

青梅酒香气成分 GC-MS 分析以及降酸处理

郑新华¹, 张 慇^{*1}, 刘亚萍²

(1. 江南大学 食品学院, 江苏 无锡 214122; 2. 广东嘉豪食品股份有限公司, 广东 中山 528447)

摘要: 采用顶空固相微萃取(HS-SPME)方法提取、富集浸泡青梅酒的香气成分,通过 GC-MS 检测,共鉴定出 44 种风味物质,含量占挥发性成分的 99.34%,其中酯类 22 种,醇类 11 种,酸类 2 种,醛酮类 6 种,烃类 1 种以及其他化合物 2 种,这些物质构成了青梅酒的特征风味。针对浸泡青梅酒酸度过高的问题,试验研究了 5 种离子交换树脂对青梅酒的降酸处理,结果表明弱碱性大孔阴离子交换树脂 D314 呈现出良好的降酸效果。

关键词: 浸泡青梅酒;香气成分;GC-MS;离子交换树脂;降酸

中图分类号:TS 262.7 文献标志码:A 文章编号:1673—1689(2014)04—0432—06

Analysis of Aroma Components by GC-MS and Deacidification of Plum Wine

ZHENG Xinhua¹, ZHANG Min^{*1}, LIU Yaping²

(1. School of Food Science Technology, Jiangnan University, Wuxi 214122, China; 2. Guangdong Galore Food Ltd. Co., Zhongshan 528447, China)

Abstract: The aroma components of plum wine were analyzed by headspace solid phase micro-extraction (SPME) coupled to capillary gas chromatography mass spectrometry (GC-MS). About 44 different compounds were identified, including 22 esters, 11 alcohols, 2 acids, 6 aldehydes and ketones, 1 hydrocarbon and 2 other compounds, the content of which accounted for 99.34% of volatile components. The mutual action of above components formed the particular flavor of plum wine. 5 anion-exchange resins were used to treat plum wine for deacidification. The results indicated that D314 was feasible for deacidification of plum wine.

Keywords: plum wine, flavoring components, GC-MS, anion exchange resin, deacidification

青梅酒是青梅深加工制品中的一个重要产品,生产方法有发酵法和浸泡法两种,其中浸泡青梅酒能够较好地保持青梅的典型香味,目前有关青梅酒生产工艺条件的研究较多^[1-2],但是对构成和决定浸泡青梅酒品质、典型性的风味成分研究还比较少。

固相微萃取气相色谱质谱联用技术 (SPME-GC-MS) 是分析挥发性成分的手段之一,已广泛应用于环境检测、食品、香精香料等领域,具有操作时间短,进样量小,无需萃取溶剂,集采样、萃取、浓缩、进样于一体等优点,能够较真实地反映果酒中的香

收稿日期: 2013-09-28

基金项目: 广东省教育部产学研结合项目(2012B091000125)。

* 通信作者: 张 慇(1962—),男,浙江平湖人,工学博士,教授,博士研究生导师,主要从事农产品贮藏与加工研究。

E-mail: min@jiangnan.edu.cn

气成分^[3-5]。

浸泡青梅酒能够保持青梅的果香味,但也会产生过高的酸度,其滴定酸可高达 40 g/L 左右(以柠檬酸计),对青梅酒的饮用舒适度产生不利影响^[6]。目前在果汁、果酒产品中所采用的降酸方法有生物降酸、物理降酸以及化学降酸 3 种^[7]。生物降酸和物理降酸对青梅酒的降酸作用受到较大限制,降酸效果不佳^[8-9];化学降酸中的阴离子交换法是目前应用较为普遍的一种方法,合适的阴离子交换树脂需具备能有效降低酸度和尽量减少风味损失两个条件^[10]。

作者对浸泡青梅酒的香气成分采用顶空固相微萃取气相色谱质谱联用技术(HS-SPME-GC-MS)进行了检测,对构成青梅酒典型香气的成分进行了定性分析,并采用了 5 种阴离子交换树脂对青梅酒进行降酸研究,以期对浸泡青梅酒的品质改善提供科学依据。

1 材料与方法

1.1 主要材料

青梅酒:米酒浸泡型,乙醇体积分数 17.2%,总酸 13.72 g/L,由广东嘉豪食品股份有限公司提供。

树脂:大孔弱碱性阴离子树脂:D311、D316,江苏青水处理工程集团产品;D314、D318,郑州勤实科技有限公司产品;凝胶型强碱性阴离子树脂:氯型 717 离子交换树脂,国药集团化学试剂有限公司产品。

