水果味、奶酪味	200.00	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001	-	
9	3-甲基-1-丁醇	酒味	3.5	0.05	0.04	0.04	0.04	0.06	0.05	0.05 ± 0.01	**	
10	糠醇	酒味	1.42	0.22	0.24	0.25	0.24	0.24	0.23	0.24 ± 0.01	**	
11	苯乙醇	甜味、红枣味	125.00	0.004 0	0.003 0	0.003 0	0.004 0	0.003 0	0.003 0	0.003 0 ± 0.000 5	-	
12	苯甲醛	杏仁味	0.16	2.34	2.08	2.14	2.15	2.19	2.66	2.26 ± 0.18	*	
13	糠醛	烧烤味、焦糖味	6.20	2.22	2.28	2.26	2.63	2.24	2.37	2.33 ± 0.13	-	
14	5-甲基糠醛	烧烤味、咖啡味	2.40	0.25	0.25	0.27	0.26	0.28	0.18	0.25 ± 0.03	**	
15	2,3-丁二酮	奶油味	1.07	1.41	1.01	0.96	1.17	0.96	0.98	1.08 ± 0.15	-	
16	3-羟基-2-丁酮	奶香味	8.80	0.20	0.12	0.11	0.15	0.16	0.13	0.15 ± 0.03	**	
17	2,3-二甲基吡嗪	烧烤味	7.70	0.08	0.07	0.07	0.08	0.06	0.05	0.07 ± 0.01	**	
18	2,3,5-三甲基吡嗪	烤土豆味	0.60	0.69	0.80	0.46	1.00	1.06	0.96	0.83 ± 0.19	**	
19	2,3,5,6-四甲基吡嗪	焦咖啡味	2.53	1.41	0.85	1.15	0.83	0.82	0.78	0.97 ± 0.21	-	
20	苯酚	水果香、酒香	0.43	0.31	0.32	0.25	0.22	0.17	0.23	0.24 ± 0.06	**	

“-”， $P > 0.1$ ，差异不显著；“\*”， $P < 0.1$ ，差异显著；“\*\*”， $P < 0.05$ ，差异极显著。

香气的主要构成物质既是呈味物质又具香气特征,决定了食醋的风味和品质,其中乙酸具有愉快的酸香气味,3-甲基丁酸、己酸具有明显的干酪味、酸臭味以及窖泥香风味,在食醋中其他组分的协调作用下,构成食醋独特的风味<sup>[18-19]</sup>。醛类物质是通过微生物的发酵作用或者氨基酸的降解作用产生的,其中苯甲醛,又称安息香醛,是工业上最常使用的芳香醛,具有特殊的杏仁气味;糠醛,亦称2-呋喃甲醛,具有甜香、木香、面包香和焦糖香,并带有烘烤食品的气味<sup>[20]</sup>。吡嗪类物质是山西老陈醋熏醅过程中产生的特有香气物质之一,主要是通过 Strecker 降解反应将氮源(如氨基酸)降解而成的,其中四甲基吡嗪又称川芎嗪,具有咖啡味、烘烤花生味等特殊香气,此外还具有降血压等功效。由方差分析可知,在不同厂家的山西老陈醋中,不同物质 ROAV 差别较大,其中3-甲基丁酸、苯甲醛在各样品中差异显著,且乙酸苯乙酯、糠醇、5-甲基糠醛、三甲基吡嗪等物质 ROAV 的差异极其显著,因山西老陈醋采用的主要原料和生产工艺类似,这些香气成分有可能是不同厂家在原料配比和发酵过程控制方面的差异导致的;同时,也说明这些存在差异的风味特征容易受到生产过程操作的影响,这些风味特征也应该是各生产企业在发酵过程控制和新设备、新工艺的应用时需要特别注意的。

## 2.2 山西老陈醋有机酸风味分析

利用 HPLC 法对 6 个品牌的山西老陈醋样品中的主要有机酸进行了分析,共检测了 7 种有机酸,其中含量较高的有机酸依次是乙酸(54.00 ~ 56.10 mg/mL)、乳酸(29.37 ~ 32.63 mg/mL),其次为柠檬酸(1.69 ~ 1.95 mg/mL)、琥珀酸(1.31 ~ 1.57 mg/mL)和酒石酸(0.76 ~ 0.92 mg/mL)等。乙酸和乳酸是山西老陈醋的主体有机酸,且二者分别属于挥发酸和不挥发酸,除乳酸外,酒石酸、柠檬酸和琥珀酸等同属不挥发酸,能够调和食醋的酸味,减少乙酸对味觉的刺激,使得食醋口感更加柔和。

