

DOI: 10.13652/j.issn.1003-5788.2019.02.010

香坊肠杆菌发酵果酒的香气物质分析

Analysis of aroma compounds of fruit wine fermented with *Enterobacter Xiangfang*

刘小燕¹ 周红丽²LIU Xiao-yan¹ ZHOU Hong-li²

(1. 湖南农业大学食品科技学院, 湖南 长沙 410218;

2. 食品科学与生物技术湖南省重点实验室, 湖南 长沙 410218)

(1. College of Food Science and Technology, Hunan Agricultural University, Changsha, Hunan 410218, China; 2. Hunan Key Laboratory of Food Biotechnology, Changsha, Hunan 410218, China)

摘要:以香坊肠杆菌为菌种,以新鲜苹果和梨子为原料制作发酵果酒,对发酵过程进行跟踪检测,利用顶空固相微萃取—气相色谱—质谱联用技术分析检测其香气成分,并对比了香坊肠杆菌发酵和安琪酵母菌发酵第 28 天果酒产生的香气物质的异同。结果表明:香坊肠杆菌发酵前期产生的香气成分主要有苯乙醇、3-甲基-1-丁醇、2-甲基丁醇及其相应的乙酸酯,后期出现庚醛、2,4,5-三甲基-1,3-二氧戊环、癸酸乙酯、辛酸乙酯、异丁酸等。安琪酵母菌发酵产生的香气成分主要有癸酸乙酯、苯乙醇、辛酸乙酯、2,4,5-三甲基-1,3-二氧戊环、3-甲基-1-丁醇、乙缩醛、十二酸乙酯等。与安琪酵母菌发酵相比,香坊肠杆菌发酵既有果酒的基本香气构成,又有其独特的香气特点。

关键词:香坊肠杆菌;果酒;香气成分;气质联用

Abstract: The aromatic composition of fruit wines fermented with *Enterobacter Xiangfang* was analyzed by headspace solid phase micro-extraction (HS-SPME) coupled with gas chromatography-mass spectrometry (GC-MS). The results showed that the main aroma components produced by *Enterobacter Xiangfang* were phenylethanol, 3-methyl-1-butanol, 2-methyl-butanol and their corresponding acetates in the early fermentation stage, and heptaldehyde, 2,4,5-trimethyl-1,3-dioxolane, ethyl decanoate, ethyl octanoate, isobutyric acid and so on in the later fermentation stage. The main aroma components produced by yeast fermentation were ethyl decanoate, phenylethanol, ethyl octanoate, 2,4,5-trimethyl-1,3-dioxolane, 3-methyl-1-butanol, acetal, ethyl Dodecanoate and so on. Compared with yeast fermentation, *Enterobacter Xiangfang* fermentation not only had the basic aroma

composition of fruit wine, but also had its unique aroma characteristics.

Keywords: *Enterobacter Xiangfang*; fruit wine; aroma components; GC-MS

果酒是指以新鲜的水果或果汁为原料,经发酵而成的酒精度较低的发酵酒^[1],具有水果的风味和多种营养成分^[2]。一般果酒的酒精含量在 5%~10%,稍微高的酒精含量在 14%左右^[1-3]。水果的种类繁多,所以果酒风格各异。

发酵菌种的选育对果酒品质至关重要,中国果酒企业大都选择纯酿酒酵母,目前市场上果酒类发酵菌种主要以一些葡萄酒专用菌种和苹果酒专用菌种为主,其他品种的果酒发酵专用菌种尚未形成^[3]。纯酿酒酵母生产的果酒虽然具有一定的果酒风味,但没有鲜明的个性特点。

本课题组从不同种类刺葡萄表皮上分离到一株高产乙醇的香坊肠杆菌,该菌能耐高酒精度,且香味独特浓郁。Chun^[4]、徐赛男^[5]、陈梦娟^[6]和 Jones^[7]分别从黑龙江传统酸面团、浙东腌冬瓜、刺葡萄表皮和甘蔗渣中分离出香坊肠杆菌并对其生理生化特性进行了研究,但其发酵产生的香气成分尚未进行研究报道。本试验拟分别以苹果和梨子为原料制作发酵果酒,对其发酵过程进行跟踪检测,利用顶空固相微萃取—气相色谱—质谱联用技术分析(SPME-GC-MS)检测其香气成分,对比香坊肠杆菌发酵和安琪酵母菌发酵果酒产生的香气物质的异同,旨在探明其香气成分的种类和含量,为其能应用于果酒酿造提供理论依据。

1 材料与amp;方法

1.1 材料与试剂

新鲜苹果和梨子:购自东之源超市;

香坊肠杆菌:实验室分离保藏;

