

邓红梅,刘蔓茵,邓云,等.不同贮藏期的番茄酒成分变化规律[J].江苏农业科学,2019,47(14):226-230.  
doi:10.15889/j.issn.1002-1302.2019.14.053

# 不同贮藏期的番茄酒成分变化规律

邓红梅<sup>1</sup>,刘蔓茵<sup>1</sup>,邓云<sup>2</sup>,王颖<sup>3</sup>

(1.广东省岭南特色果蔬加工及应用工程技术研究中心/广东普通高校食品科学创新团队/广东石油化工学院生物与食品工程学院,广东茂名 525000; 2.广东省茂名市食品药品检验所,广东茂名 525000; 3.仲恺农业工程学院轻工食品学院,广东广州 510225)

**摘要:**研究不同贮存时间的番茄酒化学成分变化。采用气相色谱-质谱联用仪(GC-MS)、高效液相色谱法和原子吸收光谱对不同贮存时间番茄酒化学成分含量和种类动态变化进行分析,并以番茄汁为对照。结果表明,随着贮存时间的延长,番茄酒中的醇类、醛酮类物质以及酒石酸、草酰乙酸、琥珀酸含量减少,苹果酸、乳酸与柠檬酸含量增加,酯类、酸类、芳香类物质含量明显增加;草酸和 $\alpha$ -酮戊二酸含量变化不大,金属元素Fe、Cu、Ca、Zn、Na含量增加,而Mg元素含量减少。

**关键词:**番茄酒;气相色谱-质谱联用;高效液相色谱;原子吸收光谱;香气成分;有机酸含量;科学贮藏

**中图分类号:**TS262.7 **文献标志码:**A **文章编号:**1002-1302(2019)14-0226-05

我国是种植番茄的大国,产量仅次于美国,居世界第二。番茄的果肉汁液中含有丰富的碳水化合物、脂肪、蛋白质以及氨基酸、维生素、矿质元素等,其中番茄红素含量更位居各种蔬果之首<sup>[1]</sup>,是大众喜爱的水果型蔬菜<sup>[2]</sup>。但同时又具有易腐烂、含水量高、不易贮藏、不易长途运输的特点<sup>[3]</sup>。关于以番茄为原料酿造番茄酒的研究已有较多报道<sup>[2,4]</sup>,但是番茄酒在贮藏期间各种成分发生了怎样的变化却鲜见研究报道。本试验采用气相色谱-质谱联用仪(GC-MS)、高效液相色谱法(HPLC)、原子吸收光谱法(AAS)研究不同贮藏时期番茄酒香气成分、有机酸、金属元素的含量和种类变化规律,以期对番茄酒工业发展、陈酿和科学贮藏提供一些理论依据。

## 1 材料与方法

### 1.1 材料

番茄购于广东省茂名市超市;2015年和2017年番茄酒均由生物实验室酿造。

仪器:X0-10000D超声波细胞破碎仪(南京先欧仪器制造有限公司);PSPE-16正压固相萃取仪(北京斯珀特科技有限公司);RE-3000旋转蒸发器(上海亚荣生化仪器厂);GCMS-QP2010UITRA气质联用仪(日本岛津公司);Z-2000型原子吸收光谱仪(日本日立公司);LC20AT高效液相色谱仪(日本岛津公司)。

### 1.2 方法

**1.2.1 酿造番茄酒工艺流程** 番茄原料的选择→清洗→搅拌机搅碎→加入50 mg/L果胶酶处理番茄原汁3 h→过滤→

调配→加入0.15 g/L已活化的酵母→发酵15 d→倒罐密封→陈酿→过滤→澄清→装瓶。

**1.2.2 榨取番茄汁试验流程** 番茄原料的选择→清洗→搅拌机搅碎→加入50 mg/L果胶酶处理番茄原汁3 h→过滤→澄清→装瓶。

**1.3 GC-MS对番茄汁和2017、2015年番茄酒中香气成分的测定**

**1.3.1 样品预处理** 将120 mL果汁和2个年份的果酒分别于10 000 r/min、4℃条件下冷冻离心10 min,取澄清液。量取2个年份澄清的番茄酒样品各100 mL,于蒸馏装置内蒸馏出50 mL。分别量取50 mL番茄汁、番茄酒蒸馏样品置于125 mL分液漏斗中,然后依次用30、15、10 mL二氯甲烷进行萃取。将萃取得到的有机相合并后,加入适量无水硫酸钠(除水),静置过夜,过滤后转移至旋转蒸发器中,在45℃条件下浓缩至5 mL左右,用0.22 μm微孔滤膜过滤后装入2 mL样品瓶中,于4℃冰箱保存待测。