1.2 试验仪器与设备

手动 SPME 装置:双极性吸附型,75 μm CAR-PDMS,美国 Supelco 公司产品;气相色谱质谱联用仪(GC-MS):Agilent6890GC/Agilent5975MS,美国 Agilent 公司产品;离子交换柱(500 mm $\times$ 30 mm);HJ-3 型恒温磁力搅拌器:江苏金坛荣华仪器制造有限公司产品;雷磁 PHS-3C pH 计:上海仪托环保科技有限公司产品;UV2600 紫外可见分光光度计:上海天美科学仪器有限公司产品;CR-400 色差计:柯尼卡美能达控股公司产品。

1.3 离子交换树脂预处理

先用 100 g/L 的 NaCl 溶液浸泡 18~20 h,蒸馏水冲洗至液体光泽透亮、无杂质,再以 3~5 倍树脂体积的 1 mol/L HCl 溶液浸泡 4 h,用蒸馏水冲洗至中性,然后以 3~5 倍树脂体积的 1 mol/L NaOH 溶液浸泡 4 h,如此循环 3 次,经预处理后阴离子交换

树脂为 OH 型,可直接用于处理青梅酒。

1.4 试验方法

1.4.1 顶空固相萃取气质联用条件 CAR-PDMS 萃取头的老化及萃取:固相微萃取的萃取头在气相色谱进样口老化,老化温度为 250 $^{\circ}\text{C}$,老化时间 2 h。将 8 mL 青梅酒样品置于 15 mL 萃取瓶中,加入质量分数 30% NaCl 充分混匀,使其达到饱和状态,置于固相微萃取平台上 25 $^{\circ}\text{C}$ 预热 10 min;将固相微萃取器的萃取头插入样品萃取瓶的顶空,45 $^{\circ}\text{C}$ 吸附 30 min。样品萃取完成后,缩回纤维头,迅速将针管插入气相色谱仪的进样口,推出纤维头热解析 3 min,同时启动气相色谱仪^[11]。

气相色谱条件:毛细管柱 DB-WAX (30.0 m $\times$ 250 μm $\times$ 0.25 μm);程序升温:起始温度 40 $^{\circ}\text{C}$,保持 4 min,以 6 $^{\circ}\text{C}/\text{min}$ 的速率升温至 60 $^{\circ}\text{C}$,再以 10 $^{\circ}\text{C}/\text{min}$ 的速率升温至 230 $^{\circ}\text{C}$,保持 8 min,进样口温度 250 $^{\circ}\text{C}$,载气为 N_2 。质谱条件:接口温度 250 $^{\circ}\text{C}$,离子源温度 200 $^{\circ}\text{C}$,电离方式 E_i ,离子能量 70 eV,灯丝电流 200 μA ,电子倍增器电压为 350 V,扫描质量范围为 33~450,电极杆离子源温度为 350 $^{\circ}\text{C}$ 。

利用 GC-MS 进行定性,通过计算机检索与 NIST98 质谱库提供的标准质谱图对照,按面积归一化法计算各组分相对含量,确定鉴定结果。

1.4.2 阴离子交换树脂筛选 准确量取 5 mL 经预处理的各离子交换树脂装入 250 mL 锥形瓶内,分别加入 150 mL 青梅酒,用磁力搅拌器持续振荡 24 h,测定吸附前后总酸、总糖、酒精度、吸光度、 L 值、透光率等指标,筛选最优的降酸树脂。

1.4.3 阴离子交换树脂静态吸附试验 准确量取 5 mL 经预处理的离子交换树脂装入 250 mL 锥形瓶内,加入 150 mL 青梅酒,用磁力搅拌器持续震荡,前一个小时内每隔 10 min 取样测总酸,之后每隔半小时取样测总酸,计算表观交换吸附量 q 。离子交换树脂表观交换吸附量按下式计算:

$$q = ((C_0 - C)V) \times 100 / L$$

式中: q 为表观交换吸附量, g/100 mL (湿树脂); C_0 为离子交换前青梅酒的可滴定酸度, g/L; C 为离子交换后青梅酒的可滴定酸度, g/L; V 为青梅酒的体积, L; L 为离子交换树脂的体积, mL。

1.4.4 阴离子交换树脂动态吸附试验 量取 50 mL 湿树脂装入离子交换柱内,前期实验显示青梅酒在 130 mL/h 的进样速度下动态吸附效率最高,此处同

样选择 130 mL/h 流速进样,收集滤出液,前 50 mL 舍弃,之后每隔 25 mL 收集一次,测定总酸,计算漏出率 LR:

$$LR = (C/C_0)100$$

1.5 分析方法

总酸测定:酸碱指示剂法,以柠檬酸计;总糖测定:斐林试剂法;酒精度测定:酒精计测定法;吸光度测定:分光光度计在 420 nm 处测定,以蒸馏水为空白对照;透光率测定:分光光度计在 520 nm 处测定,以蒸馏水为空白对照,按吸光度 A 与透光率 T 的公式 $A = -\lg T$ 进行转换; L 值测定:即亮度值,色差计测定。