根据每种有机酸含量及对应的味觉阈值,判断有机酸的味觉强度,以此来分析每种有机酸对山西老陈醋的整体酸味贡献情况。味觉强度 TAV 越大,说明贡献越大,当 TAV < 1 时,味感可忽略不计。山西老陈醋中每种有机酸的味觉强度情况见表 3。表 3 中,乙酸、乳酸的味觉强度占其总酸味强度比分别为 61.31% ~ 65.08%、32.46% ~ 35.94%,柠檬酸、苹果酸、酒石酸、琥珀酸和草酸占比分别为 0.88% ~ 1.00%、0.74% ~ 0.84%、0.33% ~ 0.43%、1.13% ~ 1.46%、0.039% ~ 0.053%。乙酸、乳酸不仅是山西老陈醋中浓度最高的主体酸,也是对产品风味贡献最大的两种有机酸,其他有机酸作为辅助整体酸味味感的特征成分,协同主体有机酸形成山

表 3 山西老陈醋中有机酸风味强度分析

Tab. 3 TAV of organic acids TAV in Shanxi aged vinegar

有机酸	阈值 <sup>[21]</sup> / (mg·mL <sup>-1</sup> )	TAV							平均值	显著性
		样品 1	样品 2	样品 3	样品 4	样品 5	样品 6			
草酸	0.024	1.88 ± 2.21	2.13 ± 0.88	2.46 ± 0.67	2.54 ± 0.46	2.42 ± 1.46	1.88 ± 2.79	2.22 ± 0.27	**	
柠檬酸	0.040	46.63 ± 4.50	49.80 ± 13.78	45.20 ± 5.90	40.68 ± 11.68	47.25 ± 16.78	42.93 ± 14.13	45.42 ± 2.96	**	
酒石酸	0.047	15.57 ± 10.38	18.34 ± 6.72	17.68 ± 5.83	20.7 ± 12.47	18.72 ± 7.53	16.83 ± 10.32	17.97 ± 1.60	**	
苹果酸	0.049	40.69 ± 5.45	39.1 ± 7.37	39.67 ± 9.22	33.27 ± 11.08	38.16 ± 13.78	39.33 ± 13.41	38.37 ± 1.60	**	
琥珀酸	0.023	64.39 ± 29.74	65.83 ± 16.04	63.79 ± 2.40	54.83 ± 2.00	62.87 ± 28.87	71.04 ± 28.57	63.79 ± 2.40	**	
乳酸	0.019	1574.32 ± 24.63	1782.21 ± 28.95	1653.16 ± 34.63	1568.58 ± 37.68	1554.53 ± 39.16	1656.21 ± 33.47	1631.50 ± 78.47	*	
乙酸	0.018	3073.83 ± 10.33	3040.11 ± 9.39	2980.06 ± 14.50	3145.22 ± 11.50	3019.67 ± 31.44	3091.83 ± 42.39	3058.45 ± 53.02	**	

\* \*\*,  $P < 0.1$ , 差异显著; \* \* \*,  $P < 0.05$ , 差异极显著。

西老陈醋独特的酸味口感。柠檬酸具有清爽,带新鲜感刺激的酸味;琥珀酸是酵母菌发酵的代谢产物,具有鲜酸爽口的滋味<sup>[22]</sup>;苹果酸是特有的有机酸,带有刺激的、爽快的酸味。由显著性分析可知,不同样品有机酸的滋味贡献差别较大,除乳酸外,其余6种有机酸 TAV 差异极显著( $P < 0.05$ ),可能与不同企业的发酵过程控制相关。食醋中的大部分有机酸是在制曲和发酵过程中由醋酸菌、乳酸菌、酵母菌等微生物产生的,而微生物的代谢受环境影响巨大。6种样品虽同为山西老陈醋,但在生产过程中人为或机械操作、条件控制等不尽相同,进而形成了有机酸含量的差异。

### 2.3 山西老陈醋中氨基酸风味分析

采用氨基酸自动分析仪对食醋样品中的氨基酸成分进行测定,共检测了15种氨基酸(表4)。各样品中氨基酸种类组成情况差异不大,其中天冬氨酸(7.1%~10.2%)、谷氨酸(6.9%~8.8%)、丙氨酸(14.6%~19.7%)、胱氨酸(1.4%~18.5%)、缬氨酸(7.5%~8.7%)、亮氨酸(7.5%~11.3%)和脯氨酸(4.8%~8.1%)含量较高。相关文献对中国传统食醋主要酿造原料高粱、糯米、小麦麸皮的氨基酸组成分析中发现,谷氨酸、丙氨酸、亮氨酸、天冬氨酸、缬氨酸在3种谷物中的含量最高<sup>[23]</sup>,这与本研

