

河源南高丛蓝莓酒酒精发酵前后挥发性成分变化

吴继军^{1,2*}, 肖更生¹, 徐玉娟¹, 陈卫东¹, 余元善¹, 张友胜²

(1. 广东省农业科学院蚕业与农产品加工研究所, 广州 510610; 2. 广东宝桑园健康食品有限公司, 广州 510610)

摘要: **目的** 明确广东河源地区南高丛蓝莓特征风味成分以及蓝莓发酵后香挥发性成分变化规律。**方法** 采用顶空固相微萃取-气质联用法分析了河源南高丛蓝莓的风味成分, 以及发酵成蓝莓酒后的风味成分变化。**结果** 河源南高丛蓝莓主要风味成分为柠檬烯以及其他烯烃、醛类等物质, 发酵成蓝莓酒后主要特征风味成分为乙酸乙酯、辛酸乙酯等酯类和醇类物质。**结论** 河源南高丛蓝莓在挥发性成分上与以往报道的温带地区蓝莓有一定的区别, 蓝莓发酵成蓝莓酒后烯烃、醛类物质显著减少或消失, 而酯类和醇类显著增加, 同时生成了长链烷烃和脂肪酸酯类物质。

关键词: 蓝莓; 果汁; 果酒; 气质联用; 风味

Aroma compounds of southern high-bush blueberry in Heyuan area before and after alcohol fermentation

WU Ji-Jun^{1,2*}, XIAO Geng-Sheng¹, XU Yu-Juan¹, CHEN Wei-Dong¹,
YU Yuan-Shan¹, ZHANG You-Sheng²

(1. Sericultural and Agri-food Processing Research Institute, Guangdong Academy of Agricultural Sciences, Guangzhou 510610, China; 2. Guangdong Bosun Health Food Co. Ltd., Guangzhou 510610, China)

ABSTRACT: Objective To determine the key aroma compounds of southern high-bush blueberry varieties in Heyuan area and analyze the aroma compounds before and after alcohol fermentation. **Methods** By solid-phase microextraction and gas chromatograph-mass spectrometer-computer (GC-MS), the flavor components of Heyuan high-bush blueberry before and after alcohol fermentation were analyzed. **Results** The main aroma components of Heyuan southern high-bush blueberry were *d*-limonene and other kinds of alkenes and aldehydes. The main aroma components of blueberry wine were ethyl acetate, octanoic acid ethyl ester and other kinds of ester and alcohols. **Conclusion** There are some different aroma compounds between blueberry in Heyuan area and northern area. After blueberry fermented into blueberry drink olefins, aldehydes were significantly reduced or disappeared, and esters, alcohols, some long chain alkane and fatty acid esters increased significantly.

KEY WORDS: blueberry; fruit juice; fruit wine; gas chromatography-mass spectrometer-computer; aroma

基金项目: 广州市珠江科技新星项目(2011J2200020)、“十二五”国家科技支撑计划项目(2012BAD31B03)、农业部公益性行业科研专项(201303073)

Fund: Supported by Guangzhou Zhujiang River Science and Technology Star Project (2011J2200020), Key Projects in the National Science & Technology Pillar Program during the Twelfth Five-year Plan Period (2012BAD31B03), and Project of Special Fund for Agro-scientific Research in the Public Interest (201303073)

*通讯作者: 吴继军, 研究员, 主要研究方向为果蔬加工, 食品科学与工程。E-mail: wujijun@126.com

*Corresponding author: WU Ji-Jun, Professor, Sericultural and Agri-food Processing Research Institute, Guangdong Academy of Agricultural Sciences, No. 133, Dongguanhuang Yiheng Road, Tianhe District, Guangzhou 510610, China. E-mail: wujijun@126.com

1 引言

蓝莓, 又称笃斯、越橘, 为杜鹃花科越橘属野生落叶灌木, 其果实为浆果, 成熟后为蓝紫色, 球形或椭圆形, 果皮有白霜。蓝莓原产于北美和欧洲^[1], 目前已商业化栽培和开发, 据联合国粮农组织统计数据, 2012年美国蓝莓产量21.47万吨, 居全球首位。我国种植蓝莓有一定的优势, 据我国土壤资源普查统计, 适宜栽培蓝莓的酸性土壤区域在1亿公顷以上。我国东北地区率先大面积种植蓝莓, 目前山东青岛等地也在大力推广蓝莓, 蓝莓产业发展十分迅猛。南部的广东河源灯塔盆地已成功引种蓝莓, 面积达5000亩以上。