酵母菌:安琪酵母有限公司;

基金项目:国家自然科学基金面上项目(编号:31571819)

作者简介:刘小燕,女,湖南农业大学在读硕士研究生。

通信作者:周红丽(1972—),女,湖南农业大学教授,博士。

E-mail: xuanxuan310@126.com

收稿日期:2018-11-01

偏重亚硫酸钠:分析纯,天津市化学试剂研究所;
葡萄糖:分析纯,国药集团化学试剂有限公司;
果胶酶:酶活 ≥ 500 U/mg,上海瑞永生物科技有限公司;
氯化钠:分析纯,天津市光复科技发展有限公司。

1.2 仪器与设备

磁力搅拌器:90型,上海沪西分析仪器厂有限公司;
气相色谱-质谱联用仪:GCMS-QP 2010型,岛津企业管理(中国)有限公司;
高压灭菌锅:LMQC型,山东新华医疗器械股份有限公司;

恒温培养箱:ZQPL-200型,天津市莱玻特瑞仪器设备有限公司。

1.3 试验方案

1.3.1 香坊肠杆菌发酵过程中香气成分跟踪检测 分别以苹果和梨子为原料接种香坊肠杆菌发酵果酒,前发酵第3,7天分别取样进行SPME-GC-MS分析,后发酵每隔7d分别取样进行SPME-GC-MS分析,分析香气成分变化。

果酒发酵:新鲜成熟的苹果和梨子分别洗净去皮去核切块,按0.02%(质量比)加入偏重亚硫酸钠进行硫处理、压榨,按0.1%(质量比)加入果胶酶处理2h,调整糖度至24 $^{\circ}$ Bx,按3%(体积比)接种量接种活化好的香坊肠杆菌于28 $^{\circ}$ C恒温发酵,7d后过滤继续发酵至28d。

1.3.2 香坊肠杆菌与安琪酵母发酵产生的香气物质对比 分别以苹果和梨子为原料接种3%(体积比)活化好的香坊肠杆菌发酵果酒,同时按3%(体积比)接种活化好的安琪酵母菌发酵进行对照。第28天取样进行SPME-GC-MS分析,分析对比其香气物质。

1.4 分析方法

香气物质采用SPME-GC-MS进行分析。

固相微萃取条件:移取1 mL去离子水和1 mL样品于固相微萃取瓶中,加0.2 g氯化钠,在45 $^{\circ}$ C下平衡15 min,在45 $^{\circ}$ C、磁力搅拌下萃取20 min,进行气质分析,解析5 min。

气相色谱条件:色谱柱:RTX-5MS;载气:He;柱流量:1 mL/min,分流比30:1,进样口温度:250 $^{\circ}$ C;升温程序:40 $^{\circ}$ C保持2 min;以2 $^{\circ}$ C/min升温至80 $^{\circ}$ C,保持2 min;以5 $^{\circ}$ C/min升温至250 $^{\circ}$ C,保持2 min。

质谱分析条件:离子源:电子轰击电离离子源(EI源),检测器电压:1 500 V;离子源温度:230 $^{\circ}$ C,GC/MS连接域温度:280 $^{\circ}$ C;质量扫描范围:0~1 000 m/z 。

结果比对分析:化合物结果通过NIST 11s.lib标准质谱图库进行比对^[8-11]。

2 结果分析

2.1 香坊肠杆菌发酵过程中香气成分跟踪检测

2.1.1 苹果酒发酵过程中香气物质跟踪检测 由表1、2

可知,香坊肠杆菌发酵苹果酒检测出的香气物质种类主要有醇类和酯类,分别占11.68%~45.77%和40%~56%;其次为酸类、醛类、烷烃类和苯酚。含量较高的组分为3-甲基-1-丁醇、2-甲基丁醇、苯乙醇及乙酸苯酯、3-甲基丁基乙酸酯、2-甲基丁基乙酸酯、癸酸乙酯、辛酸乙酯、异丁酸等。在发酵第14天开始检测出较高含量的庚醛,占12%,并随时间稳定上升;在发酵第28天检测出2,4,5-三甲基-1,3-二氧戊环,含量占10.88%。

研究发现:主要香气成分中苯乙醇具有清甜的玫瑰样花香^[11],乙酸苯酯有甜蜜的香味^[12];苯乙醇及其酯类和低级脂肪酸构成苹果酒香气的基本骨架,脂肪酸酯特别是2-甲基丁基乙酸酯赋予苹果酒的苹果香^[13];癸酸乙酯具有椰子香、葡萄酒香^[14],李记明等^[15]研究认为其能反映苹果酒中微弱的水果香、脂肪香、刺激、苦涩等香气特征;辛酸乙酯具有白兰地酒香^[16];庚醛在肉制品中呈现不良风味^[17],在茶叶中呈现青草气^[18],但嵇海峰等^[19]研究认为庚醛香气活性值低,即便含量显著增加也不会对产品风味造成较大影响。这些成分共同赋予果酒酒香、果香、花香、甜香、青草气等香气特征。