2 结果与分析

2.1 青梅酒香气成分分析

图 1 为浸泡青梅酒香气成分 GC-MS 分析的总离子图,经 NIST98 质谱库检索共鉴定出 44 种化合物(见表 1),其中酯类化合物 22 种(合计 38.16%),醇类化合物 11 种(合计 36.12%),酸类 2 种(合计 0.90%),醛酮类 6 种(合计 23.61%),烃类 1 种及其他化合物 2 种(合计 0.55%)。所鉴定出的化合物相

对含量占其总量的 99.34%。面积归一化结果显示浸泡青梅酒香气的主要成分为乙醇(24.37%),苯甲醛(21.83%),辛酸乙酯(6.43%),乙酸乙酯(6.37%),苯甲酸乙酯(6.37%),3-甲基-1-丁醇(5.78%),丁酸二甲基苄基原酯(5.38%),癸酸乙酯(4.18%),壬酸乙酯(3.43%),苯乙醇(2.23%),异丙醇(1.66%),糠醛(1.14%)。

从表 1 可以看出,青梅酒的香气成分主要涉及酯类、醇类、酸类、醛酮类、烃等多种类别化合物,包括乙酸乙酯、乙醇、异丙醇、异戊醇、辛酸乙酯、苯甲醛、壬酸乙酯、癸酸乙酯、苯甲酸乙酯、丁酸二甲基苄基原酯、苯乙醇等。试验采用的青梅酒是以新鲜青梅以及米酒为主要原料经浸泡而成,浸泡工艺能够较好地保持青梅的典型风味物质,GC-MS 检测结果也验证了该结论,苯甲醛是青梅的特有果香物质^[12],具有令人愉悦的杏仁清香味,归一化含量高达 21.83%。杨亚红等人^[13]采用 GC-MS 对发酵型青梅酒检测出的苯甲醛归一化含量仅 0.043%,作者检测结果中苯甲醛归一化含量要明显高于发酵型青梅酒,这与杨亚红等人对青梅酒的研究结果有类似之处。此外,浸泡型青梅酒中苯乙醇相对含量也较高^[14],苯乙醇是浸泡原料米酒的特征风味物质。

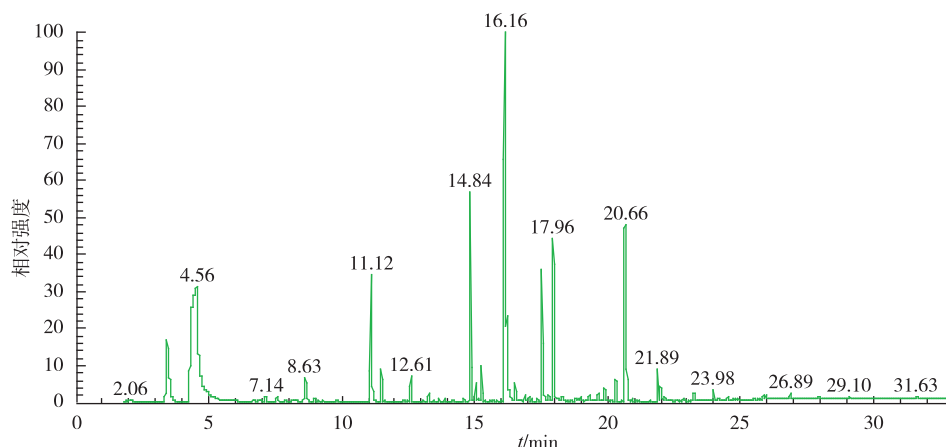


图 1 浸泡青梅酒香气成分 GC-MS 总离子图

Fig. 1 GC-MS total ion chromatogram of aroma compounds from soaked plum wine

2.2 阴离子交换树脂筛选

测定 D311、D314、D316、D318 以及 717 等 5 种离子交换树脂在处理青梅酒后的总酸、总糖、酒精度、吸光度、透光率以及 L 值等理化指标,与未处理组原液进行对照,比较其降酸效果,结果如表 2 所示。

从表 2 看到,D311 树脂对青梅酒的吸附作用最弱,总酸的表观交换吸附量最小,D318 树脂吸附量次之,而且 D318 树脂带有异味,不适于食品工业,717 凝胶型树脂降酸效果一般,这 3 种树脂不是青梅酒降酸的最优选择。D314、D316 两种树脂降酸作用较为突出,降酸率分别达到 37.76%、38.78%。