究所测食醋样品中丙氨酸、亮氨酸、天冬氨酸、缬氨酸、谷氨酸含量最高的结果一致。

根据氨基酸风味特征<sup>[24]</sup>,将对滋味有贡献的氨基酸分为3类,分别为鲜味、甜味和苦味,将各类氨基酸对照其在水中的呈味阈值,计算出各自的TAV,结果见表4。苦味、甜味和鲜味氨基酸TAV分别为:48.08%~51.65%、28.67%~29.58%和20.25%~21.92%。苦味氨基酸在6个品牌食醋样品中均有滋味贡献,但是食醋中鲜有苦味感,这可能与滋味间的相互作用有关。缬氨酸、组氨酸的TAV为1.72~1.82和2.35~2.49,对醋的苦味有显著的影响;谷氨酸、丙氨酸TAV为2.15~2.31和2.78~2.85,对醋的鲜味和甜味有显著影响。不同的氨基酸呈现出不同的滋味,各种滋味相互协调赋予了食醋独特的口味。方差分析表明,同种氨基酸在不同样品间差异较大,尤其是天冬氨酸、谷氨酸、亮氨酸、组氨酸等差异极显著。山西老陈醋酿造过程中氨基酸浓度先升高后降低,其浓度变化主要是由于原料中蛋白质降解产生了氨基酸,同时发酵过程微生物的代谢等作用导致氨基酸浓度变化<sup>[25]</sup>;此外,山西老陈醋熏醋过程中氨基酸会与糖类发生美拉德反应,因此不同厂家采用的熏醋温度以及时间等影响食醋中氨基酸的含量。

表4 山西老陈醋中氨基酸风味强度分析

Tab.4 TAV of amino acids TAV in Shanxi aged vinegar

氨基酸	阈值 <sup>[25]</sup> / (mg·mL <sup>-1</sup> )	TAV								
		样品1	样品2	样品3	样品4	样品5	样品6	平均值	显著性	
鲜味	天冬氨酸	1.00	0.60	0.55	0.53	0.51	0.55	0.55	0.55 ± 0.03	**
	谷氨酸	0.30	2.24	2.31	2.19	2.07	2.32	2.23	2.23 ± 0.08	**
甜味	脯氨酸	0.30	0.23	0.22	0.22	0.24	0.23	0.22	0.23 ± 0.01	-
	苏氨酸	2.60	0.14	0.16	0.13	0.16	0.16	0.14	0.15 ± 0.01	**
	丝氨酸	1.50	0.35	0.35	0.34	0.34	0.35	0.35	0.35 ± 0.01	-
	甘氨酸	1.30	0.30	0.32	0.30	0.30	0.30	0.30	0.30 ± 0.01	-
	丙氨酸	0.60	2.79	2.84	2.78	2.86	2.84	2.78	2.82 ± 0.03	*
	缬氨酸	0.40	1.78	1.85	1.74	1.79	1.68	1.78	1.77 ± 0.05	**
苦味	甲硫氨酸	0.30	0.48	0.41	0.45	0.45	0.47	0.46	0.45 ± 0.02	**
	异亮氨酸	0.90	0.49	0.48	0.49	0.43	0.46	0.48	0.47 ± 0.02	**
	亮氨酸	1.90	0.50	0.53	0.57	0.48	0.50	0.51	0.52 ± 0.03	**
	苯丙氨酸	0.90	0.34	0.37	0.36	0.40	0.37	0.37	0.37 ± 0.02	**
	组氨酸	0.20	2.48	2.41	2.32	2.35	2.48	2.50	2.42 ± 0.07	**
	赖氨酸	0.50	0.55	0.62	0.57	0.56	0.55	0.58	0.57 ± 0.02	-