**1.3.2 GC-MS分析条件** (1)气相色谱条件。色谱柱:SH-Rxi-5Sil(0.25 μm×30.0 m×0.25 mm);柱箱温度40℃;进样口温度260℃;柱温采用程序升温:40℃保持1 min,以3℃/min升到100℃保持2 min,以5℃/min升到260℃保持5 min;载气为氦气;进样方式:不分流;压力:49.5 kPa;总流量:24.0 mL/min;柱流量1.00 mL/min;线速度36.1 cm/sec;吹扫流量:3.0 mL/min。(2)质谱条件。离子源温度230℃;接口温度250℃;溶剂延迟时间1 min;开始时间2.50 min,结束时间60.00 min;扫描范围:质荷比50~650,离子电离(EI)源,电子能量70 eV;进样量为1 μL<sup>[5]</sup>。

**1.4 HPLC对番茄汁和2015、2017年番茄酒中有机酸的测定**

**1.4.1 样品预处理** 分别量取30 mL番茄汁、2个年份的番茄酒样于10 000 r/min、4℃条件下冷冻离心10 min,取上清液。分别量取番茄汁、2个年份的番茄酒上清液各6 mL注入已用甲醇活化的固相萃取(SPE)C<sub>18</sub>柱中,弃去先流出的液体约2 mL,再收集滤液约2 mL于样品管中,然后过0.22 μm微孔滤膜,收集滤液于2 mL样品瓶中,备用。所有样品与流动

收稿日期:2018-03-17

基金项目:广东省岭南特色果蔬加工关键技术及应用工程技术研究中心项目(编号:粤科函产学研字[2015]1487号);广东普通高校食品科学创新团队项目(编号:2016KCXTD020);广东石油化工学院“教学质量与教学改革工程”建设项目[编号:广油教(2017)19号]。

作者简介:邓红梅(1965—),女,广东茂名人,副教授,从事天然产物提取及农产品加工技术研究。E-mail:dhm005@126.com。

相在上机测定之前都要经过 40 kHz 超声波超声除气 20 min。

1.4.2 分析条件 色谱柱: Thermo C<sub>18</sub> 反相柱 (4.6 m × 2.5 mm, 5 μm); 柱温: 30 ℃; 检测波长: 210 nm; 检测时间: 30 min; A 泵: B 泵 = KH<sub>2</sub>PO<sub>4</sub> 盐溶液: 甲醇 = 97% : 3%; 进样量 20 μL。

1.5 原子吸收光谱法对番茄汁和 2017、2015 年番茄酒中金属元素的测定

1.5.1 样品前处理 采用高氯酸-硝酸混合消解法进行样品前处理, 分别准确吸取 90 mL 番茄汁、2 个年份的番茄酒样于 3 个 150 mL 锥形瓶中, 放置于 100 ℃ 电热板上蒸出乙醇并浓缩至酒样剩下 20 mL。稍微降温后分别加入 4 mL 硝酸与 1 mL 高氯酸于 3 个样品中, 继续加热, 待白烟冒尽, 用少量 0.5% 稀硝酸稀释, 反复冲洗 3 次, 一并倒入 50 mL 容量瓶中, 用 0.5% 稀硝酸定容至刻度, 再稀释 10 倍后待测。同时做试剂空白对照。

1.5.2 仪器工作条件 仪器工作条件见表 1。

表 1 原子吸收光谱仪工作条件

元素	测定波长 (nm)	夹缝宽度 (nm)	灯电流 (mA)	乙炔气流量 (L/min)
铁 (Fe)	248.3	0.2	4	1.8
铜 (Cu)	324.8	0.5	7	2.0
锌 (Zn)	213.9	1.0	6	2.0
钙 (Ca)	422.7	0.2	3	2.2
钠 (Na)	589.0	0.5	6	2.0
镁 (Mg)	202.5	0.5	4	2.0

