

# 不同酒曲发酵刺梨鲜果 香气成分分析

李雪<sup>1,2</sup>, 杨艳<sup>2</sup>, 王瑜<sup>2</sup>, 李立朗<sup>2</sup>, 李齐激<sup>2</sup>, 杨娟<sup>2</sup>, 杨小生<sup>1,2,\*</sup>

(1. 遵义医学院, 贵州遵义 563000;

2. 贵州省中国科学院天然产物化学重点实验室, 贵州贵阳 550025)

**摘要:**采用顶空固相微萃取和气相色谱-质谱联用(GC-MS)技术对5种不同酒曲发酵刺梨鲜果前后香气成分进行分析检测。从5种发酵液中检测鉴定香气成分共计88种,其中共有成分8种,分别为醇类1种(乙醇),醚类1种(二甲硫醚),醛类1种(乙醛),酸类1种(辛酸),烃类2种(十七烷、正十八烷),酯类2种(乙酸乙酯、油酸乙酯)。刺梨鲜果(发酵前)香气成分主要为烃类和酸类,以罗勒烯和辛酸为主;发酵后5种刺梨发酵液中酸类、醛类、酯类物质组成存在差异,但均产生香味浓烈、持久的新香味物质苯乙醇,而鲜果中含量较高的罗勒烯未检出,辛酸含量减少。通过对比5种不同酒曲发酵刺梨鲜果后产生的香味物质的含量及种类变化,甜酒曲(S<sub>3</sub>)和高效酒曲(S<sub>2</sub>)作为发酵刺梨鲜果的酒曲较佳。

**关键词:**刺梨果,香气成分,酒曲,发酵

## Analysis of the fragrance components of the fruit of *Rosa roxburghii* fermented with different yeasts

LI Xue<sup>1,2</sup>, YANG Yan<sup>2</sup>, WANG Yu<sup>2</sup>, LI Li-lang<sup>2</sup>, LI Qi-ji<sup>2</sup>, YANG Juan<sup>2</sup>, YANG Xiao-sheng<sup>1,2,\*</sup>

(1. Zunyi Medical University, Zunyi 563000, China;

2. The Key Laboratory of Chemistry for Natural Products of Guizhou Province  
and Chinese Academy of Sciences, Guiyang 550025, China)

**Abstract:** The fragrance components of the fruit of *Rosa roxburghii* and its fermentations with different yeasts were tested by headspace solid-phase microextraction(HS-SPME) and GC-MS. 88 aromatic compounds in the fruit of *Rosa roxburghii* and its fermentations were identified which included eight mutual substances: alcohols (ethanol), ethers (methyl sulfide), aldehydes (acetaldehyde), acids (octanoic acid) and two kinds of hydrocarbons (heptadecane and octadecane), respectively. Hydrocarbons and acids were the main volatile components in the fruit of *R. roxburghii* and the main components were ocimene and octanoic acid. Although there was a significant difference in the composition of acids, aldehydes and esters in five different fermentations, phenethyl alcohol, a compound with strong and lasting fragrance, was found in all five fermentations. Besides, ocimene which with the highest relative content before fermentation was not found and octanoic acid content declined. Compared with the changes of contents and types of the volatile components from the fermentations of *Rosa roxburghii* with five different yeasts, liqueur koji (S<sub>3</sub>) and high-efficiency starter (S<sub>2</sub>) were the best yeasts for the fermentation of the fruit of *Rosa roxburghii*.

**Key words:** fruit of *Rosa roxburghii*; fragrance components; yeast; fermentations

中图分类号: TS261.4

文献标识码: A

文章编号: 1002-0306(2017)22-0268-06

doi: 10.13386/j.issn1002-0306.2017.22.052

刺梨(*Rosa roxburghii* Tratt)为蔷薇科多年生落叶小灌木,又称文先果、送春归、茨梨、木梨子、梨石榴等,主要分布在中国西南部,因含有多种氨基酸和维生素C等多种营养成分<sup>[1]</sup>,而受人们关注。现代药

理学研究表明,刺梨主要化学成分为五环三萜与黄酮类活性物质,而具有抗动脉粥样硬化<sup>[2]</sup>、抗氧化<sup>[3]</sup>、提高机体免疫功能和防癌治瘤<sup>[4]</sup>等作用。由于刺梨中粗纤维含量较高,食用口感较差,通过发酵保留功

收稿日期: 2017-04-07

作者简介: 李雪(1990-),女,硕士,主要从事天然产物主要成分变化与活性方面的研究, E-mail: 514561910@qq.com。

\* 通讯作者: 杨小生(1966-),男,博士,研究员,主要从事功能天然产物研究与开发, E-mail: gzcnp@sina.cn。

基金项目: 贵州省高层次创新型人才培养-百层次(黔科合人才[2015]4027号);贵州省科技计划重大专项(黔科合重大专项字[2013]6006-4号);贵州省科技支撑计划项目(黔科合支撑[2017]2851);贵州省科技合作计划项目(黔科合 LH字[2016]7431)。