蓝莓花青素、果胶、膳食纤维等成分含量较高, 具有保护视力、保护毛细血管、抗氧化、抑制血小板凝固、预防血栓、增强关节及软组织功能、抗尿路感染、延缓衰老、提高记忆力、清除自由基、预防癌症等功能^[2-4]。其主要功能成分为花青素、单宁及酚类物质^[5-6]。同时蓝莓风味浓郁, 果肉多汁, 酸甜可口, 适合加工果露酒等产品^[7]。但目前关于蓝莓风味的研究大多针对温带地区产地的蓝莓。Parliment^[8]报道蓝莓汁的六种主要特征风味成分包括: 正己醇, 正庚醇, 反式-2-己烯醛, 乙酸乙酯, 乙酸里哪醇, d-柠檬烯, 郭琳^[9]综述了蓝莓的挥发性成分, 主要包括: 己醛、顺-2-己烯醛、己醇、反-2-己烯醇、顺-3-己烯醇、 α -萜品醇、芳樟醇和乙酸乙酯、异戊酸乙酯、柠檬烯等。地处南亚热带地区河源的蓝莓于近年引种成功, 对其挥发性风味成分研究尚无报道, 其挥发性成分与温带地区蓝莓是否有区别还不清楚, 蓝莓果酒发酵后香型有明显的变化, 究竟是哪些成分发生了变化, 目前还不清楚。针对这一问题, 本文开展了相关研究。

2 材料与方法

2.1 材料与仪器

蓝莓, 产自广东省河源市船塘镇河源茂青农业公司蓝莓基地, 南高丛蓝莓(*Vaccinium corymbosum*, L.)。

蓝莓可溶性固形物含量10.5%, 可滴定酸0.67 g/L。

破碎机(无锡赫普公司 HOP-L5); 碟式离心机(南京绿洲公司 400 型); 气-质联用仪(美国 Agilent

6890/5975)。

2.2 蓝莓酒制备方法

按照本实验室优化的蓝莓酒工艺进行: 蓝莓经粗破碎后采用4600 r/min 碟式离心机离心分离得到蓝莓原汁, 蓝莓原汁添加12%蔗糖后, 添加0.5 g/L 安琪葡萄酒干酵母在28℃条件下发酵10 d后20℃贮藏20 d, 经超滤得到蓝莓酒。

2.3 顶空固相微萃取挥发性成分提取条件

将100 μ m 聚二甲基硅氧烷(PDMS)萃取头插入GC/MS进样口中, 于280℃老化1 h。在萃取前取8 mL 蓝莓汁放置在15 mL 密封顶空样品瓶中, 插入萃取头, 于45℃下顶空萃取30 min。将萃取头迅速插入GC/MS进样口, 于270℃解析3 min, 启动仪器采集数据。

2.4 气相色谱-质谱测定

2.4.1 色谱条件

色谱柱: HP-5MS 弹性毛细管柱 25 m $\times$ 0.22 mm $\times$ 0.33 μ m; 升温程序: 初始温度35℃, 保持6 min, 以5℃/min升至150℃, 保持2 min; 以10℃/min升至250℃, 保持3 min; 汽化温度: 280℃; 载气(He)流量1 mL/min。

2.4.2 质谱条件

电子轰击(EI)离子源; 离子源温度250℃; 电子能量: 70 eV; 接口温度: 280℃; 质量扫描范围 m/z 10~450; 溶剂延迟为0 min。

2.5 数据分析

通过MSD ChemStation D.03.00.611 化学工作站数据处理系统, 检索Nist2005 谱图库, 匹配度大于70%的予以保留, 再结合保留指数及根据谱图来确定未知化合物, 本实验以测定的保留指数与文献差异1%为检索尺度。确认其化学成分, 通过化学工作站数据处理系统, 按面积归一化法进行定量分析, 计算出各成分的相对百分含量。

