

SO₂处理对新疆3种葡萄香气成分的影响

林江丽, 朱亚娟, 王金霞, 王吉德*

(石油天然气精细化工教育部(自治区)重点实验室, 新疆大学化学化工学院, 新疆 乌鲁木齐 830046)

摘要: 采后SO₂处理对新疆“无核白”、“木纳格”和“红提”3种葡萄果实香气成分的影响。选4-壬醇做内标, 采用顶空固相微萃取-气相色谱-质谱联用技术对SO₂处理前3种葡萄成熟果实的香气成分进行定性和定量分析, 同时考察了添加焦亚硫酸钠对“无核白”葡萄香气成分的影响及采后不同贮藏时间SO₂处理对3种葡萄果实香气成分的影响。结果表明, 3种葡萄中分别鉴定出40、38、37种香气成分, 其中C₆醛(即己醛和E-2-己烯醛)在3种葡萄中的含量相对较高; 添加焦亚硫酸钠对“无核白”葡萄中的C₆醛含量影响较大, 其他成分含量变化不大; 采后SO₂处理3种葡萄果实香气成分中的C₆醛的含量均随着贮藏时间的延长而逐渐降低。

关键词: 顶空固相微萃取-气相色谱-质谱联用技术; 葡萄; 香气成分; SO₂

Effect of SO₂ Treatment on Aroma Components of Berries of Three Grape Varieties Grown in Xinjiang

LIN Jiangli, ZHU Yajuan, WANG Jinxia, WANG Jide*

(Key Laboratory of Oil and Gas Fine Chemicals, Ministry of Education and Xinjiang Uygur Autonomous Region, College of Chemistry and Chemical Engineering, Xinjiang University, Ürümqi 830046, China)

Abstract: The effect of slow-release SO₂ preservative treatment during postharvest storage on aroma components of white seedless, Munage and Red Globe grapes from Xinjiang was studied by headspace solid-phase micro-extraction combined with gas chromatography-mass spectrometry (HS-SPME-GC-MS). The contents of aroma components were calculated by internal standard method using 4-nonanol as the internal standard. We also investigated the changes in aroma components of white seedless grapes caused by treatment with sodium metabisulfite and the changes in aroma components of this variety and two others at different storage times. The results showed that 40, 38, and 37 aroma compounds were identified in white seedless, Munage and Red Globe grapes, respectively with hexanal and E-2-hexenal as the dominant ones in all these varieties. While seedless grapes treated with sodium metabisulfite markedly affected the contents of hexanal and E-2-hexenal but exhibited little effect on other components. The contents of hexanal and E-2-hexenal decreased with prolonging storage time in all three varieties with postharvest treatment with SO₂ preservative.

Key words: headspace solid-phase micro-extraction combined with gas chromatography-mass spectrometry (HS-SPME-GC-MS); grapes; aromatic components; SO₂

DOI:10.7506/spkx1002-6630-201606020

中图分类号: TS207.3

文献标志码: A

文章编号: 1002-6630(2016)06-0116-05

引文格式:

林江丽, 朱亚娟, 王金霞, 等. SO₂处理对新疆3种葡萄香气成分的影响[J]. 食品科学, 2016, 37(6): 116-120. DOI:10.7506/spkx1002-6630-201606020. <http://www.spkx.net.cn>

LIN Jiangli, ZHU Yajuan, WANG Jinxia, et al. Effect of SO₂ treatment on aroma components of berries of three grape varieties grown in Xinjiang[J]. Food Science, 2016, 37(6): 116-120. (in Chinese with English abstract) DOI:10.7506/spkx1002-6630-201606020. <http://www.spkx.net.cn>

香气成分的含量和种类是许多商品(如葡萄酒、饮料和茶叶等)品质评价的重要参数^[1]。鲜食葡萄中的香气成分是构成和影响葡萄风味和感官品质的主要物质,

对葡萄酒的感官品质也有重要的影响^[2-3]。目前, 通过对水果的香气成分的研究可进行水果的品种鉴定和品质评价^[4], 因此, 相关食品香气成分的研究已引起人们的广

收稿日期: 2015-07-09

基金项目: 国家自然科学基金地区科学基金项目(31160341)

作者简介: 林江丽(1975—), 女, 高级实验师, 博士, 研究方向为农产品中活性组分的分析检测。E-mail: linjiangli@xju.edu.cn

*通信作者: 王吉德(1958—), 男, 教授, 博士, 研究方向为应用化学。E-mail: xjuwangjd@163.com

©1994-2018 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved. <http://www.cnki.net>