能成分同时改善口感是目前食品加工的方法之一,如应用历史较为悠久的酒曲,因其主要含有细菌群(如芽孢杆菌群、乳酸杆菌等)、酵母菌菌群、糖化的根霉菌菌群(如米根霉、黑曲霉、华根霉等)及霉菌菌群(如米根霉、华根霉等)等在发酵过程中主要以产生酯类、醇类、酸类等香气成分而得到广泛认可<sup>[5-12]</sup>。姚敏等<sup>[13]</sup>用酵母对刺梨进行发酵,探索其氨基酸等有效成分的变化<sup>[14]</sup>,并对发酵前后的香气成分变化进行研究。本文通过选择不同酒曲对刺梨进行发酵,比较发酵前后香味成分差异性,为刺梨发酵用酒曲优选提供科学依据。

## 1 材料与方法

### 1.1 材料与仪器

刺梨 采自贵州龙里县,经贵阳中医学院孙庆文教授鉴定为蔷薇科刺梨(*Rosa roxburghii*)成熟果实;茅台酒曲( $S_1$ ) 茅台酒厂;高效酒曲( $S_2$ ) 贵州省酿酒工程技术开发中心研制,执行编号为Q-QK05-2003;甜酒曲( $S_3$ ) 自制;酵母( $S_4$ ) 为湖北省宜昌市安琪葡萄酒高活性干酵母,执行编号Q/YBJ02.48;曲王( $S_5$ ) 曲王产地为陕西横山县,执行编号为Q/SHQ01-1998;果胶酶 南宁庞博生物工程有限公司,酶活力为20000 U/g;水 实验室自制蒸馏水。

HP6890/5975C 气相-质谱联用仪联用仪 美国安捷伦公司;手动固相微萃取装置 美国 Supelco 公司;萃取纤维 2 cm, 50  $\mu\text{m}$ /30  $\mu\text{m}$  DVB/CAR/PDMS;PB-936 打浆机 SKG 公司。

### 1.2 实验方法

1.2.1 刺梨果发酵 新鲜刺梨洗净去蒂,称取5份150 g 质量相等的刺梨鲜果,分别加入两倍量的灭菌蒸馏水打浆,打浆时间为1 min,将浆液称重后,倒入已灭菌的三角瓶中,按照浆液质量加入10%白糖,搅拌使白糖完全溶化,待浆液温度降至35  $^{\circ}\text{C}$ 后分别加入0.5%的 $S_1 \sim S_5$ 酒曲和0.2%的果胶酶,搅拌均匀使其溶解后,加盖密封在35  $^{\circ}\text{C}$ 温度下发酵。直至发酵液中上清液澄清且无气泡产生为止,发酵完成,取发酵液备用。

1.2.2 刺梨果发酵前后香味成分检测 采用SPME-GC-MS对刺梨果发酵前后香味成分进行检测。取样品200  $\mu\text{L}$ ,置于10 mL固相微萃取仪采样瓶中,插入装有萃取纤维头的手动进样器,在120  $^{\circ}\text{C}$ 下顶空萃取48 min,热解析3 min后进样进行GC-MS分析。

气相色谱条件:以5  $^{\circ}\text{C}/\text{min}$ 升温至270  $^{\circ}\text{C}$ ,运行时间48 min;汽化室温度250  $^{\circ}\text{C}$ ;载气流量1.0 mL/min;不分流进样;溶剂延迟时间1 min。

质谱条件:离子源为EI源;离子源温度230  $^{\circ}\text{C}$ ;四极杆温度150  $^{\circ}\text{C}$ ;电子能量70 eV;发射电流34.6  $\mu\text{A}$ ;倍增器电压1435 V;接口温度280  $^{\circ}\text{C}$ ;质量扫描范围29~500 amu。

### 1.3 数据分析

对总离子流图中的各峰进行系统检索(Nist2005和Wiley275),确定了刺梨鲜果发酵前后挥发性化学成分,用峰面积归一化法测定了各化学成分的相对质量分数。

## 2 结果与分析

### 2.1 刺梨鲜果及5种发酵液香味物质的GC/MS离子图谱

鲜果及5种发酵液的GC/MS离子图谱见图1。

### 2.2 刺梨鲜果发酵前后主要香味物质分析

$S_1 \sim S_6$ 依次为茅台酒曲、高效酒曲、甜酒曲、酵母、曲王、刺梨鲜果(发酵前)。 $S_1 \sim S_6$ 共检出88种物质,其中共有物质有8种,醇类1种(乙醇)、醚类1种(二甲硫醚)、醛类1种(乙醛)、酸类1种(辛酸)、烃类2种(十七烷、正十八烷)、酯类2种(乙酸乙酯、油酸乙酯)。