3 结果与分析

采用固相微萃取-气质联用对蓝莓原汁和蓝莓酒进行检测, 蓝莓汁和蓝莓酒的总离子流图如图1和图2所示。总离子流图蓝莓汁总峰面积 2.991×10^9 , 蓝莓酒总峰面积 5.434×10^9 。对成分进行解析, 其成分及相对百分含量如表1所示。

根据 Nist 数据库检索结合文献保留指数检索, 从表 1 可见蓝莓原汁中检出成分 35 种, 其中柠檬烯为主要香气成分, 占总峰面积的 54.679%, 乙醇含量较高, 可能由于蓝莓果采摘、榨汁过程中有轻微的酒精发酵, 蓝莓原汁中含有 2-己烯醛、己醛、壬醛、癸醛等醛类物质以及 1-乙基-3-亚甲基-环戊烯、2,6,6-三甲基双环[3.1.1]庚-2-烯-2-炔等烯烃, 还有一些酯类、醇类物质。

蓝莓酒中检出成分 61 种, 除乙醇外, 含量较高的为乙酸乙酯、3-甲基丁醇、辛酸乙酯、2,3-丁二醇、苯乙醇、2-甲基丁醇、癸酸乙酯、棕榈酸乙酯、2,3-丁二醇、2,4,5-三甲基-1,3-二氧戊烷、己酸乙酯、豆蔻酸乙酯、3,7-二甲基-1,6-辛二烯-3-醇、同时检出了肉豆蔻酸乙酯、十五碳酸乙酯、棕榈酸甲酯、E-11-

十六碳烯酸乙酯、棕榈酸乙酯、十八碳-9-烯酸、亚油酸乙酯、油酸乙酯、硬脂酸乙酯等高级脂肪酸酯。

4 结论与讨论

蓝莓汁发酵成蓝莓酒后成分有显著变化, 主要表现在柠檬烯、1-乙基-3-亚甲基-环戊烯、2,6,6-三甲基双环[3.1.1]庚-2-烯-2-炔等烯、己醛、庚醛、辛醛等醛类含量减少或消失, 而乙酸乙酯、辛酸乙酯、癸酸乙酯、辛酸乙酯、3-甲基丁醇、己酸乙酯等酯类及 3-甲基丁醇、2,3-丁二醇、苯乙醇、2-甲基丁醇、2,3-丁二醇、3,7-二甲基-1,6-辛二烯-3-醇等醇类增加。这一结果可能是由于蓝莓发酵过程中发生的氧化反应和酯化反应引起。蓝莓酒中生成了长链烷烃和脂肪酸酯类物质, 可能是由酵母发酵后产生的菌体所产生。