泛关注^[5-8]。近几年,国内外对葡萄及葡萄酒香气成分的研究较多^[9-10],发现葡萄的主要香气成分有羰基化合物、醇、酯及单萜等^[11-13]。而羰基化合物中的C₆醛(即己醛和E-2-己烯醛)在香气成分中含量较大,对鲜食葡萄的风味和品质有重要的影响^[14]。同时,鲜食葡萄采后运输贮藏过程中易受机械损伤及病原菌的浸染,为了延长其货架期,常采用SO₂缓释型保鲜剂辅以低温对其进行贮存保鲜^[15],但添加的SO₂易与香气成分中的羰基化合物发生化学反应^[16],这不仅会增加SO₂的残留量,而且直接影响采后贮藏鲜食葡萄的风味和品质。目前,国内外关于SO₂处理对鲜食葡萄香气成分影响的相关研究报道较少。

本研究通过采用灵敏度更高的顶空固相微萃取-气相色谱-质谱(headspace solid-phase micro-extraction with gas chromatography-mass spectrometry, HS-SPME-GC-MS)联用技术对SO₂处理前新疆3种葡萄香气成分进行分析检测,同时考察添加焦亚硫酸钠对“无核白”葡萄香气成分的影响及不同贮藏时间SO₂处理对3种葡萄香气成分的影响,旨在对积累在食品中不同SO₂残留态的相关研究及采后贮藏鲜食葡萄的品质评价提供理论参考。

1 材料与方法

1.1 材料与试剂

供试材料于2014年分别采自新疆昌吉三坪农场葡萄种植园农村合作社3 a生“红提”葡萄和新疆吐鲁番托克逊县葡萄种植园农村合作社3 a生“木纳格”和“无核白”葡萄。“红提”和“木纳格”的采收时间为9月15日,“无核白”为8月22日。选取长势一致,大小及颜色均匀、成熟度一致的无任何机械损伤和病原菌侵染的果实各200 kg。以感官分析为基础,辅以果色决定果实成熟期,采后立即带回实验室进行可溶性固形物的分析检测后立即放入冷库(0℃)预冷24 h,放入SO₂缓释型保鲜剂于冷库中贮藏。“红提”葡萄可溶性固形物含量为20.6 g/100 mL,“木纳格”葡萄可溶性固形物含量为19.2 g/100 mL,“无核白”葡萄可溶性固形物含量为20.0 g/100 mL。采后立刻进行SO₂处理前果实香气成分的测定。

SO₂缓释型保鲜剂 新疆格瑞德股份有限公司;其活性成分为含量94.0%的焦亚硫酸盐,按其使用说明针对不同品种葡萄的添加量进行操作,每张SO₂缓释型保鲜纸分别可处理8 kg“红提”葡萄、10 kg“木纳格”葡萄、12 kg“无核白”葡萄。在SO₂处理过程中,3种葡萄果实分别于7、15 d和23 d平行3份均各采样100 g进行香气成分的分析检测。

4-壬醇标准品、正己醛标准品、E-2-己烯醛标准品百灵威科技有限公司;氯化钠、氯化钙均为国产分析纯;甲醇为国产色谱纯。

1.2 仪器与设备

DF-101S型恒温水浴锅 昆山市超声仪器有限公司;QP2010型GC-MS联用仪 日本Shimadzu公司;AL204型电子天平 梅特勒-托利多仪器有限公司;手动SPME进样器;50/30 μm二乙基苯/碳分子筛/聚二甲基硅氧烷(divinylbenzene/carboxen/polydimethylsiloxane, DVB/CAR/PDMS)萃取头 美国Supelco公司。

1.3 方法

1.3.1 葡萄样品中香气成分的提取

采样前先将萃取头插入GC-MS的进样口中,于250℃活化并进行空白表面热解吸,直至无色谱峰出现。去籽后的葡萄果肉利用榨汁机制备果浆备用,每份10.0 g葡萄果浆转移到30 mL的顶空瓶内,迅速加入一定量的氯化钠(使挥发性成分被充分萃取)、一定量氯化钙(抑制褐变反应)和25.0 μL(0.006 7 g/L 4-壬醇的甲醇溶液)内标物加盖密封,置于50℃恒温水浴中磁力搅拌,待样液与其上部气体平衡10 min后,将SPME装置的不锈钢针头穿过隔垫,露出萃取头,置于顶空瓶中葡萄样品上方3 cm处静态吸附10 min,将纤维头缩回不锈钢针头,立即插入GC进样口后,露出纤维头,250℃热解吸5 min。不分流进样。