结合表1及表2可知,刺梨发酵前后的物质种类及相对含量差异较大。刺梨发酵前的主要香味成分为烃类,其中相对含量最高的为罗勒烯达到11.40%,因罗勒烯非常容易被氧化,虽具有药香及橘香等花香香气<sup>[15]</sup>,但较短时间暴露于空气中会形成黄色树脂,因此在发酵后的五种刺梨鲜果中均未检测到。

发酵后的主要香味物质为醇类, $S_1 \sim S_5$ 醇类物质的相对含量依次为78.46%、83.60%、89.61%、78.96%、84.33%,甜酒曲( $S_3$ )产生的总醇量最高,除乙醇外,含量较高的醇类成分为苯乙醇。苯乙醇是一种柔和、愉快且持久具有玫瑰香、紫罗兰香等气味的香气成分<sup>[16-17]</sup>。刺梨鲜果( $S_6$ )中未检测到苯乙醇,而不同的酒曲发酵其含量也不同, $S_1 \sim S_5$ 5个样品中的相对含量,依次为19.89%、30.63%、51.29%、16.78%、26.30%,也就是说,甜酒曲产生的香气成分苯乙醇含量最高。

酸类物质在发酵前后种类及含量变化较大,发酵后的5种发酵液中茅台酒曲( $S_1$ )酸类物质有5种、高效酒曲( $S_2$ )酸类物质有7种、甜酒曲( $S_3$ )酸类物质有2种、酵母( $S_4$ )酸类物质有6种、曲王( $S_5$ )酸类物质有4种, $S_1 \sim S_5$ 中总的酸类物质的相对含量依次为7.00%、4.13%、4.81%、6.56%、8.90%,其中主要的物质均为乙酸。而发酵前 $S_6$ 酸类物质只检测到辛酸(相对含量为18.70%)。辛酸是一种具有果味及焦糖等多种风味的物质<sup>[18]</sup>,经发酵后其含量减少,茅台酒曲( $S_1$ )中其相对含量为1.70%,甜酒曲( $S_3$ )中未检测到,高效酒曲、酵母、曲王( $S_2, S_4, S_5$ )中的相对含量均小于1%。可能是因为5种不同的酒曲中所含的乳酸杆菌含量不同。

醛类物质是饮料酒中的重要香气成分,苯乙醛具有浓郁的玉簪花香气<sup>[19]</sup>,糠醛具有谷物香气<sup>[20]</sup>,从表1可知,在甜酒曲( $S_3$ )和酵母( $S_4$ )中均检测到苯乙醛与糠醛,茅台酒曲( $S_1$ )中只检测到糠醛,而高效酒曲( $S_2$ )和曲王( $S_5$ )中两者均未检测到。

5种发酵后刺梨果中的酯类物质种类均达到10种以上,而发酵前的 $S_6$ 则只有4种。 $S_1 \sim S_6$ 中酯类的相对含量为5.89%、7.34%、1.34%、1.56%、1.50%、7.84%。酯类物质是饮料酒中的主要香气成分,多数以乙酯的形式存在,具有使人愉悦的水果香气<sup>[21]</sup>。乙酸乙酯可使酒香更浓郁<sup>[22]</sup>,乳酸乙酯能和多种物质产生亲和作用,对饮品的后味起缓冲平和作用,因此在呈香过程中起着重要作用<sup>[23]</sup>。不同酒曲发酵的