随着发酵时间的延长,香气物质整体更加丰富,醇类百分含量急速下降,从发酵第3天的45.77%降到发酵第28天的11.687%;酯类种类整体增加,百分含量先升后降。

2.1.2 梨子酒发酵过程中香气物质跟踪检测 由表3、4可知:香坊肠杆菌发酵梨子酒检测出的香气物质种类主要有醇类和酯类,分别占15%~55%和35%~46.56%;其次为酸类、醛类、烷烃类、苯酚和极少量的酮。含量较高的组分为3-甲基-1-丁醇、2-甲基丁醇及乙酸苯酯、3-甲基丁基乙酸酯、2-甲基丁基乙酸酯、癸酸乙酯、异丁酸等。在发酵第14天开始检测出较高含量的庚醛,占11.76%,并随时间稳定上升;在发酵第28天检测出2,4,5-三甲基-1,3-二氧戊环,含量占8.52%。

随着发酵时间的延长,香气物质整体更加丰富,醇类的种类整体增加,但百分含量微升后急速下降,从发酵第7天的55.15%降到发酵第28天的15.87%;酯类种类整体增加,百分含量微下降,绝对含量变化有待进一步研究。

2.2 香坊肠杆菌和安琪酵母菌发酵果酒的香气物质对比分析

2.2.1 发酵苹果酒的香气物质 由图1、表5可知,分别接种香坊肠杆菌(试验组)和安琪酵母菌(对照组)发酵苹果酒检测出的香气物质中,有20种相同香气物质,有9种从试验组检测出而对照组未检测出,有18种从对照组检测出而试验组未检测出。试验组总醇11.69%,总酯40.39%;对照组总醇24.78%,总酯51.93%。

从香坊肠杆菌发酵的苹果酒中检测出的主要香气物质有庚醛、2,4,5-三甲基-1,3-二氧戊环、癸酸乙酯、乙酸苯酯、乙缩醛、辛酸乙酯、异丁酸、3-甲基-1-丁醇、苯乙

表 1 苹果酒香气物质随时间的变化

Table 1 Aroma components of apple wine change with time %

组分	3 d	7 d	14 d	21 d	28 d
2-甲基丁醇	18.783 4	20.574 7			
3-甲基-1-丁醇	22.851 9	21.207 7	19.470 0	14.893 7	5.323 1
正己醇	4.132 2	0.243 2	0.169 5		0.583 2
1-壬醇		0.168 2			
1-丁醇			0.364 5	0.385 3	0.480 0
苯乙醇			4.597 8	4.667 6	5.302 8
邻苯二甲酸二乙酯	1.487 5			0.512 3	1.064 1
丙酸乙酯	1.333 5	0.887 7	0.678 0	0.187 7	
乙酸正丙酯	4.332 0	4.485 4	4.461 1	1.015 5	0.586 3
醋酸异丁酯	2.580 0	2.650 9	3.561 0	0.861 8	1.727 8
3-甲基丁基乙酸酯	25.634 0	22.804 4	15.764 6	7.089 9	3.195 9
2-甲基丁基乙酸酯	12.413 0	9.796 8	6.014 9	1.966 7	0.875 8
乙酸苯乙酯	2.305 4	14.860 9	17.774 0	10.448 3	7.510 1
醋酸正丁酯	0.297 0	0.360 2	0.345 3		
十六酸乙酯		0.241 0			1.707 5
2-甲基-2-乙基丙酸乙酯			2.930 1	2.603 6	4.666 7
辛酸乙酯			0.837 4	11.075 4	6.235 3
癸酸乙酯			0.556 5	9.824 2	10.381 3
十三烷酸乙酯			0.588 1		
十二酸乙酯				0.744 3	1.443 6
己酸乙酯				0.712 0	0.462 4
9-癸烯酸乙酯					0.532 4
异丁酸		0.604 8	4.157 5	3.351 2	5.923 3
2-甲基丁酸			0.703 1	0.627 6	1.416 1
3,5-二叔丁基苯酚	0.494 8	0.198 6	0.710 6		
2,4-二(1,1-二甲基乙基)苯酚				1.618 6	1.287 2
己醛	0.282 3				
2-甲基丁醛	1.493 1	0.245 1			
癸醛	0.668 5	0.400 9	1.900 5	4.652 1	1.553 9
乙缩醛		0.186 5	1.170 8	1.498 5	7.275 7
庚醛			12.036 5	15.121 4	15.454 1
十二醛			0.417 2	0.693 0	
壬醛				1.294 0	0.877 5
奥苷菊环	0.911 6			2.953 4	1.893 0
2,4,5-三甲基-1,3-二氧戊环		0.083 0	0.790 8	1.201 9	10.882 6
1-(1-乙氧基乙氧基)-戊烷					0.259 5
十七烷					0.456 4
8-甲基十七烷					0.642 5