1.3.2 香气成分提取条件的优化

为了有效地提取葡萄样品中的香气成分,依据文献[17-19]报道,分别对香气成分提取的平衡时间(10、20、30、40、50 min)、吸附温度(30、40、50、60、70℃)、吸附时间(10、20、30、40、50 min)及热解吸时间(1、3、5、7、10 min)提取条件进行优化。

1.3.3 GC-MS条件

GC条件:色谱柱 RTX-5 毛细管柱(30 m×0.25 mm, 10 μm);程序升温:初温70℃保持1 min,以10℃/min升至150℃,保持1 min,5℃/min升至230℃,保持6 min;进样口温度250℃;载气(He)流速1.0 mL/min。不分流进样,萃取头在进样口于250℃条件下脱附5 min。

MS条件:电子电离源;离子源温度200℃;接口温度250℃;电子能量70 eV;溶剂延迟时间1 min;扫描速率1 scan/s,质量扫描范围m/z 35~450。经气相色谱-质谱-计算机联用技术检测得到3种葡萄浆果的香气成分。各组分质谱经质谱数据库NIST 11s.LIB和Wiley 7.LIB检索及资料分析,确认其香气成分,选4-壬醇作为内标物,采用内标法对香气成分进行定量分析,每个样品平行测定3次。

2 结果与分析

2.1 香气成分提取条件的优化

据文献[19-20]报道,DVB/CAR/PDMS纤维头可对

水果样品中大多数香气化合物进行有效提取。因此选择DVB/CAR/PDMS纤维头对葡萄样品中的香气成分进行提取。

由于葡萄的香气成分主要有羰基化合物、醇、酯、单萜等，SO₂处理对香气成分中的羰基化合物的影响较大，因此，平衡时间、吸附温度、吸附时间及热解吸时间的优化主要考虑对葡萄香气成分中羰基化合物的提取效率。从图1可以看出，葡萄样品平衡时间10 min、吸附温度50℃、吸附时间10 min、热解吸时间5 min时，香气成分总峰面积均达到最大值。因此以此提取条件作为最佳条件进行后续实验。

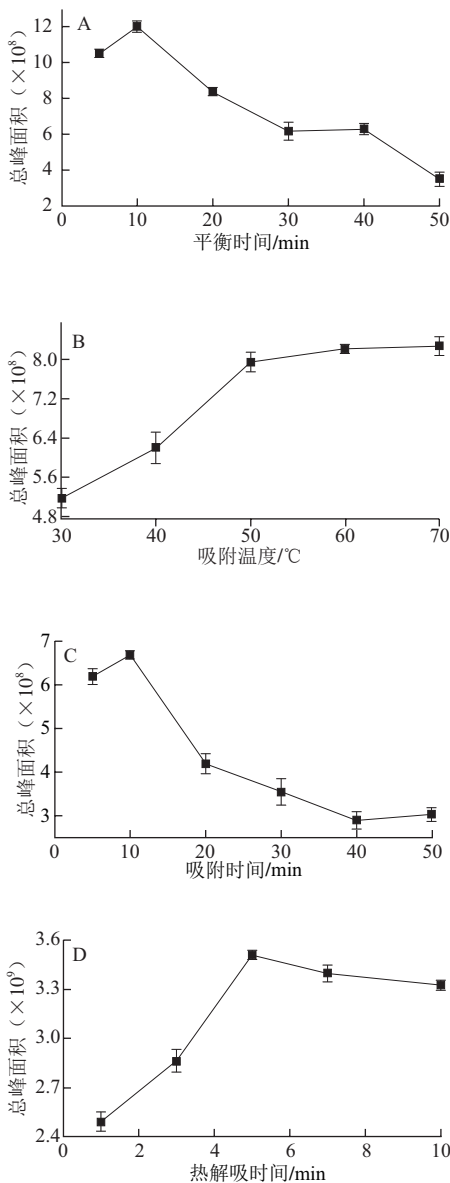


图1 平衡时间(A)、吸附温度(B)、吸附时间(C)及热解吸时间(D)对香气成分总峰面积的影响

Fig.1 Effect of equilibration time (A), absorption temperature (B), absorption time (C) and thermal desorption time (D) on the sum of the peak areas of aroma components