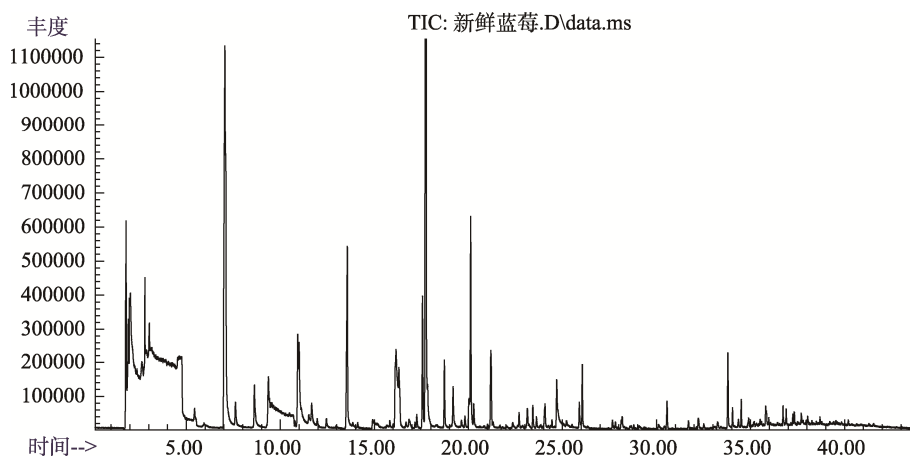


图 1 蓝莓汁的气质联用色谱总离子流图
Fig. 1 Total ion chromatogram of blueberry juice

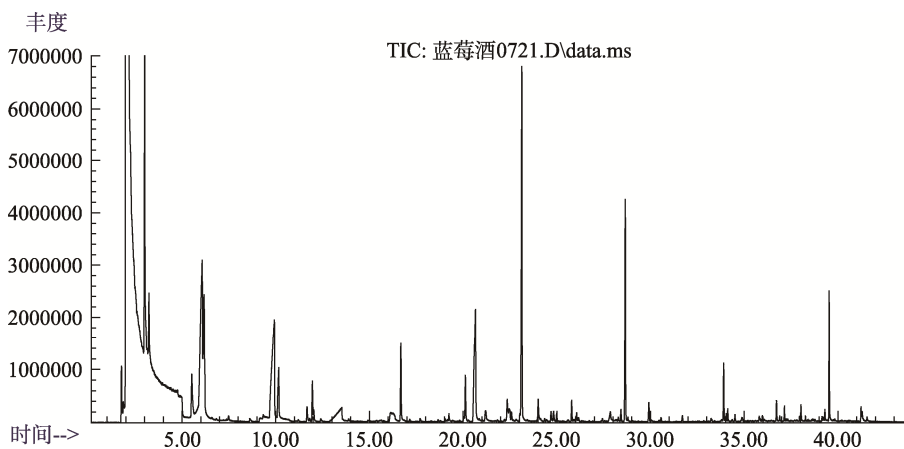


图 2 蓝莓酒的气质联用色谱总离子流图
Fig. 2 Total ion chromatogram of blueberry wine

表 1 蓝莓汁和蓝莓酒的风味成分及相对含量
Table 1 Aroma compounds of blueberry juice and wine

保留时间 (min)	保留指数	化合物名称	蓝莓汁面积百 分比(%)	蓝莓酒面积百 分比(%)	CAS 编号
2.108	490	乙醇	18.812	64.903	000064-17-5
3.008	595	乙酸乙酯 ^[10,11]	-	6.436	000141-78-6
5.526	685	2,4,5-三甲基-1,3-二氧戊烷	-	0.808	003299-32-9
5.676	691	乙酸	0.344	0.022	000064-19-7
6.076	705	3-甲基丁醇	-	5.190	000123-51-3
6.178	712	2-甲基丁醇	-	2.624	000137-32-6
7.619	805	3-甲基丁酸甲酯	1.036	-	000556-24-1
8.617	825	丙二醇	-	0.059	000057-55-6
8.622	825	己醛	2.345	-	000066-25-1
9.932	851	2,3-丁二醇	-	3.931	000513-85-9
10.784	868	2-甲基丁酸乙酯	0.152	-	007452-79-1
10.93	871	2-己烯醛 ^[12]	3.900	-	000505-57-7
10.998	872	戊酸乙酯 ^[13]	4.657	-	000539-82-2
11.519	882	1-乙烯基-3-亚甲基-环戊烯	0.756	-	061142-07-2
11.675	885	1-丁醇	1.421	0.190	000071-36-3
11.962	891	乙酸-3-甲基-1-丁酯	-	0.441	000123-92-2
12.03	892	乙酸-2-甲基-1-丁酯	-	0.144	000624-41-9
12.415	900	苯乙烯 ^[14]	-	0.050	000100-42-5
13.534	924	2-羟基丙酸	-	0.414	000079-33-4
13.569	924	甲氧基苯基肼	8.549	-	1000222-86-6
14.119	936	2,6,6-三甲基双环[3.1.1]庚-2-烯 2-蒎烯	0.155	-	002437-95-8
16.68	990	己酸乙酯 ^[15]	0.243	0.798	000123-66-0
17.254	1010	乙酸-2-己烯酯 ^[16]	0.520	-	002497-18-9
17.152	1006	乙酸己酯 ^[17]	0.189	0.022	000142-92-7
17.712	1026	D-柠檬烯 ^[18]	54.679	0.036	005989-27-5
19.051	1073	甲氧基乙酸-3-甲基丁酯	-	0.028	1000282-41-1
19.63	1093	3,7,7-三甲基-二环[4.1.0]庚-2-烯	0.155	-	000554-61-0
19.815	1099	2-壬酮	0.411	-	000821-55-6
20.122	1100	3,7-二甲基-1,6-辛二烯-3-醇 ^[19]	7.564	0.512	000078-70-6
20.282	1106	壬醛 ^[20]	0.801	-	000124-19-6
20.657	1120	苯乙醇 ^[21]	-	2.677	000060-12-8
22.356	1184	苯甲酸乙酯	-	0.358	000093-89-0
22.585	1193	琥珀酸二乙酯	-	0.116	000123-25-1
22.692	1197	4-甲基-1-异丙基-3-环己烯-1-醇	0.554	-	000562-74-3
23.033	1210	2-羟基苯甲酸乙酯	-	0.077	000119-36-8
23.135	1213	辛酸乙酯 ^[22]	-	4.027	000106-32-1
23.14	1214	α,α -4-三甲基-3-环己烯-1-甲醇	0.951	-	000098-55-5
23.428	1223	癸醛 ^[23]	0.766	-	000112-31-2
24.007	1242	(R)-3,7-二甲基-6-辛烯-1-醇	-	0.309	001117-61-9
24.353	1254	1,7,7-三甲基-降冰片烯	-	0.028	000464-17-5