表 1 浸泡青梅酒香气成分分析结果

Table 1 Aroma compounds identified from soaked pulm wine

序号	保留时间/min	化合物名称	分子式	相对质量分数/%
1.	3.42	乙酸乙酯	C ₄ H ₈ O ₂	6.37
2.	4.51	乙醇	C ₂ H ₆ O	24.37
3.	6.69	甲苯	C ₇ H ₈	0.13
4.	6.92	丙醇	C ₃ H ₈ O	0.13
5.	7.14	2-甲基丁酸乙酯	C ₇ H ₁₄ O ₂	0.20
6.	7.57	3-甲基丁酸乙酯	C ₇ H ₁₄ O ₂	0.16
7.	7.88	己醛	C ₆ H ₁₂ O	0.14
8.	8.63	异丙醇	C ₄ H ₁₀ O	1.66
9.	8.98	乙酸异戊酯	C ₇ H ₁₄ O ₂	0.15
10.	11.12	异戊醇	C ₅ H ₁₂ O	5.78
11.	11.50	正己酸乙酯	C ₈ H ₁₆ O ₂	1.03
12.	12.61	异戊酸异戊酯	C ₁₀ H ₂₀ O ₂	0.89
13.	13.28	庚酸乙酯	C ₉ H ₁₈ O ₂	0.28
14.	13.88	己酸丙酯	C ₉ H ₁₆ O ₂	0.11
15.	14.59	2-甲基-1-苯基丙烯	C ₁₀ H ₁₂	0.12
16.	14.84	辛酸乙酯	C ₁₀ H ₂₀ O ₂	6.43
17.	15.05	乙酸	C ₂ H ₄ O ₂	0.69
18.	15.25	糠醛	C ₅ H ₄ O ₂	1.14
19.	16.16	苯甲醛	C ₇ H ₆ O	21.83
20.	16.23	壬酸乙酯	C ₁₁ H ₂₂ O ₂	3.43
21.	16.53	1-辛醇	C ₈ H ₁₈ O	0.60
22.	16.89	(-)-蓝桉醇	C ₁₅ H ₂₆ O	0.18
23.	17.06	2-十一烷酮	C ₁₁ H ₂₂ O	0.15
24.	17.53	癸酸乙酯	C ₁₂ H ₂₄ O ₂	4.18
25.	17.79	1-壬醇	C ₉ H ₂₀ O	0.23
26.	17.96	苯甲酸乙酯	C ₉ H ₁₀ O ₂	6.37
27.	18.31	松油醇	C ₁₀ H ₁₈ O	0.14
28.	18.99	1-癸醇	C ₁₀ H ₂₂ O	0.16
29.	19.32	苯乙酸乙酯	C ₁₀ H ₁₂ O ₂	0.22
30.	19.61	1-苯基-1,2-丙二酮	C ₉ H ₈ O ₂	0.18
31.	19.66	水杨酸乙酯	C ₉ H ₁₀ O ₃	0.32
32.	19.89	月桂酸乙酯	C ₁₄ H ₂₈ O ₂	0.44
33.	20.32	苯甲醇	C ₇ H ₈ O	0.64
34.	20.66	丁酸二甲基苄基原酯	C ₁₄ H ₂₀ O ₂	5.38
35.	20.71	苯乙醇	C ₈ H ₁₀ O	2.23
36.	21.89	肉豆蔻酸异丙酯	C ₁₇ H ₃₄ O ₂	0.92
37.	22.00	马来酸二乙酯	C ₈ H ₁₄ O ₅	0.51
38.	22.07	3-苯基-2-丙烯醛	C ₉ H ₈ O	0.17
39.	22.15	辛酸	C ₈ H ₁₆ O ₂	0.21
40.	23.25	丁香酚	C ₁₀ H ₁₂ O ₂	0.30
41.	23.98	棕榈酸乙酯	C ₁₈ H ₃₆ O ₂	0.28
42.	25.99	柠檬酸三乙酯	C ₁₂ H ₂₀ O ₇	0.17
43.	26.89	邻苯二甲酸二异丁酯	C ₁₆ H ₂₂ O ₄	0.20
44.	29.10	邻苯二甲酸二丁酯	C ₁₆ H ₂₂ O ₄	0.12