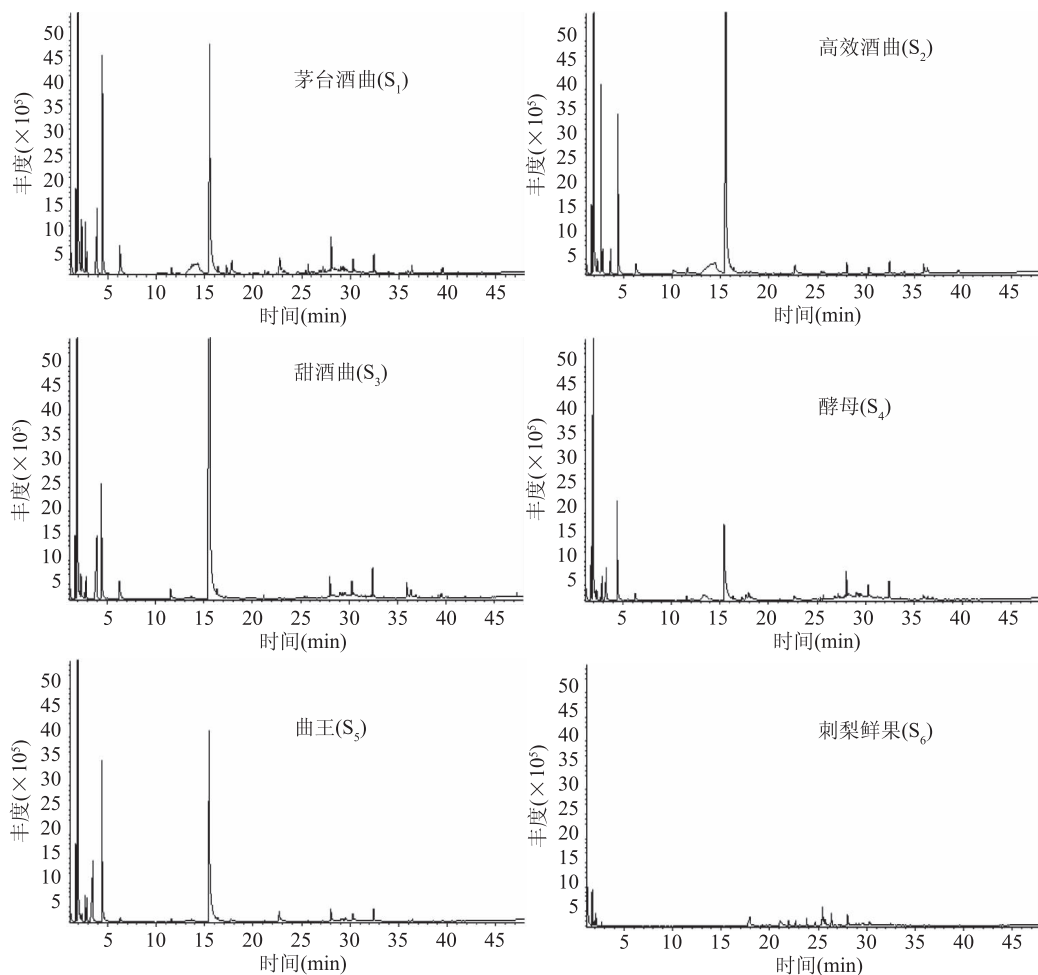
图1 S<sub>1</sub>~S<sub>6</sub> 发酵后香味物质的 GC/MS 离子图谱Fig.1 Total ion current chromatograms of fragrance compositions of S<sub>1</sub> to S<sub>6</sub>

表1 刺梨鲜果发酵前后香味物质的相对含量

Table 1 The fragrance compound content of thorn pear fruit before and after fermentation

编号	香味物质	相对百分含量(%)					
		S <sub>1</sub>	S <sub>2</sub>	S <sub>3</sub>	S <sub>4</sub>	S <sub>5</sub>	S <sub>6</sub>
1	乙醇(Ethanol)	40.54	35.16	31.39	50.65	43.90	0.71
2	苯乙醇(Phenylethyl Alcohol)	19.89	30.63	51.29	16.78	26.30	-
3	2-甲基丙醇(2-methylpropanol)	0.70	0.75	0.69	1.28	1.14	-
4	2-甲基丁醇(2-Methylbutanol)	2.45	3.32	2.12	3.47	3.83	-
5	2,3-丁二醇(2,3-Butanediol)	-	0.04	-	-	0.05	-
6	1,2-丙二醇(1,2-Propanediol)	-	-	0.08	-	-	-
7	甲硫醇(Methionol)	-	0.10	0.14	-	-	-
8	甘油(Glycerol)	6.45	7.76	0.11	1.56	0.61	-
9	异香叶草醇(Isogeraniol)	-	-	-	-	-	0.80
10	(+)-g-桉叶油醇[(+)-g-Eudesmol]	-	-	-	-	-	0.31
11	t-杜松醇(.tau.-Cadinol)	-	-	-	-	-	0.42
12	2,4-二叔丁基苯酚(2,4-Di-tert-butylphenol)	0.02	-	-	-	-	-
13	2,6-二叔丁基对甲酚(Butylated Hydroxytoluene)	-	-	-	-	-	0.39
14	二甲硫醚(Methyl sulfide)	0.15	0.07	0.03	0.10	0.04	2.67
15	1-辛基-2-茴香醚(2-octyl-Anisole)	-	-	-	-	-	1.60
16	乙醛(Acetaldehyde)	0.27	0.21	0.10	0.19	0.16	0.06
17	3-甲基丁醛(3-Methylbutanal)	-	-	-	0.03	-	-
18	壬醛(Nonanal)	-	-	-	-	-	1.48