续表 1

保留时间 (min)	保留指数	化合物名称	蓝莓汁面积百 分比(%)	蓝莓酒面积百 分比(%)	CAS 编号
24.693	1265	(E)-3,7-二甲基-2,6-辛二烯-1-醇 ^[24]	2.932	0.120	000106-24-1
24.83	1269	2-甲基-苯甲胺	-	0.125	000089-93-0
24.859	1270	(E)-3,7-二甲基-2,6-辛二烯-1-醇	0.131	-	000106-24-1
24.995	1275	1-甲基-4-(异丙基亚基)-环己烯	-	0.082	000586-62-9
25.209	1282	(Z)-3,7-二甲基-2,6-辛二烯醛	0.204	-	000106-26-3
25.896	1304	2-十一酮	0.958	0.024	000112-12-9
25.954	1306	壬酸乙酯 ^[25]	-	0.024	000123-29-5
26.169	1313	2-十一醇	-	0.054	001653-30-1
27.434	1355	苯丙酸乙酯	-	0.045	002021-28-5
27.551	1359	丁香油酚	-	0.019	000097-53-0
27.863	1369	癸酸	-	0.254	000334-48-5
28.286	1383	(E)-1-(2,6,6-三甲基-1,3-环己二烯-1-基)-2-丁烯 -1-酮	-	0.067	023726-93-4
28.423	1388	9-癸烯酸乙酯	-	0.133	067233-91-4
28.652	1395	癸酸乙酯 ^[26]	-	2.237	000110-38-3
28.798	1400	十四烷	-	0.064	000629-59-4
30.039	1443	辛酸-3-甲基丁酯	-	0.026	002035-99-6
31.699	1500	十五烷	0.291	0.089	000629-62-9
33.233	1565	(E)-3,7,11-三甲基-1,6,10-十二碳三烯-3-醇	0.326	0.037	040716-66-3
33.798	1590	邻苯二甲酸二乙酯	2.451	0.040	000084-66-2
33.905	1594	豆蔻酸乙酯	-	0.517	000106-33-2
34.041	1600	十六烷	0.518	0.070	000544-76-3
34.898	1653	2,6,10-三甲基-十五烷	0.394	-	003892-00-0
34.874	1652	十五碳酸-3-甲基丁酯	-	0.048	002306-91-4
35.799	1710	十七烷	0.509	0.038	000629-78-7
35.843	1712	2,6,10,14-四甲基-十六烷	0.446	0.026	000638-36-8
36.066	1726	(Z,E)-3,7,11-三甲基-2,6,10-十二碳三烯-1-醇	-	0.030	003790-71-4
37.147	1794	肉豆蔻酸乙酯	-	0.108	000124-06-1
37.245	1800	十八烷	-	0.016	000593-45-3
37.25	1801	二十烷	0.260	-	000112-95-8
37.327	1808	2,6,10,14-四甲基-十六烷	0.430	-	000638-36-8
38.029	1880	邻苯二甲酸辛基丁基酯	-	0.136	000084-78-6
38.403	1918	十五碳酸乙酯	-	0.014	041114-00-5
38.778	1956	棕榈酸甲酯	-	0.016	000112-39-0
39.153	1995	邻苯二甲酸二丁酯	-	0.041	000084-74-2
39.304	2010	E-11-十六碳烯酸 乙酯	-	0.097	1000245-71-9
39.533	2033	棕榈酸乙酯	-	0.910	000628-97-7
40.643	2147	十八碳-9-烯酸	-	0.006	1000190-13-7
41.237	2207	亚油酸乙酯	-	0.124	000544-35-4
41.295	2213	油酸乙酯	-	0.128	000111-62-6
41.553	2239	硬脂酸乙酯	-	0.034	000111-61-5