2.2 葡萄样品香气成分分析

表1 不同葡萄品种果实香气成分分析
Table 1 Analysis of aroma components in different grape varieties

保留时间/min	化合物	平均含量/($\mu\text{g/kg}$)		
		“无核白”	“木纳格”	“红提”
1.074	月桂烯	20.54	50.28	ND
3.125	2-辛烯醛	80.36	60.39	ND
3.445	4-壬酮	53.01	ND	ND
3.615	5-癸酮	44.80	ND	ND
4.040	苯甲醛	ND	56.68	ND
4.137	芳樟醇甲酯	ND	205.64	105.63
4.180	3-辛醇	ND	ND	12.65
4.290	芳樟醇	ND	ND	204.95
4.384	<i>n</i> -壬醛	48.87	ND	83.44
4.615	4-辛醇	20.34	ND	ND
4.860	9-十七醇	39.71	ND	ND
5.130	己醛	201.10	188.35	444.71
5.577	2-壬烯醛	18.19	ND	ND
6.320	α -松油醇	6.85	30.06	ND
6.465	2-丁烯	3.72	ND	ND
6.585	2-癸醛	23.67	ND	30.04
6.729	2,4-壬二烯醛	30.52	ND	ND
7.020	金合欢醇	3.33	ND	44.09
7.575	2-癸烯醛	18.98	ND	ND
7.715	癸烷-3,5-二酮	22.11	ND	ND
7.929	紫罗兰酮	4.30	ND	ND
8.251	<i>E</i> -2-己烯醛	179.97	125.03	396.82
8.376	1-己醇	1.17	96.30	ND
8.520	香茅醇	5.28	ND	ND
8.975	橙花醇	10.17	10.38	203.50
9.055	4-庚烯-1-醇	2.54	ND	ND
9.210	2-丁烯-1-酮	2.35	10.91	20.83
9.280	<i>E</i> -2-己烯-1-醇	11.15	2.10	ND
9.365	己酸乙酯	5.09	ND	ND
9.489	糠醛	ND	65.72	30.52
9.565	β -大马酮	18.39	ND	276.66
9.842	香叶醇	ND	8.78	ND
10.780	香叶基丙酮	2.74	3.99	16.47
10.995	芳樟醇呋喃氧化物	7.04	68.90	171.52
11.080	戊酸乙酯	73.16	213.62	477.25
11.385	丁二酸二乙酯	ND	2.93	ND
11.553	己酸甲酯	3.33	45.23	125.01
11.838	3-羟基丁酸乙酯	2.54	9.84	117.74
11.920	2,3-二甲基丙烯酸乙酯	ND	75.82	11.63
12.075	2-戊炔甲酸乙酯	ND	8.51	10.17
12.173	1-辛烯-3-醇	ND	ND	42.64
12.368	己酸乙酯	2.15	7.71	28.59
12.791	噻吩	8.40	88.32	236.45
13.467	乙酸苯乙酯	ND	12.50	ND
13.766	十六烷	6.85	35.12	71.71
13.991	2-乙基己醇	ND	6.12	10.66
14.297	己酸异丙酯	21.13	58.79	120.16
15.210	反-2-辛烯醛	ND	5.05	10.17
15.597	糠酸乙酯	1.37	7.71	25.20
15.805	十七烷	4.50	29.26	40.22
15.880	十五烷	1.17	7.71	11.63
16.119	壬醛	ND	4.26	10.17
17.277	苯甲酸乙酯	ND	5.05	24.23
17.435	4-癸烯酸	11.35	45.49	127.43
17.836	十八烷	ND	6.92	ND
17.861	二十一烷	ND	ND	7.75
18.777	甲基苯甲酸乙酯	1.56	8.51	32.95
19.265	戊二酸二乙酯	ND	ND	11.14
21.780	癸酸乙酯	ND	42.03	17.93
23.256	2,4-二癸烯酸乙酯	ND	31.13	15.99