续表

编号	香味物质	相对百分含量(%)					
		S <sub>1</sub>	S <sub>2</sub>	S <sub>3</sub>	S <sub>4</sub>	S <sub>5</sub>	S <sub>6</sub>
19	戊醛(Pentanal)	-	-	-	-	-	0.37
20	糠醛(Furfural)	0.034	-	0.04	0.12	-	-
21	苯乙醛(Hyacinthin)	-	-	0.06	0.92	-	-
22	(E)-2-癸烯醛((E)-2-Decenal)	-	-	-	-	-	1.45
23	异丁酸(Isobutyric acid)	-	-	-	0.24	-	-
24	(S)-2-羟基丙酸((S)-2-Hydroxypropanoic acid)	-	1.41	-	-	-	-
25	己酸(Hexanoic acid)	0.19	0.04	-	0.12	-	-
26	辛酸(Octanoic Acid)	1.70	0.30	-	0.92	0.73	18.70
27	壬酸(Nonanoic acid)	-	0.07	-	-	-	-
28	癸酸(Decanoic acid)	0.14	-	-	-	0.57	-
29	肉豆蔻酸(Myristic acid)	-	0.08	-	0.12	-	-
30	棕榈酸(Palmitic acid)	0.19	0.65	0.79	0.78	0.02	-
31	乙酸(Acetic acid)	4.76	1.41	4.02	4.39	7.58	-
32	四甲基吡嗪(Tetramethylpyrazine)	0.46	-	-	-	-	-
33	罗勒烯( $\alpha$ -Ocimene)	-	-	-	-	-	11.40
34	(-)- $\alpha$ -萜澄茄油烯(.alpha.-Cubebene)	-	-	-	-	-	2.05
35	古巴烯(Copaene)	-	-	-	-	-	3.45
36	B-波旁烯(.beta.-Bourbonene)	-	-	-	-	-	0.10
37	榄香烯((-)-.beta.-Elemene)	-	-	-	-	-	0.17
38	石竹烯(Caryophyllene)	-	-	-	-	-	3.31
39	十四烷(Tetradecane)	0.08	0.04	0.02	-	0.25	-
40	$\alpha$ -石竹烯( $\alpha$ -Caryophyllene)	-	-	-	-	-	2.90
41	3-甲基十四烷(3-Methyltetradecane)	0.01	-	-	0.06	-	-
42	十五烷(Pentadecane)	0.29	0.08	0.04	0.23	0.07	-
43	$\beta$ -绿叶烯(.beta.-Patchoulene)	-	-	-	-	-	0.48
44	$\gamma$ -芹子烯(.gamma.-Selinene)	-	-	-	-	-	9.86
45	$\beta$ -芹子烯(.BETA.-SELINENE)	-	-	-	-	-	3.47
46	巴伦西亚橘烯((+)-Valencene)	-	-	-	-	-	2.33
47	4,7-二甲基-1-(1-异丙基)-1,2,4a,5,6,8a-六氢- (1 $\alpha$ ,4A,a,8aa)-萘(4,7-dimethyl-1-(1-methylethyl)-1,2,4a, 5,6,8a-hexahydro-(1.alpha.,4a.alpha.,8a.alpha.)-Naphthalene)	-	-	-	-	-	1.03
48	(-)-.alpha.-Panasinsen	-	-	-	-	-	1.20
49	d-萜澄茄烯(d-Cadinene)	-	-	-	-	-	5.60
50	A-二去氢菖蒲烯(alpha-Calacorene)	-	-	-	-	-	0.26
51	4-甲基十五烷(4-Methylpentadecane)	0.03	-	0.01	0.07	-	-
52	榄香素(Elemicin)	0.19	0.06	0.09	0.23	-	-
53	3-甲基十五烷(3-Methylpentadecane)	0.07	-	-	0.12	-	-
54	4-乙基十四烷(4-Ethyltetradecane)	-	-	0.02	-	-	-
55	十六烷(Hexadecane)	1.11	0.46	0.59	1.65	0.70	-
56	6-甲基-(1-异丙基)-(1,2,3,4,4a,7-六氢)-萘(1,2,3,4,4a, 7-hexahydro-1,6-dimethyl-4-(1-methylethyl)-Naphthalene)	-	-	-	-	-	0.98
57	2,6,10-三甲基十五烷(2,6,10-trimethyl-Pentadecane)	-	-	-	-	-	0.25
58	癸基环己烷(decyl-Cyclohexane)	-	-	-	-	-	0.07
59	4-甲基十六烷(4-Methyl-hexadecane)	0.14	0.01	0.07	0.16	0.06	-
60	2-甲基十六烷(2-Methyl-hexadecane)	-	-	0.05	0.10	0.07	-
61	3-甲基十六烷(3-Methyl-hexadecane)	-	-	0.04	0.1	0.04	-
62	十七烷(Heptadecane)	0.42	-	0.39	0.68	0.29	1.29
63	姥鲛烷(Pristane)	0.04	0.14	0.06	0.15	0.03	-
64	2,6-二甲基十七烷(2,6-dimethyl-Heptadecane)	-	-	-	-	-	0.83