表 2 苹果酒香气物质分类汇总表

Table 2 Taxonomy of aroma components of apple wine

类别	3 d		7 d		14 d		21 d		28 d	
	计数	百分含量/%	计数	百分含量/%	计数	百分含量/%	计数	百分含量/%	计数	百分含量/%
醇类	3	45.767 5	4	42.193 8	4	24.601 8	3	19.946 6	4	11.689 1
酯类	8	50.382 4	8	56.087 3	11	53.511 0	12	47.041 8	13	40.389 3
酸类	0	0.000 0	1	0.604 8	2	4.860 6	2	3.978 8	2	7.339 3
苯酚	1	0.4947 5	1	0.198 6	1	0.710 6	1	1.618 6	1	1.287 2
醛类	3	2.4438 4	3	0.832 5	4	15.525 1	5	23.258 9	4	25.161 0
烷烃类	1	0.9115 8	1	0.083 0	1	0.790 8	2	4.155 4	5	14.134 0

表3 梨子酒香气物质随时间的变化

Table 3 Aroma components of pear wine change with time		%				
组分	3 d	7 d	14 d	21 d	28 d	
正己醇	1.631 9	0.407 2				
2-甲基丁醇	21.984 0	25.818 5	15.857 9			
3-甲基-1-丁醇	30.611 9	25.742 5	11.273 8	23.995 0	8.790 9	
1-丁醇		0.465 5	0.753 5	0.872 5	0.944 6	
苯乙醇		2.713 0	4.166 6	4.995 0	4.643 5	
2-乙基己醇				0.328 7	0.592 6	
2-癸烯-1-醇				0.7597	0.411 2	
3-甲基-1-戊醇					0.488 9	
邻苯二甲酸二乙酯	0.433 3				0.637 2	
丙酸乙酯	1.011 3	0.927 5	0.671 0	0.462 8	0.256 2	
乙酸正丙酯	3.194 8	4.103 0	3.170 1	1.972 7	1.194 6	
醋酸异丁酯	1.604 2	1.550 0	2.699 5	0.978 8	2.478 7	
醋酸正丁酯	0.228 9	0.630 2	0.430 4	0.263 1		
3-甲基丁基乙酸酯	22.214 1	16.849 2	13.620 9	9.497 2	3.631 9	
2-甲基丁基乙酸酯	8.883 6	5.802 1	4.213 4	2.739 4	1.246 1	
乙酸苯乙酯	1.815 8	9.359 8	10.666 0	11.448 1	10.312 4	
十六酸乙酯	2.891 0	1.041 7	1.252 7	0.209 1	2.956 2	
2-甲基-2-乙基丙酸乙酯		0.178 1	2.832 7	2.304 5	3.641 7	
辛酸乙酯		0.217 0	2.429 6	1.997 4	2.008 4	
癸酸乙酯		1.289 5	2.303 4	1.286 0	4.936 3	
2-甲基-2-乙基丁酸乙酯			0.171 5	0.246 3		
十二酸乙酯			1.318 2		0.864 5	
十四酸乙酯			0.781 7		0.612 7	
邻苯二甲酸二异丁酯				1.624 1	0.359 2	
十五酸乙酯					0.303 0	
十八酸乙酯					0.494 0	
油酸乙酯					0.407 3	
亚油酸	0.581 1					
异丁酸	0.699 2	0.508 1	4.692 8	2.440 7	6.681 1	
2-甲基丁酸	0.455 5	0.312 2	0.983 9	0.831 9	2.119 4	
3-甲基丁酸			0.353 0		0.647 5	
3,5-二叔丁基苯酚	0.304 8	0.312 6	1.180 9			
2,4-二(1,1-二甲基乙基)苯酚				8.654 8	2.085 5	
2-甲基丁醛	0.961 8					
乙缩醛		0.985 0	1.212 9	2.218 6	5.893 9	
癸醛		0.388 1		3.067 0	2.580 5	
庚醛			11.760 3	11.882 7	14.377 7	
壬醛				0.995 4	1.415 4	
2,4,5-三甲基-1,3-二氧戊环		0.174 4	0.416 0	1.381 2	8.524 8	
奥苷菊环				2.056 7	2.099 8	
十七烷					0.257 0	
二十烷					0.316 3	
二氢-2-甲基-3(2H)-噻吩酮	0.492 7	0.224 9	0.787 1	0.490 6	0.788 8	