注: ND.未检出。

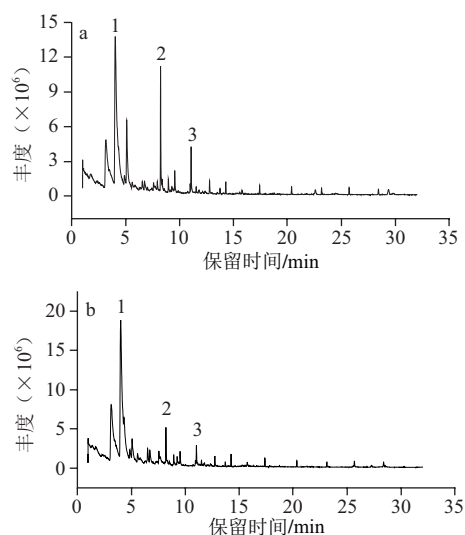
利用优化后的SPME条件对新疆3种葡萄(“无核白”、“木纳格”和“红提”)香气成分进行提取,热解吸后采用GC-MS对提取的香气成分进行分析,结果见表1。“无核白”葡萄检出香气成分40种,除了戊酸乙酯(73.16 $\mu\text{g/kg}$)含量较高外,己醛(201.10 $\mu\text{g/kg}$)、*E*-2-己烯醛(179.97 $\mu\text{g/kg}$)等羰基化合物含量较高。

“木纳格”葡萄检出香气成分38种,其中芳樟醇甲酯(205.64 $\mu\text{g/kg}$)、2,3-二甲基丙烯酸乙酯(75.82 $\mu\text{g/kg}$)、戊酸乙酯(213.62 $\mu\text{g/kg}$)、芳樟醇呋喃氧化物(68.90 $\mu\text{g/kg}$)等化合物的含量较高外,己醛(188.35 $\mu\text{g/kg}$)、*E*-2-己烯醛(125.03 $\mu\text{g/kg}$)的含量也比较高。“红提”葡萄样品检出香气成分37种,芳樟醇甲酯(105.63 $\mu\text{g/kg}$)、戊酸乙酯(477.25 $\mu\text{g/kg}$)、芳樟醇呋喃氧化物(171.52 $\mu\text{g/kg}$)、己酸异丙酯(120.16 $\mu\text{g/kg}$)、己酸甲酯(125.01 $\mu\text{g/kg}$)等化合物的含量较高外,己醛(444.71 $\mu\text{g/kg}$)、*E*-2-己烯醛(396.82 $\mu\text{g/kg}$)的含量也较高。该结果充分说明,优化后的SPME的香气提取条件可对葡萄果实香气化合物中的羰基化合物进行有效的提取,同时也可看出,葡萄品种不同,产地不同及栽培技术不同,香气成分的种类和含量也不相同^[21-24]。3种葡萄样品中,己醛和*E*-2-己烯醛的总含量分别占羰基化合物总量的51.04% (“无核白”)、60.69% (“木纳格”)和63.76% (“红提”),是香气成分中主要的羰基化合物,在鲜食葡萄采收后贮藏中 SO_2 处理对其含量影响较大。

2.3 SO_2 处理对新疆3种葡萄香气成分的影响

鲜食葡萄采收后贮藏中添加的 SO_2 易与香气成分中的羰基化合物发生化学反应,这不仅使 SO_2 的积累量增加,而且对鲜食葡萄的风味和品质产生重要的影响。本实验利用优化后的提取条件,分别对添加、未添加焦亚硫酸钠的“无核白”葡萄果浆(图2)及经 SO_2 缓释型保鲜剂处理的不同贮藏时间的“无核白”、“木纳格”及“红提”3种葡萄果浆的香气成分进行HS-SPME-GC-MS分析,考察 SO_2 处理对葡萄香气成分的影响。如图2、3所示,添加亚硫酸盐或 SO_2 对香气成分中的 C_6 醛(即己醛和*E*-2-己烯醛)的含量影响较大,对葡萄果浆中的其他香气成分影响不大。

另外,从己醛和*E*-2-己烯醛分子结构分析,这2种化合物易与亚硫酸盐发生化学反应,这与上述实验结果相一致。从图2可以看出,添加焦亚硫酸钠使“无核白”葡萄样品中的己醛和*E*-2-己烯醛的含量急剧减小,说明焦亚硫酸钠与己醛和*E*-2-己烯醛发生了化学反应。从图3也可以看出, SO_2 处理的不同贮藏时间3种葡萄浆果中的己醛和*E*-2-己烯醛的含量均随贮藏时间的延长而逐渐减小,说明葡萄香气成分中的己醛和*E*-2-己烯醛在贮藏过程中与 SO_2 发生了化学反应,葡萄香气成分逐渐减少,葡萄的风味和品质有所下降。



a.未添加;b.添加;1.内标;2.己醛;3.*E*-2-己烯醛。

图2 添加、未添加焦亚硫酸钠“无核白”葡萄果实香气成分的GC-MS总离子流色谱图

Fig.2 GC-MS total ion chromatograms of aromatic components of white seedless grape treated and not treated with sodium metabisulfite