## 2 结果与分析

### 2.1 番茄汁和 2017、2015 年番茄酒香气成分的变化

新鲜番茄汁、2017 年番茄酒、2015 年番茄酒香气成分的 GC-MS 总离子流色谱见图 1、图 2 和图 3; 通过标准质谱图库 (NIST) 自动检索, 并对检索结果进行人工核对, 用峰面积归一法对各组分进行相对含量分析, 结果见表 2。

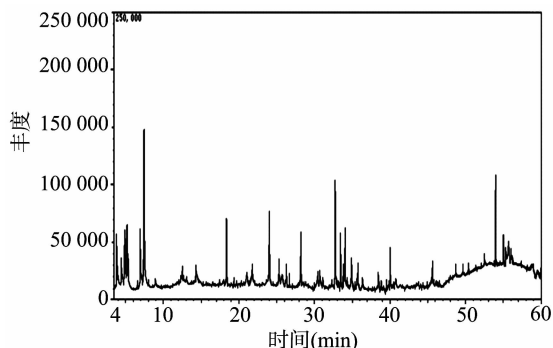


图 1 番茄汁香气成分总离子流

从表 2 可以看出, 从番茄汁中共鉴定出 15 种成分, 包括醇、酯、醛酮、芳香族等 4 类化合物。醇类物质在香气成分中含量最高, 占香气成分总含量的 44.28%, 种类也最多, 共 8 种; 酯类含量在香气成分中占香气成分总含量的 21.14%; 醛酮类含量在香气成分中占香气成分总含量的 26.51%; 芳香族类仅检测出 2,2'-亚甲基双-(4-甲基-6-叔丁基苯酚), 占香气成分总含量的 8.07%。

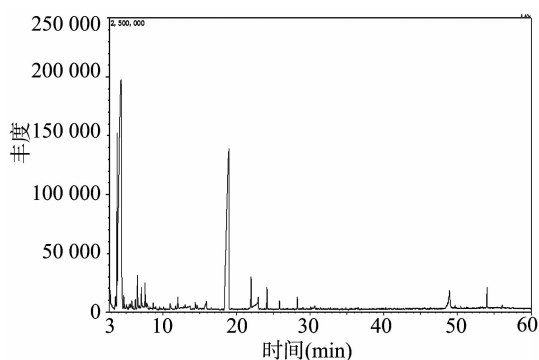


图 2 2017 年番茄酒香气成分总离子流

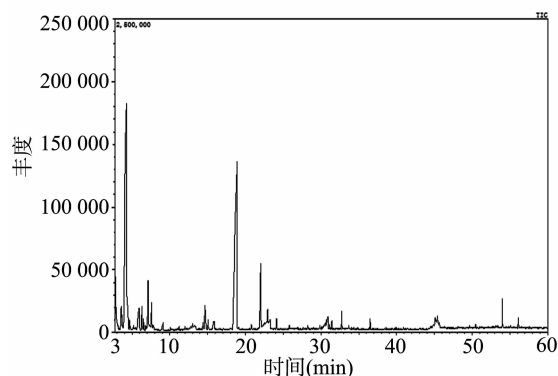


图 3 2015 年番茄酒香气成分总离子流

从 2017 年番茄酒中共鉴定出 34 种成分, 包括醇、酯、酸等 6 类化合物。醇类物质在香气成分中含量最高, 占香气成分总含量的 82.56%, 种类共 10 种; 酯类在香气成分中种类最多, 共 11 种, 其总含量占香气成分总含量的 5.66%; 酸类含量在香气成分中占香气成分总含量的 3.17%; 醛酮类含量在香气成分中占香气成分总含量的 6.13%; 芳香族类仅检测出 2,2'-亚甲基双-(4-甲基-6-叔丁基苯酚), 占香气成分总含量的 0.69%; 其他类化合物占了总含量的 1.79%。

从 2015 年番茄酒中共鉴定出 48 种成分, 包括醇、酯、酸等 5 类化合物。醇类物质在香气成分中含量最高, 占香气成分总含量的 74.84%, 种类共 13 种; 酯类在香气成分中种类最多, 共 16 种, 其总含量占香气成分总含量的 11.21%; 酸类含量在香气成分中占香气成分总含量的 8.89%; 醛酮类含量在香气成分中占香气成分总含量的 2.21%; 芳香类含量占香气成分总含量的 2.85%。