注: -表示未检出。

张春雨^[27]分析山东省威海市越橘品种园蓝莓香气成分,发现高丛越橘中共检测出13种特征香气成分,按贡献大小依次为紫罗兰酮、2-甲基丁酸乙酯、丁酸乙酯、大马酮、*D*-柠檬烯等,而本研究中*D*-柠檬烯含量较高,检出了(E)-1-(2,6,6-三甲基-1,3-环己二烯-1-基)-2-丁烯-1-酮,其分子结构与紫罗兰酮相似,酯类中也检出了2-甲基丁酸乙酯,同时还检出了戊酸乙酯、3-甲基丁酸甲酯。本实验中蓝莓挥发成分中2-己烯醛、己醛含量较高。以上结果可见地处南亚热带河源蓝莓与其他温带蓝莓风味存在一定区别,可能与蓝莓品种及南北方气候、土壤差异有关。

参考文献

- [1] Prior RL, Cao G, Martin A, *et al.* Antioxidant capacity as influenced by total phenolic and anthocyanin content, maturity, and variety of *Vaccinium* species [J]. *J Agric Food Chem*, 1998, 46, 26: 86–2693.
- [2] Vrhovsek U, Masuero D, Palmieri L, *et al.* Identification and quantification of flavonol glycosides in cultivated blueberry cultivars [J]. *J Food Compos Anal*, 2012, 25, 9–16.
- [3] 王姗姗, 孙爱东, 李淑燕. 蓝莓的保健功能及其开发应用[J]. *中国食物与营养*, 2010, 6: 17–20.
Wang SS, Sun AD, LI SY. Advancement of health function of blueberry and its utilization [J]. *Food Nut China*, 2010, 6: 17–20.
- [4] 胡雅馨, 李京, 惠伯棣, 等. 蓝莓果实中主要营养及花青素成分的研究[J]. *食品科学*, 2006, 27, 10: 600–3.
Hu YX, Li J, Hui BL, *et al.* Study on major nutrition and anthocyanins of blueberry [J]. *Food Sci*, 2006, 27, 10: 600–3.
- [5] Smith MAL, Marley KA, Seigler D, *et al.* Bioactive properties of wild blueberry fruits [J]. *J Food Sci*, 2000, 65: 352–6.
- [6] Seeram NP. Berry fruits: compositional elements, biochemical activities, and the impact of their intake on human health, performance, and disease [J]. *J Agric Food Chem*, 2008, 56: 627–629.
- [7] 方堃, 陆胜民, 夏其乐, 等. 蓝莓露酒主要成分变化及浸提条件优化[J]. *食品安全质量检测学报*, 2013, 4(6): 1769–77.
Fang K, Lu SM, Xia QL, *et al.* Optimizing of main composition changes and extraction conditions of blueberry juice wine [J]. *J Food Safe Qual*, 2013, 4(6): 1769–77.
- [8] Parliment TH, Kolor MG. Identification of the major volatile components of blueberry. *J Food Sci* 1975, 40:762–3.
- [9] 郭琳, 于泽源, 李兴国. 几种小浆果挥发性成分研究概述[J]. *园艺学报*, 2008, 35(4): 611–617.
- [10] Guo L, Yu XY, Li XG. The composition and affecting factors of volatile in small berry [J]. *Acta Horti Sinica*, 2008, 35(4): 611–617.
- [11] 徐玉娟, 肖更生, 廖森泰, 等. SPME/GC-MS 分析荔枝汁中的挥发性化合物[J]. *食品科学*, 2008, 29(7): 366–369.
Xu YJ, Xiao GS, Liao ST, *et al.* Determination of aroma compounds in “Feizixiao” litchi using headspace solid phase micro-extraction and GC-MS [J]. *Food Sci*, 2008, 29(7): 366–369.
- [12] Larráyoz P, Addis M, Gauch R, *et al.* Comparison of dynamic headspace and simultaneous distillation extraction techniques used for the analysis of the volatile components in three European PDO ewes milk cheeses [J]. *Int Dairy J*, 2001, 11: 911–926.
- [13] Parker JK, Hassell GME, Mottram DS, *et al.* Sensory and instrumental analyses of volatiles generated during the extrusion cooking of oat flours [J]. *J Agric Food Chem*, 2000, 48: 3497–3506.
- [14] Ashes JR, Haken JK. Gas chromatography of homologous esters VI Structure-retention increments of aliphatic esters [J]. *J Chromatogr*, 1974, 101: 103–123.
- [15] García C, Martín A, Timón ML, *et al.* Microbial populations and volatile compounds in the 'bone taint' spoilage of dry cured ham [J]. *Lett Appl Microbiol*, 2000, 30: 61–66.
- [16] Pino J, Almora K, Marbot R. Volatile components of papaya (*Carica papaya* L., maradol variety) fruit [J]. *Flavour Fragr J*, 2003, 18: 492–496.
- [17] Ruther J. Retention index database for identification of general green leaf volatiles in plants coupled capillary gas chromatography-mass spectrometry [J]. *J Chromatogr A*, 2000, 890: 313–319.
- [18] Beaulieu JC, Grimm CC. Identification of volatile compounds in cantaloupe at various developmental stages using solid phase microextraction [J]. *J Agric Food Chem*, 2001, 49: 1345–1352.
- [19] Kim TH, Lee SM, Kim YS, *et al.* Aroma dilution method using GC injector split ratio for volatile compounds extracted by headspace solid phase microextraction [J]. *Food Chem*, 2003, 83: 151–158.
- [20] Bicchì C, Frattini C, Nano GM, *et al.* On column injection-dual channel analysis of essential oils [J]. *J Hi Re Chromatogr Chromatogr Comm*, 1988, 11: 56–60.
- [21] Adams RP. Systematics of smooth leaf margin *Juniperus* of the western hemisphere based on leaf essential oils and RAPD DNA fingerprinting [J]. *Biochem Syst Ecol*, 2000, 28: 149–162.