续表

编号	香味物质	相对百分含量(%)					
		S <sub>1</sub>	S <sub>2</sub>	S <sub>3</sub>	S <sub>4</sub>	S <sub>5</sub>	S <sub>6</sub>
65	2-甲基十七烷(2-Methyl-heptadecane)	-	-	0.02	-	0.01	-
66	3-甲基十七烷(3-Methyl-heptadecane)	-	-	0.02	-	0.02	-
67	1-十八(碳)烯(1-Octadecene)	0.04	0.04	0.05	0.09	0.04	-
68	正十八烷(Octadecane)	0.57	0.47	0.83	1.22	0.63	1.25
69	十九烷(Nonadecane)	-	-	-	0.03	-	-
70	二十烷(Eicosane)	0.10	0.08	0.16	0.21	0.12	-
71	二十一烷(Heneicosane)	-	-	-	-	-	0.23
72	4-甲氧基-2,5-二甲基-3(2H)-呋喃酮 (2,5-Dimethyl-4-methoxy-3(2H)-furanone)	0.11	0.05	0.11	0.19	0.28	-
73	乙酸乙酯(Ethyl acetate)	1.23	4.91	0.13	0.10	0.91	1.36
74	乳酸乙酯(Ethyl lactate)	2.84	1.59	0.42	0.52	0.22	-
75	丁内酯(Butyrolactone)	0.03	-	0.03	0.06	-	-
76	琥珀酸乙酯(Ethyl succinate)	0.59	0.15	0.09	0.40	0.04	-
77	(1-羟基-2,4,4-三甲基戊-3-基)-2-甲基丙酸酯 (2-methyl-Propanoic acid,2,2-dimethyl-1-(2-hydroxy-1-methylethyl)propyl ester)	-	-	-	-	-	1.10
78	2-羟基-3-苯丙酸乙酯(Ethyl 2-hydroxy-3-phenylpropanoate)	0.31	-	0.13	0.10	0.04	-
79	丁酰乳酸丁酯(Butyl butyryllactate)	-	-	-	-	-	4.69
80	异丁基邻苯二甲酸酯(Isobutyl phthalate)	0.11	0.14	0.01	0.04	0.03	-
81	棕榈酸甲酯(Methyl palmitate)	0.02	0.02	0.03	0.04	0.03	-
82	邻苯二甲酸二丁酯(Butyl phthalate)	0.01	-	-	0.01	-	-
83	棕榈酸乙酯(Ethyl palmitate)	0.25	0.18	0.18	0.09	0.05	-
84	棕榈酸异丙酯(Isopropyl Palmitate)	0.03	0.03	0.08	0.15	0.05	-
85	反亚油酸甲酯(Methyl linolealidate)	0.15	0.10	0.06	-	0.03	-
86	油酸乙酯(Ethyl oleate)	0.31	0.21	0.15	0.03	0.10	0.70
87	硬脂酸乙酯(Ethyl stearate)	0.03	0.01	0.01	-	-	-
88	硬脂酸异丙酯(Isopropyl stearate)	-	0.01	0.02	0.02	0.01	-

注：“-”表示未检出。

刺梨鲜果中乙酸乙酯与乳酸乙酯的含量各不相同,乙酸乙酯在高效酒曲(S<sub>2</sub>)中含量最高达4.91%,茅台酒曲(S<sub>1</sub>)次之为1.23%,乳酸乙酯在茅台酒曲(S<sub>1</sub>)中含量最高为2.84%,高效酒曲(S<sub>2</sub>)次之为1.59%,而S<sub>3</sub>、S<sub>4</sub>、S<sub>5</sub>两者含量均低于1.00%。

表2 5种不同酒曲发酵前后刺梨鲜果成分分析(%)

Table 2 Component analysis of 5 kinds of different alcohol fermentation *Rosa roxburghii* component analysis(%)

类别	烃类	醇类	酯类	酸类	醛类
S <sub>1</sub>	3.58	78.46	5.89	7.00	0.31
S <sub>2</sub>	1.39	83.60	7.34	4.13	0.21
S <sub>3</sub>	2.47	89.61	1.34	4.81	0.20
S <sub>4</sub>	5.08	78.96	1.56	6.56	1.26
S <sub>5</sub>	2.44	84.33	1.50	8.90	0.16
S <sub>6</sub>	51.29	2.25	7.84	18.66	3.39

综上所述,刺梨果发酵前主要为烃类物质,而发酵后主要成分为具有特殊香气的醇类物质,转化率分别为67.79%(S<sub>1</sub>)、81.35%(S<sub>2</sub>)、87.36%(S<sub>3</sub>)、71.50%(S<sub>4</sub>)、82.08%(S<sub>5</sub>),其中苯乙醇是刺梨鲜果发酵后的主要香气成分,以S<sub>3</sub>中含量最大,相对含量达到51.29%。5种不同酒曲发酵后的刺梨鲜果与发