表 4 梨子酒香气物质分类汇总表

Table 4 Taxonomy of aroma components of pear wine

类别	3 d		7 d		14 d		21 d		28 d	
	计数	百分含量/%	计数	百分含量/%	计数	百分含量/%	计数	百分含量/%	计数	百分含量/%
醇类	3	54.227 9	5	55.146 7	4	32.051 9	5	30.950 9	6	15.871 7
酯类	9	42.277 0	11	41.948 1	14	46.561 2	13	35.029 5	17	36.340 5
酸类	3	1.735 8	2	0.820 3	3	6.029 7	2	3.272 7	3	9.448 1
苯酚	1	0.304 8	1	0.312 6	1	1.181 0	1	8.654 8	1	2.085 5
醛类	1	0.961 8	2	1.373 1	2	12.973 2	4	18.163 7	4	24.267 5
烷烃类	0	0.000 0	1	0.174 4	1	0.416 0	2	3.438 0	4	11.197 9
酮类	1	0.492 7	1	0.224 9	1	0.787 1	1	0.490 6	1	0.788 8

醇、2-甲基-2-乙基丙酸乙酯、3-甲基丁基乙酸酯等,这些香气物质赋予苹果酒酒香、花香、果香、甜香、青草气等香气特征。

从安琪酵母菌发酵的苹果酒中检测出的主要香气物质有癸酸乙酯、苯乙醇、辛酸乙酯、2,4,5-三甲基-1,3-二氧戊环、3-甲基-1-丁醇、乙缩醛、十二酸乙酯等,这些香气物质赋予苹果酒酒香、花香、果香等香气特征。

2.2.2 发酵梨子酒的香气物质 由图 2,表 6 可知,分别接种香坊肠杆菌(试验组)和安琪酵母菌(对照组)发酵梨子酒检测出的香气物质中,有 24 种相同香气物质,有 12 种从试验组检测出而对照组未检测出,有 11 种从对照组检测出而试验组未检测出。试验组总醇 15.87%,总酯 36.35%;对照组总醇 23.29%,总酯 51.26%。

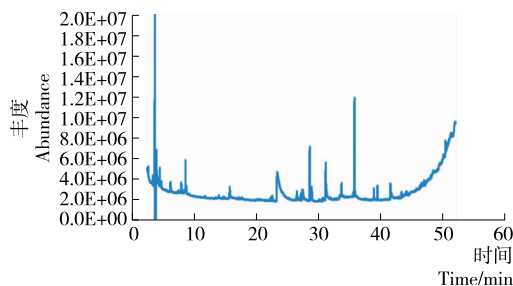
从香坊肠杆菌发酵的梨子酒中检测出的主要香气物质有庚醛、乙酸苯乙酯、3-甲基-1-丁醇、2,4,5-三甲基-1,

3-二氧戊环、异丁酸、乙缩醛、癸酸乙酯、苯乙醇、2-甲基-2-乙基丙酸乙酯、3-甲基丁基乙酸酯等,这些香气物质赋予梨子酒酒香、花香、果香、甜香、青草气等香气特征。

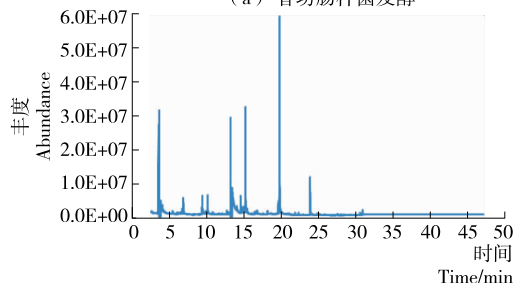
从安琪酵母菌发酵的梨子酒中检测出的主要香气物质有癸酸乙酯、苯乙醇、辛酸乙酯、2,4,5-三甲基-1,3-二氧戊环、乙缩醛、十二酸乙酯、3-甲基-1-丁醇和己酸乙酯等,这些香气物质赋予梨子酒酒香、花香、果香等香气特征。

3 结论

香坊肠杆菌和安琪酵母发酵果酒有其相同的香气物质,但在总体上香气成分种类和含量都有很大的差异。二者既有相似的基本香气构成,又有其独特的香气特点。癸酸乙酯、辛酸乙酯、苯乙醇等赋予二者酒香、果香和花香,其中安琪酵母菌发酵产生的癸酸乙酯、辛酸乙酯百分含量更高,果酒酒香更明显;而香坊肠杆菌发酵产生的乙酸苯乙酯和庚醛赋予果酒甜香和青草气。