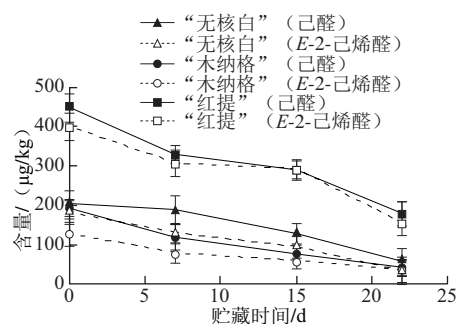


图3 不同贮藏时间葡萄果实中己醛和*E*-2-己烯醛含量的变化

Fig.3 Contents of hexanal and 2-hexenal in table grapes at different storage times

3 结论

葡萄的香气成分直接影响鲜食葡萄的风味和感官品质, C_6 醛(即己醛和*E*-2-己烯醛)是香气成分中主要的羰基化合物。采收后 SO_2 处理对新疆3种葡萄香气成分中的己醛和*E*-2-己烯醛的含量影响较大,己醛和*E*-2-己烯醛的含量均随贮藏时间的延长而逐渐减少,由此推断贮藏过程中亚硫酸盐或 SO_2 与葡萄香气成分中的己醛和*E*-2-己烯醛发生了化学反应,该研究可对采收后贮藏水果中 SO_2 的残留态的相关研究及采收鲜食葡萄的品质评价提供一定的参考。

参考文献:

- [1] 张上隆,陈昆松.果实品质形成与调控的分子机理[M].北京:中国农业出版社,2007:184.