以番茄汁为对照可以看出, 在番茄酒发酵的过程中, 醇类被氧化成醛类, 醛类又被氧化成酸类, 同时醇类也会被酯化, 因此随着陈酿时间的延长, 各类物质都发生了变化。2015 年番茄酒香气成分的含量与种类与 2017 年番茄酒相比的变化为醇类物质含量减少了 7.72 百分点, 种类增加了 3 种。醇类物质对果酒的香型起着重要作用, 是许多果酒中香气成分含量最高的一类物质<sup>[6-7]</sup>。番茄酒中醇类物质中的苯乙醇和 1-戊醇含量非常高, 2017 年番茄酒二者含量分别占香气成分总含量的 28.92% 和 44.67%, 2015 年二者含量分别占香气成分总含量的 31.47% 和 36.62%。苯乙醇和 1-戊醇是许多果酒中含量较高的 2 种醇类物质。苯乙醇具有玫瑰香气, 而 1-戊醇具有白兰地香气和特有的辛辣味, 二者对酒总体香气的形成具有重要的作用<sup>[8-9]</sup>。酯类物质含量增加了 5.55

表 2 番茄汁、2017 年番茄酒与 2015 年番茄酒香气成分分析结果

类别	序号	化合物名称	化学式	相对含量(%)		
				2015 年番茄酒	2017 年番茄酒	番茄汁
醇类化合物	1	异戊醇	C <sub>5</sub> H <sub>12</sub> O	—	—	2.27
	2	1-戊醇	C <sub>5</sub> H <sub>12</sub> O	36.62	44.67	1.18
	3	顺-2-戊烯-1-醇	C <sub>5</sub> H <sub>10</sub> O	0.07	0.07	—
	4	2-甲基巴豆醇	C <sub>5</sub> H <sub>10</sub> O	0.08	—	—
	5	2-甲基-1-丁醇	C <sub>5</sub> H <sub>12</sub> O	—	4.54	1.42
	6	1-甲基-3-吡咯烷醇	C <sub>5</sub> H <sub>11</sub> NO	0.16	—	—
	7	1,1-二甲氧基-2-丙醇	C <sub>5</sub> H <sub>12</sub> O <sub>3</sub>	0.86	—	—
	8	3-乙氧基丙醇	C <sub>5</sub> H <sub>12</sub> O <sub>2</sub>	—	1.88	—
	9	2-乙基己醇	C <sub>8</sub> H <sub>18</sub> O	—	—	0.59
	10	反-3-己烯醇	C <sub>6</sub> H <sub>12</sub> O	0.13	—	—
	11	叶醇	C <sub>6</sub> H <sub>12</sub> O	3.14	1.12	7.34
	12	2-甲基-3-戊醇	C <sub>6</sub> H <sub>14</sub> O	0.05	—	—
	13	反式-2-己烯-1-醇	C <sub>6</sub> H <sub>12</sub> O	—	—	2.79
	14	正己醇	C <sub>6</sub> H <sub>14</sub> O	—	—	21.23
	15	3-甲基-1-戊醇	C <sub>6</sub> H <sub>14</sub> O	0.16	—	—
	16	1,2,3-丁三醇	C <sub>4</sub> H <sub>10</sub> O <sub>3</sub>	0.09	0.31	—
	17	3-甲硫基丙醇	C <sub>4</sub> H <sub>10</sub> OS	—	0.65	—
	18	苻醇	C <sub>7</sub> H <sub>8</sub> O	1.90	0.31	—
	19	苯乙醇	C <sub>8</sub> H <sub>10</sub> O	31.47	28.92	7.46
	20	芳樟醇	C <sub>10</sub> H <sub>18</sub> O	0.11	—	—
	21	4,5-二甲基-2-庚烯-3-醇	C <sub>9</sub> H <sub>18</sub> O	—	0.09	—
酯类化合物	1	2-羟乙基甲酸酯	C <sub>3</sub> H <sub>6</sub> O <sub>3</sub>	0.52	—	—
	2	4-羟基丁酸乙酯	C <sub>4</sub> H <sub>8</sub> O <sub>3</sub>	0.58	—	—
	3	乙酸丁酯	C <sub>6</sub> H <sub>12</sub> O <sub>2</sub>	—	0.17	—