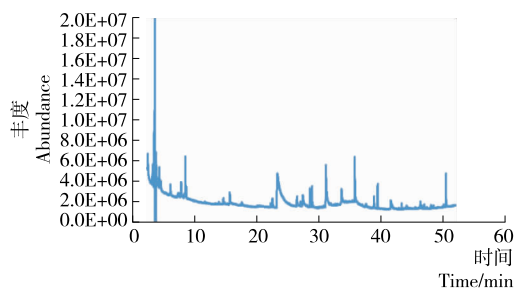
(a) 香坊肠杆菌发酵



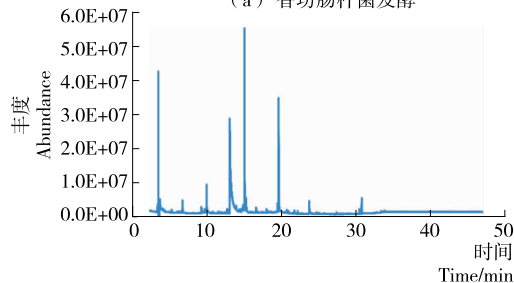
(b) 安琪酵母发酵

图 1 苹果酒发酵第 28 天香气物质图谱

Figure 1 TIC diagram of aroma substance on the 28 day of apple wine fermentation



(a) 香坊肠杆菌发酵



(b) 安琪酵母发酵

图 2 梨子酒发酵第 28 天的香气物质图谱

Figure 2 TIC diagram of aroma substance on the 28 day of pear wine fermentation

表5 香坊肠杆菌和安琪酵母菌发酵苹果酒
第28天的香气物质对比

Table 5 Comparison of aroma components between enterobacter aeruginosa and angel yeast fermented apple wine on the 28 Day %

组分	香坊肠杆菌	安琪酵母
2,4,5-三甲基-1,3-二氧戊环	10.882 6	9.078 7
乙缩醛	7.275 7	6.314 4
3-甲基-1-丁醇	5.323 1	8.634 2
醋酸异丁酯	1.727 8	0.239 3
正己醇	0.583 2	0.996 4
3-甲基丁基乙酸酯	3.195 9	1.678 8
2-甲基丁基乙酸酯	0.875 8	0.338 6
1-(1-乙氧基乙氧基)-戊烷	0.259 5	3.121 5
己酸乙酯	0.462 4	2.144 0
壬醛	0.877 5	0.273 2
苯乙醇	5.302 8	13.945 0
十六酸乙酯	1.707 5	0.626 6
辛酸乙酯	6.235 3	12.390 8
癸醛	1.553 9	0.676 2
乙酸苯乙酯	7.510 1	0.738 4
9-癸烯酸乙酯	0.532 4	1.676 4
癸酸乙酯	10.381 3	24.897 7
2,4-二(1,1-二甲基乙基)苯酚	1.287 2	0.238 6
十二酸乙酯	1.443 6	5.100 9
邻苯二甲酸二乙酯	1.064 1	0.166 2
2,3-二甲基己烷		0.652 8
甲基戊醇		0.131 2
二氢-2-甲基-3(2H)-噻吩酮		0.477 3
2-乙基己醇		0.222 3
DL-2-羟基己酸乙酯		0.166 3
庚酸乙酯		0.556 0
樟脑		0.626 4
薄荷醇		0.246 7
3,4,5-三甲基-4-庚醇		0.604 1
琥珀酸二乙酯		0.352 0
萘		1.528 7
苯乙酸乙酯		0.233 5
壬酸乙酯		0.214 8
辛酸 3-甲基丁酯		0.135 6
香叶基丙酮		0.176 8
正十五烷		0.129 3
十五烷酸-3-甲基丁酯		0.134 1
十四酸乙酯		0.135 9
乙酸正丙酯	0.586 3	
庚醛	15.454 1	
2-甲基-2-乙基丙酸乙酯	4.666 7	
异丁酸	5.923 3	
2-甲基丁酸	1.416 1	
奥甘菊环	1.893 0	
1-丁醇	0.480 0	
十七烷	0.456 4	
8-甲基十七烷	0.642 5	

表6 香坊肠杆菌和安琪酵母菌发酵梨子酒
第28天的香气物质对比

Table 6 Comparison of aroma components between enterobacter aeruginosa and angel yeast fermented pear wine on the 28 Day %