“-”,  $P > 0.1$ , 差异不显著; “\*”,  $P < 0.1$ , 差异显著; “\*\*”,  $P < 0.05$ , 差异极显著。

## 2.4 山西老陈醋风味轮的绘制

食醋的整体风味主要由气味和滋味组成,即风味物质包括挥发性物质和非挥发性物质。为了将挥发性物质的含量数据转化为感官描述信息,本研究将具有同类香气属性的挥发性物质分为一组,共分为6个香气属性,分别为甜香、烘烤香、坚果香、酸香、花果香和奶香。将每个香气属性中的挥发性物质的ROAV相加,通过雷达图进行表征,即为山西老陈醋的香气轮,见图1(右侧)。香气轮可以较好地将化合物组成与香气特征相联系,可以得到初步的感官描述信息。从图1中可直观看出,6个山西老陈醋样品的香气轮形状相似,山西老陈醋中最主要的2个香气特征是酸性气味和烘烤香,其次为坚果香、甜香和奶香,花果香最低。同时,通过香气轮可以比较不同品牌山西老陈醋的感官特征,如与其他食醋相比,山西老陈醋最独特的香味是烘烤香,这与其独特的熏醋工艺相关。

食醋滋味是判断食醋优劣的重要依据,食醋的滋味主要有酸味、苦味、甜味、咸味和鲜味。由于评价食醋的滋味涉及的因素较多,各滋味感官特性的强度高低不同,且各滋味之间相互影响,本研究不考虑化合物间的相互作用及味感相互融合等因素,从主要呈味化合物及味觉感应角度出发,描述山西老陈醋的滋味感官信息,结合有机酸和氨基酸的含量及对应的味觉阈值,计算各个化合物的味觉强度,并进行整合,绘制山西老陈醋滋味轮,见图1(左侧)。食醋有机酸的味觉强度远高于氨基酸,是醋的主要风味物质。从滋味轮中可明显观察到山西老陈醋中酸味为主体味觉,苦味和甜味次之,并有少许的鲜味。

## 3 结论

分别对山西老陈醋中挥发性成分、有机酸、氨基酸等主要风味物质的组成进行了分析,进一步采用风味强度的方法对其风味特征进行了评价。乙酸、苯甲醛、糠醛和2,3-丁二酮和四甲基吡嗪是山西老陈醋中重要的特征风味化合物。从风味轮中可直观观察到山西老陈醋的香气和味觉组成及特征,其中酸味和烘烤香尤其突出。烘烤香是山西老陈醋特有的香气特征,酸味占据主体味觉感受,伴有少许甜味及苦味,且微带有鲜味。山西老陈醋各厂家采用的原辅料、生产工艺大同小异,故该风味轮中6个品牌

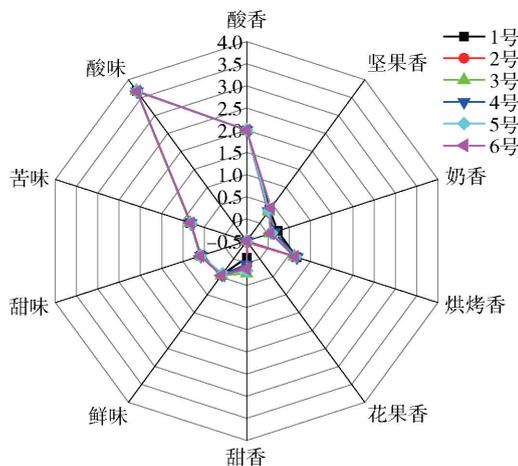


图1 山西老陈醋风味轮分析

Fig. 1 Flavor wheel of Shanxi aged vinegar

食醋的差异并不明显,具有较好的代表性。本研究采用风味化学的方法系统评价了食醋的感官风味组成,希望为山西老陈醋生产企业进一步优化发酵工艺,改善产品风味品质提供依据。

### 参考文献:

- [1] 宋海燕, 秦刚, 陆辉山, 等. 基于可见/近红外投射光谱的山西老陈醋产地的判别分析[J]. 中国食品学报, 2010, 10(4): 267-271.  
SONG H Y, QIN G, LU H S, et al. Discriminatory analysis of Shanxi aged vinegars with different geographical origin varieties by VIS/NIRS[J]. Journal of Food Science and Biotechnology, 2010, 10(4): 267-271.
- [2] YUNPING Z, FEIFEI Z, CHENGNAN Z, et al. Dynamic microbial succession of Shanxi aged vinegar and its correlation with flavor metabolites during different stages of acetic acid fermentation [J]. Scientific Reports, 2018, 8(1): 8612-8622.
- [3] GAO Y, JO Y, CHUNG N, et al. Physicochemical qualities and flavor patterns of traditional Chinese vinegars manufactured by different fermentation methods and aging periods [J]. Preventive Nutrition and Food Science, 2017, 22(1): 30-36.
- [4] SHALLENBERGER R S. Taste chemistry [M]. London: Blackie Academic and Professional, 1993: 226-233.
- [5] XIAO Z, DAI S, NIU Y, et al. Discrimination of Chinese vinegars based on headspace solid-phase microextraction-gas spectrometry of volatile compounds and multivariate analysis[J]. Journal of Food Science, 2011, 76(8): 125-135.
- [6] WANG A, SONG H, REN C, et al. Key aroma com-