	4	3-甲氧基丙酸甲酯	C <sub>5</sub> H <sub>10</sub> O <sub>3</sub>	—	0.44	—
	5	甲酸异丁酯	C <sub>5</sub> H <sub>10</sub> O <sub>2</sub>	0.12	—	—
	6	甲酸异戊酯	C <sub>6</sub> H <sub>12</sub> O <sub>2</sub>	0.24	—	—
	7	3-羟基丁酸乙酯	C <sub>6</sub> H <sub>12</sub> O <sub>3</sub>	0.11	0.14	—
	8	2,2-二甲基-1-丙醇醋酸酯	C <sub>7</sub> H <sub>14</sub> O <sub>2</sub>	0.30	0.38	19.64
	9	乙酸异戊酯	C <sub>7</sub> H <sub>14</sub> O <sub>2</sub>	—	0.36	—
	10	甲酸己酯	C <sub>7</sub> H <sub>14</sub> O <sub>2</sub>	1.20	1.15	—
	11	丁二酸二乙酯	C <sub>8</sub> H <sub>14</sub> O <sub>4</sub>	5.22	1.56	—
	12	己酸乙酯	C <sub>8</sub> H <sub>16</sub> O <sub>2</sub>	0.37	0.34	—
	13	丙位壬内酯	C <sub>9</sub> H <sub>16</sub> O <sub>2</sub>	—	0.12	—
	14	辛酸乙酯	C <sub>10</sub> H <sub>20</sub> O <sub>2</sub>	1.23	0.69	—
	15	7-辛烯酸乙酯	C <sub>10</sub> H <sub>18</sub> O <sub>2</sub>	0.17	—	—
	16	辛酸乙烯酯	C <sub>10</sub> H <sub>18</sub> O <sub>2</sub>	—	—	1.50
	17	乙酸苯乙酯	C <sub>10</sub> H <sub>12</sub> O <sub>2</sub>	—	0.31	—
	18	8-壬酸乙酯	C <sub>11</sub> H <sub>20</sub> O <sub>2</sub>	0.35	—	—
	19	乙基-9-癸烯酸酯	C <sub>12</sub> H <sub>22</sub> O <sub>2</sub>	0.17	—	—
	20	癸酸乙酯	C <sub>12</sub> H <sub>24</sub> O <sub>2</sub>	0.28	—	—
	21	2,2-二甲基丙酸-2-苯基乙酯	C <sub>13</sub> H <sub>18</sub> O <sub>2</sub>	0.24	—	—
	22	棕榈酸乙酯	C <sub>18</sub> H <sub>36</sub> O <sub>2</sub>	0.11	—	—
酸类化合物	1	2,3-二羟基丙酸	C <sub>3</sub> H <sub>6</sub> O <sub>4</sub>	1.63	0.44	—
	2	2-甲基丁酸	C <sub>5</sub> H <sub>10</sub> O <sub>2</sub>	0.10	—	—
	3	己酸	C <sub>6</sub> H <sub>12</sub> O <sub>2</sub>	—	0.74	—
	4	2,2-二甲基-3-羟基丙酸	C <sub>5</sub> H <sub>10</sub> O <sub>3</sub>	0.14	—	—
	5	反式-3-己烯酸	C <sub>6</sub> H <sub>10</sub> O <sub>2</sub>	0.11	—	—
	6	己酸	C <sub>6</sub> H <sub>12</sub> O <sub>2</sub>	1.21	—	—
	7	庚酸	C <sub>7</sub> H <sub>14</sub> O <sub>2</sub>	0.27	0.13	—
	8	辛酸	C <sub>8</sub> H <sub>16</sub> O <sub>2</sub>	2.97	1.66	—
	9	叔丁酯-3-羟基丁酸	C <sub>8</sub> H <sub>16</sub> O <sub>3</sub>	0.53	—	—
	10	9-癸烯酸	C <sub>10</sub> H <sub>18</sub> O <sub>2</sub>	0.79	—	—