酵前对比,发酵后的酸类、醛类、酯类物质种类有所增加,但其含量较发酵前有所降低,均小于10.00%。发酵后的刺梨鲜果中醇类相对含量增加较多的是以根霉菌为主的甜酒曲(S<sub>3</sub>)89.61%,其次是含有根霉菌和酵母菌的曲王(S<sub>5</sub>)84.33%;酯类是以细菌为主的高效酒曲(S<sub>2</sub>)物质种类增加9种(相对含量为7.34%);酸类物质种类增加较多的是以细菌为主的高效酒曲(S<sub>2</sub>)6种,而相对含量较其他酒曲发酵较高的则是以酵母菌、霉菌为主的曲王(S<sub>5</sub>),相对含量为8.90%;醛类虽含量均较低,但主要以酵母菌为主的酵母发酵后的刺梨(S<sub>4</sub>)其相对含量达到1.26%,较其他四种酒曲最高。发酵液中的主要呈香物质为醇类和酯类<sup>[18]</sup>,5种酒曲发酵液中醇类和酯类的物质种类均多于刺梨鲜果,醇类物质的相对含量也远高于刺梨鲜果,其中高效酒曲(S<sub>2</sub>)和甜酒曲(S<sub>3</sub>)中两种物质总相对含量均达到90%以上,较其他三种酒曲高,因此认为较佳发酵刺梨鲜果的酒曲为高效酒曲(S<sub>2</sub>)和甜酒曲(S<sub>3</sub>)。

### 3 结论

5种发酵后的刺梨鲜果较发酵前香味成分不同,如未发酵的刺梨中主要香味物质罗勒烯因易被氧化  
(下转第285页)

中国标准出版社, 2008.

[15] 张亚芬, 张晓辉. 肉品检验中 pH 测定的意义[J]. 吉林农业, 2014, 26(2): 47.

[16] 上海市卫生监督检验所. GB/T 5009.44-2003 肉与肉制品卫生标准的分析方法[S]. 北京: 中国标准出版社, 2003.

[17] 付丽, 孔保华. 一氧化碳在冷却猪肉保鲜中的应用[J]. 食品科技, 2005(8): 82-85.

[18] 中国疾病预防控制中心营养与食品安全所. GB/T 4789.2-2010 食品微生物学检验: 菌落总数测定[S]. 北京: 中国标准出版社, 2010.

[19] 商务部屠宰技术鉴定中心, 临沂新程金锣肉制品有限公司. GB/T 9959.2-2008 分割鲜、冻猪瘦肉[S]. 北京: 中国标准出版社, 2008.

[20] 张馨木. 质构仪测定冷鲜肉新鲜度方法的研究[D]. 长春: 吉林大学, 2012.

[21] Bertram H C, Kristensen M, H Ø, et al. Does oxidation affect the water functionality of myofibrillar proteins? [J]. Journal of Agricultural & Food Chemistry, 2007, 55(6): 2342-2348.

[22] Huang L, Zhao J, Chen Q, et al. Nondestructive measurement of total volatile basic nitrogen (TVB - N) in pork meat by integrating near infrared spectroscopy, computer vision and

(上接第 272 页)

而在发酵后未检测到, 但经过发酵的 5 种刺梨果均产生香味浓烈、持久的新香味物质苯乙醇。同时不同的酒曲发酵的刺梨果可能因酒曲中所含的微生物种类不同, 使新产生的香味成分的种类与相对含量也各不相同, 其中醇类物质相对含量最高为 78.46%~89.61%, 可能糖化的根霉菌对醇类物质的产生影响较大, 因此甜酒曲变化最多; 酯类、酸类和醛类可能均受酵母菌影响较大。因此通过对比 5 种不同酒曲发酵前后的刺梨中新产生的香味物质的含量及种类变化, 甜酒曲(S<sub>3</sub>)和高效酒曲(S<sub>2</sub>)作为发酵刺梨鲜果的酒曲较佳。

### 参考文献

[1] 曾芳芳, 罗自生. 刺梨营养成分的研究进展[J]. 浙江农业科学, 2015, 56(11): 1753-1757.

[2] 张春妮, 周毓, 汪俊军. 刺梨药理研究的新进展[J]. 医学研究生学报, 2005, 18(11): 93-95.

[3] 代甜甜, 李齐激, 南莹, 等. 刺梨抗氧化活性部位的化学成分[J]. 中国实验方剂学杂志, 2015, 21(21): 62-65.

[4] 戴支凯, 余丽梅, 杨小生. 刺梨提取物 (CL) 抗肿瘤作用[J]. 中国中药杂志, 2007, 32(14): 1453-1457.

[5] 唐婧, 苏迪, 徐小蓉, 等. 基于宏基因组学的茅台酒酒曲细菌的多样性分析[J]. 贵州农业科学, 2014, 42(11): 180-183.

[6] 吕磊, 王腾飞, 汤丹丹, 等. 芝麻香型白酒芽孢杆菌培养基的筛选及其产香分析[J]. 酿酒科技, 2014, 35(9): 29-32.