组分	安琪酵母	香坊肠杆菌
2,4,5-三甲基-1,3-二氧戊环	8.242 6	8.524 8
乙缩醛	5.095 3	5.893 9
3-甲基-1-丁醇	4.140 9	8.790 9
庚醛	5.548 6	14.377 7
2-甲基-2-乙基丙酸乙酯	0.753 0	3.641 7
异丁酸	1.172 2	6.681 1
醋酸异丁酯	0.284 9	2.478 7
3-甲基丁酸	0.187 6	0.647 5
2-甲基丁酸	0.185 2	2.119 4
3-甲基丁基乙酸酯	1.196 7	3.631 9
2-甲基丁基乙酸酯	0.298 2	1.246 1
二氢-2-甲基-3(2H)-噻吩酮	0.680 6	0.788 8
2-乙基己醇	0.215 3	0.592 6
壬醛	0.531 2	1.415 4
苯乙醇	17.318 4	4.643 5
奥甘菊环	1.524 8	2.099 8
辛酸乙酯	14.064 8	2.008 4
癸醛	1.381 6	2.580 5
乙酸苯乙酯	1.139 6	10.312 4
癸酸乙酯	20.574 0	4.936 3
十二酸乙酯	4.726 9	0.864 5
十四酸乙酯	0.283 6	0.612 7
十六酸乙酯	1.903 5	2.956 2
十八酸乙酯	0.179 6	0.494 0
正己醇	0.306 0	
1-庚醇	1.143 3	
己酸乙酯	3.043 4	
芳樟醇	0.170 8	
十三碳醛	0.234 6	
琥珀酸二乙酯	0.806 0	
反-4-癸烯酸乙酯	1.144 0	
辛酸 3-甲基丁酯	0.292 0	
香叶基丙酮	0.317 3	
3,5-二叔丁基苯酚	0.348 2	
9-十六碳烯酸乙酯	0.565 1	
1-丁醇		0.944 6
丙酸乙酯		0.256 2
乙酸正丙酯		1.194 6
2,4-二(1,1-二甲基乙基)苯酚	2.085 5	
邻苯二甲酸二乙酯		0.637 2
十七烷		0.257 0
邻苯二甲酸二异丁酯	0.359 2	
十五酸乙酯		0.303 0
2-癸烯-1-醇		0.411 2
二十烷		0.316 3
油酸乙酯		0.407 3
3-甲基-1-戊醇		0.488 9

由于不同香气物质阈值不同,各成分之间可能相互影响,香气成分对果酒的影响与其含量并不呈正相关,所以不能单依据香气成分含量评价香坊肠杆菌发酵果酒与安琪酵母发酵果酒的优劣。要解决此问题可结合感官品评评价香坊肠杆菌发酵果酒。

参考文献

- [1] 赵光奎, 向泽攀, 胡文艺, 等. 我国果酒酿造工艺现状及发展趋势[J]. 农产品加工, 2018, 447(1): 68-69.
- [2] 叶春苗. 我国果酒研究发展现状[J]. 农业科技与装备, 2016, 261(3): 60-61.
- [3] 陈静, 程晓雨, 潘明, 等. 中国果酒生产技术研究现状及产业未来发展趋势[J]. 食品工业科技, 2017, 38(2): 383-389.
- [4] GU Chun-tao, LI Chun-yan, YANG Li-jie, et al. Enterobacter xiangfangensis sp. nov. isolated from Chinese traditional sourdough, and reclassification of Enterobacter sacchari Zhu et al. 2013 as Kosakonia sacchari comb. nov.[J]. International Journal of Systematic and Evolutionary Microbiology, 2014, 64(8): 2 650-2 656.
- [5] 徐赛男, 吴祖芳, 张鑫, 等. 浙东腌冬瓜产组胺微生物的分离及产组胺特性研究[J]. 现代食品科技, 2015, 31(10): 115-121.
- [6] 陈梦娟, 周红丽, 蒋立文, 等. 一株产乙醇细菌的分离筛选与鉴定[J]. 食品与机械, 2017, 33(7): 31-34.
- [7] JONES J A D, KERR R G, HALTLI B.A, et al. Temperature and pH effect on glucose production from pretreated bagasse by a novel species of, Citrobacter, and other bacteria[J]. Heliyon, 2018, 4(6): 657.
- [8] 张晶, 左勇, 谢光杰, 等. 复合菌发酵对野生猕猴桃果酒风味物质的影响[J]. 食品工业科技, 2017, 38(19): 213-217.
- [9] 王洋洋, 王积武, 吴志莲, 等. 不同酵母菌株发酵苹果酒香

气成分比较[J]. 食品工业, 2016, 37(8): 280-284.