续表 2

类别	序号	化合物名称	化学式	相对含量(%)		
				2015 年番茄酒	2017 年番茄酒	番茄汁
醛酮类化合物	11	癸酸	C <sub>10</sub> H <sub>20</sub> O <sub>2</sub>	1.06	0.20	—
	12	月桂酸	C <sub>12</sub> H <sub>24</sub> O <sub>2</sub>	0.08	—	—
	1	糠醛	C <sub>5</sub> H <sub>4</sub> O <sub>2</sub>	1.36	0.34	—
	2	苯甲醛	C <sub>7</sub> H <sub>6</sub> O	0.18	—	—
	3	4-羟基环己酮	C <sub>6</sub> H <sub>10</sub> O <sub>2</sub>	0.07	—	—
	4	苯乙醛	C <sub>8</sub> H <sub>8</sub> O	0.60	—	—
	5	5-羟基-2-戊酮	C <sub>5</sub> H <sub>10</sub> O <sub>2</sub>	—	0.20	—
	6	二乙醇缩乙醛	C <sub>6</sub> H <sub>14</sub> O <sub>2</sub>	—	4.90	—
	7	甲基庚烯酮	C <sub>8</sub> H <sub>14</sub> O	—	0.10	—
	8	4-羟基-3-甲基苯乙酮	C <sub>9</sub> H <sub>10</sub> O <sub>2</sub>	—	0.59	—
	9	己醛	C <sub>6</sub> H <sub>12</sub> O	—	—	3.42
	10	2-羟基-4-甲基苯甲醛	C <sub>8</sub> H <sub>8</sub> O <sub>2</sub>	—	—	12.58
芳香族化合物	11	4-羟基-3-甲基苯乙酮	C <sub>9</sub> H <sub>10</sub> O <sub>2</sub>	—	—	5.70
	12	4-羟基-3-甲氧基苯乙酮	C <sub>9</sub> H <sub>10</sub> O <sub>3</sub>	—	—	4.81
	1	4-甲氧基苯酚	C <sub>7</sub> H <sub>8</sub> O <sub>2</sub>	0.10	—	—
	2	右旋萜二烯	C <sub>10</sub> H <sub>16</sub>	0.47	—	—
其他	3	4-乙烯基-2-甲氧基苯酚	C <sub>9</sub> H <sub>10</sub> O <sub>2</sub>	0.19	—	—
	4	2,2'-亚甲基双-(4-甲基-6-叔丁基苯酚)	C <sub>23</sub> H <sub>32</sub> O <sub>2</sub>	2.09	0.69	8.07
其他	1	1-氟己烷	C <sub>6</sub> H <sub>13</sub> F	—	0.20	—
	2	2,3-二氢苯并呋喃	C <sub>8</sub> H <sub>8</sub> O	—	1.59	—

注:表中“—”表示无此化合物。

百分点,种类增加了 5 种。酯类物质是番茄酒主要的呈香物质,如辛酸乙酯有玫瑰、橙子的花果香;癸酸乙酯有葡萄酒香气<sup>[10]</sup>;甲酸己酯、己酸乙酯、甲酸异丁酯和甲酸异戊酯均有水果香味;棕榈酸乙酯呈微弱蜡香、果爵和奶油香气,因此酒越陈越香。

2.2 番茄汁和 2017 年、2015 年番茄酒有机酸含量的变化  
由表 3 可知,8 种有机酸的决定系数  $r^2 > 0.999$ ,相对标

准偏差为 0.96% ~ 2.74%,表明此测定方法较为可靠。由表 4 可知,样品中有机酸总含量随贮藏时间的延长逐渐增加,表明发酵过程中有机酸的增加是与发酵同步的。2017 年番茄酒和 2015 年番茄酒总酸量相差不明显,但比新鲜番茄汁中总酸量明显增加,说明果汁在发酵成果酒的过程中有机酸含量大量增加。2 种年份的番茄酒中总酸量相差不明显,可能是由于发酵已经结束,有机酸的总量基本达到平衡。