- [21] Lee DS, Kim NS. Identification of fragrances from chestnut blossom by gas chromatography-ion trap mass spectrometry [J]. Bull Korean Chem Soc, 2002, 23(11): 1647–1650.
- [22] Korhonen IOO. Gas-liquid chromatographic analyses: XLIII, Retention increments for 2-chloro-, 2,2-dichloro- and 2,2,2-trichloroethyl esters of aliphatic C₂-C₂₀ n-alkanoic acids on SE-30 and OV-351 capillary columns [J]. J Chromatogr, 1985: 329: 43–56.
- [23] Ramarathnam N, Rubin LJ, Diosady LL. Studies on meat flavor . 4. Fractionation, characterization, and quantitation of volatiles from uncured and cured beef and chicken [J]. J Agric Food Chem, 1993, 41(6): 939–945.
- [24] Viña A, Murillo E. Essential oil composition from twelve varieties of basil (*Ocimum* spp) grown in Columbia [J]. J Braz Chem Soc, 2003, 14(5): 744–749.
- [25] Buttery RG, Xu C, Ling LC. Volatile components of wheat leaves (and stems): Possible insect attractants [J]. J Agric Food Chem, 1985, 33(1): 115–117.
- [26] Moio L, Dekimpe J, Etievant P, *et al.* Neutral volatile compounds in the raw milks from different species [J]. J Dairy Res, 1993, 60(2): 199–213.
- [27] 张春雨, 李亚东, 陈学森, 等. 高丛越橘果实香气成分的 GC/MS 分析[J]. 园艺学报, 2009, 36(2): 187–194.
- Zhang CY, Li YD, Chen XS, *et al.* GC/MS analysis of volatile components in highbush blueberry cultivars [J]. Acta Horti Sinica, 2009, 36(2): 187–194.

(责任编辑: 杨翠娜)

作者简介



吴继军, 硕士, 研究员, 主要研究方向为果蔬加工, 食品科学与工程。
E-mail: wujijun@126.com