- pounds in Shanxi aged tartary buckwheat vinegar and changes during its thermal processing[J]. *Flavour and Fragrance Journal*, 2012, 27(1): 47–53.
- [7] 陈涛, 桂青, 郭俊陆, 等. 传统工艺山西老陈醋发酵及熏蒸过程中常规成分的变化分析[J]. *中国酿造* 2017, 36(1): 39–43.
- CHEN T, GUI Q, GUO J L, et al. Changes of common conventional components in traditional process of Shanxi aged vinegar during fermentation and fumigation [J]. *China Brewing*, 2017, 36(1): 39–43.
- [8] TUFARIELLO M, CAPONE S, SICILIANO P. Volatile components of Negroamaro red wines produced in Apulian Salento area[J]. *Food Chemistry*, 2012, 132(4): 2155–2164.
- [9] 孙宗保. 镇江香醋挥发性成分分析及醋龄的识别研究[D]. 镇江: 江苏大学, 2014.
- SUN Z B. Analysis of volatile components and study on age discrimination of Zhenjiang aromatic vinegar [D]. Zhenjiang: Jiangsu University, 2014.
- [10] VILANOVA M, CAMPO E, ESCUDERO A, et al. Volatile composition and sensory properties of *Vitis vinifera* red cultivars from north west Spain; correlation between sensory and instrumental analysis[J]. *Analytica Chimica Acta*, 2012, 720: 104–111.
- [11] 熊越, 贺稚非, 李洪军, 等. 顶空固相微萃取-气质联用分析四川麸醋的香气成分[J]. *食品科学*, 2011, 35(2): 252–255.
- XIONG Y, HE Z F, LI H J, et al. Determination of volatile compounds in Sichuan bran vinegars using head space-solid phase micro-extraction coupled with gas chromatography-mass spectrometry [J]. *Food Science*, 2011, 35(2): 252–255.
- [12] 刘登勇, 周光宏, 徐幸莲. 确定食品关键风味化合物的一种新方法:“ROAV”法[J]. *食品科学*, 2008, 29(7): 370–374.
- LIU D Y, ZHOU G H, XU X L. “ROAV” method: a new method for determining key odor compounds of Rugao ham[J]. *Food Science*, 2008, 29(7): 370–374.
- [13] CAPONE S, TUFARIELLO M, SICILIANO P. Analytical characterisation of Negroamaro red wines by “aroma wheels” [J]. *Food Chemistry*, 2013, 141(3): 2906–2915.
- [14] MUNOZ D, PEINADO R A, MEDINA M, et al. Biological aging of sherry wines under periodic and controlled microaerations with *Saccharorayces cerevisiae* var. *capensis*; effect on odorant series[J]. *Food Chemistry*, 2007, 100(3): 1188–1195.
- [15] 文彦. 形成葡萄酒香气特征的关键香气成分及其呈想机制的研究[D]. 杨凌: 西北农林科技大学, 2013.
- WEN Y. Study on the impact odor ants of wine and the formation of wine aroma[D]. Yangling: Northwest Agriculture and Forestry University, 2013.
- [16] QI W, WANG C, CAO X, et al. Flavour analysis of Chinese cereal vinegar[J]. *IERI Procedia*, 2013, 5: 332–338.
- [17] ZHU H, ZHU J, WANG J, et al. Development of a SPME-GC-MS method for the determination of volatile compounds in Shanxi aged vinegar and its analytical characterization by aroma wheel [J]. *Journal of Food Science and Technology*, 2016, 53(1): 171–183.
- [18] ZHOU Z, LIU S, KONG X, et al. Elucidation of the aroma compositions of Zhenjiang aromatic vinegar using comprehensive two dimensional gas chromatography coupled to time-of-flight mass spectrometry and gas chromatography-olfactometry [J]. *Journal of Chromatography A*, 2017, 1487: 218–226.
- [19] 孙宗保, 邹小波, 赵杰文. 几种中国传统名醋挥发性风味成分的比较研究[J]. *中国调味品*, 2010, 35(9): 34–37.
- SUN Z B, ZHOU X B, ZHAO J W. Comparative study on volatile flavour compounds of several Chinese traditional famous vinegar[J]. *China Condiment*, 2010, 35(9): 34–37.
- [20] 秦伟军. 食醋感官特性及提升技术综述[J]. *中国调味品*, 2018, 43(5): 200–206.
- QIN W J. Review of vinegar sensory properties and promotion techniques [J]. *China Condiment*, 2018, 43(5): 200–206.
- [21] 李国权, 陆震鸣, 余永建, 等. 镇江香醋有机酸风味特征的分析[J]. *中国调味品*, 2013, 38(11): 63–65.
- LI G Q, LU Z M, YU Y J, et al. Analysis of flavor characteristics of organic acid in Zhenjiang aromatic vinegar[J]. *China Condiment*, 2013, 38(11): 63–65.
- [22] 刘芳, 张奶英, 刘书亮, 等. 四川麸醋发酵过程中有机酸及游离氨基酸含量变化分析[J]. *食品与机械*, 2017, 33(7): 11–15.
- LIU F, ZHANG N Y, LIU S L, et al. Changes of organic acid in fermentation process of Sichuan bran vinegar[J]. *Food and Machinery*, 2017, 33(7): 11–15.
- [23] 张璟琳, 黄明泉, 孙宝国. 四大名醋的游离氨基酸组成成分分析[J]. *食品安全质量检测学报*, 2014, 5(10): 3124–3131.