表 3 各有机酸的线性关系与精密度( $n=5$ )试验结果

有机酸	回归方程	$r^2$	线性范围 (mg/L)	保留时间 (min)	相对标准偏差 (%)
草酸	$y = 27\,491x + 732.48$	0.999 8	1 ~ 100	2.889	1.03
酒石酸	$y = 2\,736.6x + 19\,810$	0.999 7	5 ~ 500	3.249	1.19
苹果酸	$y = 362.92x + 7\,434.4$	0.999 9	100 ~ 1 000	4.03	0.96
草酰乙酸	$y = 3\,042.7x + 38\,678$	0.999 8	5 ~ 500	4.087	2.74
$\alpha$ -酮戊二酸	$y = 13\,033x + 24\,437$	0.999 9	5 ~ 500	4.541	1.78
乳酸	$y = 1\,197.8x + 49\,643$	0.999 5	15 ~ 1 500	4.839	2.21
柠檬酸	$y = 1\,452.6x + 33\,644$	0.999 8	15 ~ 1 500	6.44	1.33
琥珀酸	$y = 762.97x + 2\,525.7$	0.999 9	1 ~ 100	8.312	1.43

表 4 样品中有机酸的质量浓度

样品	有机酸质量浓度(g/L)								合计 (g/L)
	草酸	酒石酸	苹果酸	草酰乙酸	$\alpha$ -酮戊二酸	乳酸	柠檬酸	琥珀酸	
番茄汁	0.25	1.27	1.63	0.10	0.24	3.06	1.29	0.42	8.26
2017 年番茄酒	0.06	4.68	0.12	1.03	0.74	9.79	0.20	2.59	19.21
2015 年番茄酒	0.07	2.34	2.42	0.34	0.78	10.66	1.71	1.75	20.07

番茄酒中的有机酸一部分来自于原料,另一部分可由发酵过程中酵母代谢产生。苹果酸具有较大的酸度,但却有柔和的风味;酒石酸稍有涩感、酸味强烈;琥珀酸味道较浓,既苦

又咸,能引起唾液的分泌,最具有味觉特征,可使酒的味道浓重,增加醇厚感。有机酸含量高低可影响番茄酒的口味、风味和色泽的平衡,最终影响番茄酒的品质<sup>[11]</sup>。

2017 年与 2015 年番茄酒中草酸和  $\alpha$ -酮戊二酸含量变化不大;苹果酸、乳酸与柠檬酸含量随贮藏时间的延长而增加,说明这 3 种酸在贮藏过程中会持续产生;酒石酸、草酰乙酸与琥珀酸含量随贮藏时间的延长而减少,可能是因为这 3 种有机酸在陈酿的过程中会被逐渐消耗<sup>[12]</sup>。

2.3 番茄汁和 2017 年、2015 年番茄酒金属元素含量的变化

根据各元素的标准曲线回归方程,计算番茄酒样品中的 6 种金属离子含量。从表 5 可以看出,除 Mg 元素外,番茄酒中的金属元素含量比番茄汁中均有所增加。番茄酒中大部分金属元素含量随贮存时间的延长而增加,只有 Mg 元素含量随贮存时间的延长而减少。所测得的数据表明,番茄汁和番茄酒中各种微量元素含量符合国家标准。

表 5 番茄汁、2017 年番茄酒与 2015 年番茄酒中各金属元素含量

元素名称	含量 (mg/L)			
	番茄汁	2017 年番茄酒	2015 年番茄酒	国家标准
Fe	0.67	1.00	1.22	≤8.00
Cu	0.06	0.11	0.17	≤1.00
Zn	1.33	1.72	3.22	<4.00
Ca	3.44	4.39	9.33	
Na	6.39	6.94	9.78	
Mg	8.56	8.50	7.00	

番茄酒中的金属有 2 个主要来源。首先,天然来源是番茄种植的土壤。金属通过根进入番茄,成为番茄酒中存在的大部分离子。其次,来源于人类活动,如栽培方法、酿酒过程、环境污染和化学品的使用等<sup>[13]</sup>。

酒类的贮存时间越长,酸度越高,金属元素溶出量越多。番茄酒在陈酿阶段金属元素含量有所增加,其原因可能与酒中酸度的增大有关。酒体中发生的各种化学反应均离不开金属元素的催化作用,在金属元素的催化作用下,醇类被转化成酸类,进而导致容器中溶入的金属元素含量增加。部分金属元素含量下降可能主要与酿酒罐有关,随着番茄酒陈酿期的延长,罐体的吸附能力和透气性能受到影响,酒体与罐体表面的接触相对减弱,进而影响酒中金属元素的融入;此外部分金属元素与酒中有机物质形成沉淀,进而使金属离子含量减少<sup>[14]</sup>。