[7] 姚万春, 唐玉明, 任道群, 等. 白酒曲药微生物分离培养基的选择研究[J]. 酿酒, 2011, 38(3): 39-41.

[8] 刘永衡, 华惠敏, 吴桂君, 等. 果酒酵母选育及酵母对香气成分影响的研究进展[J]. 中国酿造, 2013, 32(10): 5-8.

[9] 李永波, 岳文, 邓功成, 等. 甜酒曲中主要的微生物菌群分离及发酵优化[J]. 黔南民族师范学院学报, 2013, 33(10): 102-105.

[10] 吴琼燕, 林捷, 简佩雯, 等. 甜酒药曲理化品质及糯米酒

electronic nose techniques [J]. Food Chemistry, 2014, 145(7): 228.

[23] 赵毓芝, 刘成国, 周玄, 等. 响应面法优化冷鲜肉复合保鲜剂研究[J]. 食品工业科技, 2012, 33(17): 263-269.

[24] Fernández-Pan I, Carrión-Granda X, Maté J L. Antimicrobial efficiency of edible coatings on the preservation of chicken breast fillets[J]. Food Control, 2014, 36(1): 69-75.

[25] Ma L, Xiong Y L. Textural attributes and oxidative stability of pork longissimus muscle injected with marbling-like emulsified lipids[J]. Meat Science, 2011, 89(2): 209-216.

[26] 朱丹实, 吴晓菲, 刘贺, 等. 水分对生鲜肉品质影响[J]. 食品工业科技, 2013, 34(16): 363-366.

[27] Devi K P, Nisha S A, Sakthivel R, et al. Eugenol (an essential oil of clove) acts as an antibacterial agent against Salmonella typhi by disrupting the cellular membrane [J]. Journal of Ethnopharmacology, 2010, 130(1): 107-115.

[28] Lund M N, Heinonen M, Baron C P, et al. Protein oxidation in muscle foods: a review [J]. Molecular Nutrition & Food Research, 2011, 55(1): 83-95.

[29] 胡颖. 温敏型抑菌乳液凝胶的制备及其在冷鲜肉贮藏中的应用[D]. 武汉: 华中农业大学, 2016.

香气成分研究[J]. 食品工业, 2016, 38(12): 130-134.

[11] 李箐, 韩北忠, 陈晶瑜, 等. 优良酿酒酵母菌的发酵性能研究[J]. 中国酿造, 2008, 196(19): 10-12.

[12] 郝莹, 王卫卫, 王莉娟, 等. 陕北传统米酒曲中优势菌种的分离、纯化及鉴定[J]. 检验检疫学刊, 2010, 20(2): 44-47.

[13] 姚敏, 谭书明, 张少才, 等. 刺梨干酒发酵前后有效成分变化[J]. 食品与发酵工业, 2014, 40(10): 123-127.

[14] 姚敏, 谭书明, 徐素云, 等. 刺梨干酒与发酵原汁挥发性风味成分分析[J]. 中国酿造, 2014, 33(8): 144-148.

[15] 香料解析 (二十六): 罗勒烯[J]. 国内外香化信息, 2013(11): 15-17.

[16] 杨波, 杨光, 李代禧, 等. 苯乙醇香精与β-环糊精包合物的制备工艺研究[J]. 食品工业科技, 2007, 28(1): 210-212, 230.

[17] Jiao F, Liu Q, Sun G F, et al. Floral fragrances of *Hemerocallis* L. (daylily) evaluated by headspace solid-phase microextraction with gas chromatography-mass spectrometry [J]. The Journal of Horticultural Science and Biotechnology, 2016, 91(6): 573-581.

[18] 曹雪丹, 李二虎, 方修贵, 等. 蓝莓酒主发酵前后挥发性成分变化的 GC-MS 分析[J]. 食品与发酵工业, 2015, 41(3): 179-184.

[19] 校大伟, 成春雷, 张金, 等. 苯乙醛合成研究进展[J]. 化学试剂, 2008, 30(12): 899-902, 926.

[20] 张玉玉, 宋弋, 李全宏. 食品中糠醛和 5-羟甲基糠醛的产生机理、含量检测及安全性评价研究进展[J]. 食品科学, 2012, 33(5): 275-280.

[21] 何义国, 赵兴秀, 邓静, 等. 白酒中酯类化合物的稳定性研究[J]. 酿酒科技, 2012(12): 34-36.

[22] 延鑫. 气相色谱法测定地方白酒中乙酸乙酯、杂醇油含量[J]. 北京联合大学学报: 自然科学版, 2009, 23(3): 53-56.

[23] 张房宇. 反相高效液相色谱法测定白酒中乙酸乙酯、乳酸乙酯和β-苯乙醇的含量[J]. 酿酒科技, 2008, 29(11): 108-111.