- ZHANG J L, HUANG M Q, SUN B G. Study on free amino acid composition of 4 famous vinegars in China [J]. *Journal of Food Safety and Quality*, 2014, 5(10): 3124–3131.
- [24] 薛素琳, 李学文, 吴海波, 等. 成熟度对伽师瓜采后蔗糖代谢及后熟甜度的影响 [J]. *新疆农业科学*, 2014, 51(12): 2212–2220.
- XUE S L, LI X W, WU H B, et al. Effects of maturity on the sucrose metabolism and sweetness of postharvest Jiashi melon [J]. *Xinjiang Agricultural Sciences*, 2014, 51(12): 2212–2220.
- [25] KONG Y, ZHANG L L, SUN Y, et al. Determination of the free amino acid, organic acid, and nucleotide in commercial vinegars [J]. *Journal of Food Science*, 2017, 82(5): 1116–1123.

## Composition of Characteristic Flavor Components and Analysis of Flavor Wheel for Shanxi Aged Vinegar

ZHENG Yu<sup>1,2</sup>, ZHAO Cuimei<sup>1</sup>, WU Yanan<sup>1</sup>, LIU Jing<sup>1</sup>, CHENG Cheng<sup>1</sup>,  
SHI Lei<sup>2</sup>, WAN Shoupeng<sup>2</sup>, WANG Min<sup>1,\*</sup>

(1. *State Key Laboratory of Food Nutrition and Safety/Tianjin Engineering Research Center of Microbial Metabolism and Fermentation Process Control/College of Biotechnology, Tianjin University of Science and Technology, Tianjin 300457, China*;

2. *Tianjin Limin Seasoning Co Ltd, Tianjin 300308, China*)

**Abstract:** The volatile components, organic acids, and amino acids of 6 brands of Shanxi aged vinegar samples were analyzed. A total of 96 volatile components were identified by headspace solid phase micro-extraction-gas chromatography-mass spectrometry. Among them, acetic acid, benzaldehyde, furfural, 2, 3-butanedione and tetramethylpyrazine were 5 important characteristic flavor compounds according to the results of relative odor activity value (ROAV). The ROAV of them was 96.74% of the total aroma component. The taste characteristics of Shanxi aged vinegar were evaluated according to the taste activity value (TAV) of organic acids and amino acids. Acetic acid and lactic acid were identified as the main acids, which accounted for 34.03% and 63.80% of the total sour taste, respectively. Glutamic acid, alanine, valine and histidine contribute greatly to the whole taste. They accounted for 16.88%, 21.34%, 13.42% and 18.37% of the TAV of total amino acids, respectively. According to the analysis of flavor wheel, sour and baking aroma were the two most important aroma characteristics of Shanxi aged vinegar, followed by nut, milk and sweet flavor. Sour taste was the main taste characteristic, accompanied by bitter, sweet and a little umami taste. This research established a standard for the flavor evaluation and quality control of Shanxi aged vinegar.

**Keywords:** Shanxi aged vinegar; flavor components; organic acid; amino acid; flavor wheel

(责任编辑:叶红波)