3 结论

无论在番茄汁还是番茄酒香气成分中,醇类物质含量最高。在番茄酒香气成分中,醇类物质最主要是 1-戊醇和苯乙醇,而酯类物质种类最多,二者是番茄酒特有芳香的主要贡献者;而番茄汁中香气成分种类相对较少,最主要的香气成分是正己醇。与 2017 年番茄酒香气成分含量相比,2015 年番茄酒中醇类、醛酮类物质含量减少,酯类、酸类、芳香类物质含量增加;香气成分的种类变化为醇类、酯类、酸类、芳香族物质种类增加,醛酮类物质种类减少。陈酿期间香气成分的种类和含量发生变化,逐渐形成拥有典型香气的番茄酒。

番茄汁经发酵后有机酸含量大量增加,番茄酒有机酸总含量随贮藏时间延长逐渐增加。与 2017 年番茄酒中有机酸含量相比,2015 年番茄酒中草酸和  $\alpha$ -酮戊二酸含量变化不大;苹果酸、乳酸与柠檬酸随贮藏时间的延长含量增加;酒石酸、草酰乙酸与琥珀酸随贮藏时间的延长含量减少。

与 2017 年番茄酒中金属元素含量相比,2015 年番茄酒中大部分金属元素的含量随贮存时间的延长而增加,只有 Mg 元素含量随贮存时间的延长而减少。所测得数据表明,番茄

汁和番茄酒中各种微量元素含量符合国家标准。

参考文献:

[1]王彦华. 番茄果实维生素 C 含量 QTL 定位及种质资源筛选[D]. 哈尔滨:东北农业大学,2014.

[2]梁晓华,张文文,徐成东,等. 不同酿造工艺番茄酒的对比研究[J]. 广东农业科学,2016,43(10):117-122.

[3]刘殿锋,吴春昊,朱学文,等. 番茄酒香气成分的气相色谱-质谱分析[J]. 酿酒科技,2016(2):104-106.

[4]刘殿锋,朱学文,张志轩,等. 番茄酒发酵工艺研究[J]. 食品科学,2009,30(12):293-296.

[5]颜振敏,程娇娇,冯俊旗,等. 四五老窖白酒香气成分的 GC-MS 分析及主要香气成分测定[J]. 湖北农业科学,2015,54(22):5722-5725.

[6]李 华,王 华,刘拉平,等. 爱格丽白葡萄酒香气成分的 GC/MS 分析[J]. 中国农业科学,2005,38(6):1250-1254.

[7]凌育赵,刘经亮. 柿子果酒香气成分的 GC/MS 分析[J]. 现代食品科技,2011,27(12):1530-1532.

[8]刘殿锋,郭培军,武模戈,等. 番茄米酒香气成分的 GC-MS 分析[J]. 食品科技,2013,38(10):289-291,296.

[9]邓红梅,古华龙,邓 云,等. 葡萄皮渣酿造葡萄醋过程中化学成分动态变化分析[J]. 食品工业科技,2017,38(12):146-150.

[10]Deng H M, Wang C, Xiao H N, et al. Preparation and chemical characterization of banana/orange composite wine[J]. Journal of Bioresources and Bioproducts,2016,1(2):74-79.

[11]杜庆爽,朱靖博,丁 燕,等. 枣酒发酵过程中成分变化规律研究[J]. 食品科技,2014,39(6):71-75.

[12]黄彦君. 啤酒发酵过程有机酸代谢特征变化规律的研究[J]. 酿酒,2009,36(6):53-55.

[13]韩 深,梁娜娜,孔维恒,等. 赤霞珠葡萄酒中矿质元素的品种特点及其在产地鉴别中的应用[J]. 中国酿造,2014,33(12):34-41.

[14]井维鑫,马秀平,王 兰,等. 不同贮存期汾酒中金属元素的含量变化[J]. 食品与发酵工业,2013,39(11):33-38.