- [2] ROUSSEL S, BELLON-MAUREL V, JEAN-MICHEL R, et al. Authenticating white grape must variety with classification models based on aroma sensors, FT-IR and UV spectrometry[J]. *Journal Food Engineering*, 2003, 60: 407-419. DOI:10.1016/S0260-8774(03)00064-5.
- [3] PALOMO E S, PÉREZ-COELLO M S, DÍAZ-MAROTO M C, et al. Contribution of free and glycosidically-bound volatile compounds to the aroma of muscat 'a petit grain' wines and effect of skin contact[J]. *Food Chemistry*, 2006, 95: 279-289. DOI:10.1016/j.foodchem.2005.01.012.
- [4] YANG C X, WANG Y J, LIANG Z C, et al. Volatiles of grape berries evaluated at the germplasm level by headspace-SPME with GC-MS[J]. *Food Chemistry*, 2009, 114: 1106-1114. DOI:10.1016/j.foodchem.2008.10.061.
- [5] 乜兰春, 孙建设, 黄瑞红. 果实香气形成及其影响因素[J]. *植物学通报*, 2004, 21(5): 631-637. DOI:10.3969/j.issn.1674-3466.2004.05.015.
- [6] 高韶婷, 宋雪, 陈乐, 等. 基于固相萃取整体捕集剂-气相色谱-质谱金华火腿挥发性风味物质分析[J]. *食品科学*, 2015, 36(22): 113-116. DOI:10.7506/spkx1002-6630-201522020.
- [7] 张秀梅, 杜丽清, 孙光明. 3个菠萝品种果实香气成分分析[J]. *食品科学*, 2009, 30(22): 275-279. DOI:10.3321/j.issn:1002-6630.2009.22.064.
- [8] COELHO E, ROCHA S M, DELGADILLO I, et al. Headspace-SPME applied to varietal volatile components evolution during *Vitis vinifera* L. cv. 'Baga' ripening[J]. *Analytica Chimica Acta*, 2005, 563: 204-214. DOI:10.1016/j.aca.2005.11.018.
- [9] CAMARA J S, HERBERT P, MARQUES J C, et al. Varietal flavour compounds of four grape varieties producing Madeira wines[J]. *Analytica Chimica Acta*, 2004, 513: 203-207. DOI:10.1016/j.aca.2004.01.024.
- [10] CANUTIA V, CONVERSANO M, CALZI M L, et al. Headspace solid-phase microextraction-gas chromatography-mass spectrometry for profiling free volatile compounds in Cabernet Sauvignon grapes and wines[J]. *Journal Chromatography A*, 2009, 1216: 3012-3022. DOI:10.1016/j.chroma.2009.01.104.
- [11] COCITO C, GAETANO G, DELLI C. Rapid extraction of aroma compounds in must and wine by means of ultrasound[J]. *Food Chemistry*, 1995, 52: 311-320. DOI:10.1016/0308-8146(95)92830-D.
- [12] DIÉGUEZ S C, LOIS L C, GÓMEZ E F, et al. Aromatic composition of the *Vitis vinifera* grape Albarino[J]. *Wissenschaft und-Technologie*, 2003, 36: 585-590. DOI:10.1016/S0023-6438(03)00064-1.
- [13] ERIC G D, ROBERT A K. Grape contribution to wine aroma: production of hexyl acetate, octyl acetate, and benzyl acetate during yeast fermentation is dependent upon precursors in the must[J]. *Journal Agricultural Food Chemistry*, 2012, 60: 2638-2646. DOI:10.1021/jf2042517.
- [14] NELSON K E. Harvesting and handling Californai table grapes for market[R]. Oakland: University California Agricultural Natural Resources, 1985.
- [15] LEA A G H, FORD G D, FOWLER S. Analytical techniques for the estimation of sulphite binding components in ciders and wines[J]. *International Journal Food Science and Technology*, 2000, 35: 105-112. DOI:10.1046/j.1365-2621.2000.0367e.x.
- [16] SANCHEZ-PALOMO E, DÍAZ-MAROTO M C, PÉREZ-COELLO M S. Rapid determination of volatile compounds in grapes by HS-SPME coupled with GC-MS[J]. *Talanta*, 2005, 66: 1152-1157. DOI:10.1016/j.talanta.2005.01.015.
- [17] FAN W L, XU Y, JIANG W G, et al. Identification and quantification of impact aroma compounds in 4 nonfloral *Vitis vinifera* varieties grapes[J]. *Journal of Food Science*, 2010, 75(1): S81-S88. DOI:10.1111/j.1750-3841.2009.01436.x.
- [18] PERESTRELO R, BARROS A S, ROCHA S M J, et al. Optimisation of solid-phase microextraction combined with gas chromatography-mass spectrometry based methodology to establish the global volatile signature in pulp and skin of *Vitis vinifera* L. grape varieties[J]. *Talanta*, 2011, 85: 1483-1493. DOI:10.1016/j.talanta.2011.06.025.
- [19] YANG C X, WANG Y J, WU B H, et al. Volatile compounds evolution of three table grapes with different flavor during and after maturation[J]. *Food Chemistry*, 2011, 128: 823-830. DOI:10.1016/j.foodchem.2010.11.029.
- [20] YILMAZTEKIN M. Analysis of volatile components of cape gooseberry (*Physalis peruviana* L.) grown in Turkey by HS-SPME and GC-MS[J]. *Scientific World Journal*, 2014(2014), 8 pages. DOI:10.1155/2014/796097.
- [21] ROCHA S, COUTINHO P, BARROS A, et al. Aroma potential of two bairrada white grape varieties: Maria Gomes and Bical[J]. *Journal Agricultural Food Chemistry*, 2000, 48: 4802-4807. DOI:10.1021/jf000175s.
- [22] ZEMNI H, SOUID I, FATHALLI N, et al. Aromatic composition of two Muscat grape cultivars cultivated in two different regions of Tunisia[J]. *International Journal of Fruit Science*, 2007, 7(1): 97-112. DOI:10.1300/J492v07n01_09.
- [23] BUREAU S M, RAZUNGLES A J, BAUMES R L. The aroma of Muscat of Frontignan grapes: effect of the light environment of vine or bunch on volatiles and glycoconjugates[J]. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 2000, 80: 2012-2020. DOI:10.1002/1097-0010(200011)80:14%3C2012::AID-JSFA738%3E3.0.CO;2-X.
- [24] SADOVOY V, SILANTYEV A, SELIMOV M, et al. An examination of chemical composition and molecular properties of grape berry skin flavonoids[J]. *Food and Nutrition Sciences*, 2011, 2: 1121-1127. DOI:10.4236/fns.2011.210150.