- [10] 高雅慧, 李子杰. 母乳挥发性成分固相萃取一气质联用检测条件的优化及测定[J]. 食品工业科技, 2018, 39(6): 199-203.
- [11] 张峻松, 张文叶, 毛多斌. 干红山楂果酒风味物质的研究[J]. 酿酒, 2003, 30(5): 44-46.
- [12] 李记明, 段辉, 赵荣华, 等. 苹果酒主要风味成分的分析研究[J]. 食品科学, 2007, 28(12): 362-365.
- [13] WILLIAMS A A. Flavour research and the cider industry[J]. Journal of the Institute of Brewing, 2013, 80(5): 455-470.
- [14] 齐晓茹, 赵翡, 张玉杰, 等. 赤霞珠干红葡萄酒风味物质成分分析[J]. 酿酒科技, 2016, 269(11): 112-115.
- [15] 李记明, 樊玺, 阮士立, 等. 苹果酒香味成分与感官质量研究[J]. 食品与发酵工业, 2006, 32(7): 87-90.
- [16] 魏晓华. 市售葡萄酒风味物质与感官品质的关系分析[J]. 酿酒科技, 2015, 255(9): 78-81.
- [17] 黄卉, 何丹, 李来好, 等. 复合添加剂对鲟鱼籽酱挥发性成分的影响[J]. 食品科学, 2015, 36(12): 97-103.
- [18] 刘盼盼, 许勇泉, 尹军峰, 等. 主要水质因子对清香型黄山毛峰茶挥发性成分的影响[J]. 中国食品学报, 2016, 16(1): 245-257.
- [19] 嵇海峰, 倪辉, 陈峰, 等. 巴氏灭菌对瑯蜜柚汁挥发性成分及香味的影响[J]. 中国食品学报, 2015, 15(5): 225-232.
- [20] 李记明, 贺普超. 中国野生葡萄酒风味成分分析[J]. 果树学报, 2004, 21(1): 11-16.
- [21] 何义, 张伟, 赵红梅, 等. 鸭梨果酒香气成分分析[J]. 园艺学报, 2006, 33(6): 1 267-1 268.
- [22] 康明丽, 潘思轶, 郭小磊. 不同处理柑橘果汁发酵果酒中游离态及键合态风味物质分析[J]. 食品科学, 2016, 37(2): 153-159.
- [23] 马海燕, 曹雪丹. 不同酵母发酵宁夏赤霞珠葡萄酒风味分析[J]. 食品研究与开发, 2017, 38(3): 152-156.
- (本文系 2018 年湖南省研究生创新论坛一等奖论文)

(上接第 36 页)

- [10] 刘明. 浓香型白酒酿造过程中酸类物质的调控[J]. 酿酒科技, 2014(8): 62-64.
- [11] 雷鸣书. 红外线人工催陈白酒[J]. 酿酒科技, 1985(4): 11-14.
- [12] 江洪声, 黄晓春. 磁处理加速醇古大曲酒老熟的研究[J]. 食品科学, 1987(10): 6-8.
- [13] 蒋茂贵, 沈青, 喻力行, 等. 毛细管超滤膜对白酒的催陈作用[J]. 水处理技术, 1993, 19(1): 6-10.
- [14] 杨婷, 农绍庄, 刘畅, 等. 白酒的微波陈化研究[J]. 食品工业, 2014(2): 109-112.
- [15] 李宏涛, 王冰, 李次力. 臭氧对蒸馏白酒的催陈、除浊效果的研究[J]. 酿酒, 2004, 31(2): 75-77.
- [16] 樊迪, 王盛民, 詹源文. 白酒超高压水射流催陈技术研究[J]. 酿酒科技, 2010(3): 89-91.
- [17] 付淑凤. 探索色谱-质谱联用法区别白酒和啤酒[J]. 电子测

试, 2013(13): 279-280.

- [18] 贾巧唤, 任石苟. 浅述酸、酯、醇等成分对白酒的影响[J]. 食品工程, 2009(4): 12-13.
- [19] 蔡定域, 任兴碧, 赵鹏骥, 等. 己酸和乙醇的酯化反应动力学: 白酒老熟机理初探[J]. 食品与发酵工业, 1990(1): 28-40.
- [20] 周靖, 侯格妮, 邹雪, 等. 红曲霉 MZ-1 菌株液态发酵产酯条件的优化研究[J]. 酿酒科技, 2014(2): 22-26.
- [21] 刘建学, 张卫卫, 韩四海, 等. 白酒基酒中己酸、乙酸的近红外快速检测[J]. 食品科学, 2016, 37(4): 181-185.
- [22] 张卫卫, 刘建学, 韩四海, 等. 白酒基酒中醛类物质的傅里叶变换近红外光谱检测[J]. 食品科学, 2016, 37(6): 111-115.
- [23] 吴同, 谭超. 近红外光谱同时测定白酒中总酯和杂醇油[J]. 化学研究与应用, 2016, 28(10): 1 460-1 463.