表 2 5 种阴离子交换树脂静态吸附效果

Table 2 Static adsorption results of five anion exchange resins

指标	总酸质量浓度/(g/L)	总糖质量浓度/(g/L)	乙醇体积分数/%	L 值	$A_{420\text{ nm}}$	T/%
原液	13.72	1.95	17.2	31.42	0.786	36.7
D311	13.02	1.91	15.1	31.56	0.729	41.0
D314	8.54	1.91	16.7	31.92	0.597	42.3
D316	8.40	1.87	16.7	32.05	0.588	46.2
D318	11.62	1.95	16.2	32.13	0.576	45.2
717	10.78	1.82	16.2	31.48	0.647	41.2

在降酸的同时还需要考虑各树脂对青梅酒品质的影响。从表 2 可以看出,树脂对总糖质量浓度和乙醇体积分数的影响较小,但是对青梅酒色泽影响较大,吸光值越小、透光率和 L 值越大,表明色泽损失越多。经 D316 树脂处理的青梅酒透光率最大,达到 46.2, L 值达 32.05, 反映出 D316 对青梅酒的颜色吸附较多; D314 树脂对总酸的吸附量要稍低于 D316 树脂,对青梅酒颜色吸附弱一些。因此,综合考虑降酸和品质保留, 试验选用 D314 阴离子交换树脂用于青梅酒降酸,并研究其静态吸附特征。

2.2 阴离子交换树脂静态吸附

以吸附时间为横坐标,表观吸附量为纵坐标作图,绘制 D314 阴离子交换树脂静态吸附曲线,结果如图 2 所示。

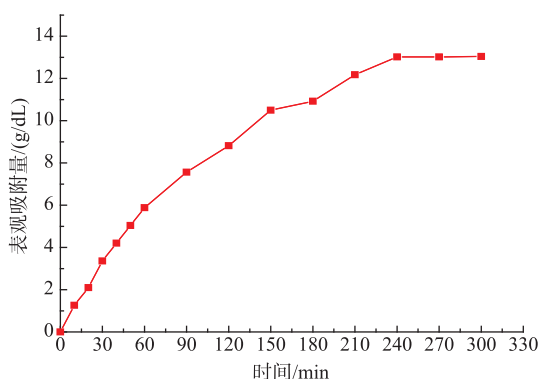


图 2 D314 离子交换树脂静态吸附曲线

Fig. 2 Static adsorption curve of D314 anion exchange resin

从图 2 可以看出,在一定时间范围内, D314 阴离子交换树脂对青梅酒总酸的表观吸附量随时间增加而增大,在 240 min 以后表观吸附量趋于稳定,表明此时已达到了解吸平衡,最大表观吸附量为 13.02 g/dL。

2.3 阴离子交换树脂动态吸附

青梅酒在 130 mL/h 的进样速度下动态吸附效

率最高,以滤出液体积(mL)为横坐标,漏出率(%)为纵坐标,绘制 D314 树脂对青梅酒酸度的动态吸附曲线,如图 3 所示。

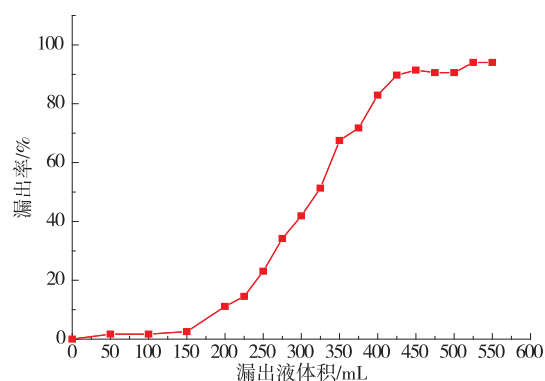


图 3 D314 离子交换树脂动态吸附曲线

Fig. 3 Dynamic adsorption curve of D314 anion exchange resin

从图 3 可以看出,起始阶段动态吸附过程较缓慢,然后逐渐升高,直至青梅酒漏出液累计体积达到 500 mL,此时漏出率接近 100%,表明动态吸附过程达到平衡。

3 结 语

1) 采用顶空固相微萃取气质联用技术(HS-SPME-GC-MS) 分析浸泡青梅酒香气成分简单快捷,共鉴定出 44 种挥发性香味物质,包括 22 种酯类、11 种醇类、2 种酸类、6 种醛酮类以及其他 3 种化合物,其中酯类、醇类以及醛酮类构成浸泡青梅酒的主要香气成分。

2) 浸泡型青梅酒能较好地保持青梅特有果香味物质苯甲醛,GC-MS 检测结果显示苯甲醛的归一化含量达到 21.83%,要显著高于发酵型青梅酒。

3) 浸泡型青梅酒原液总酸达到 13.72 g/L,试验采用了 5 种离子交换树脂进行了降酸处理,结果

显示 D314 树脂的降低效果较为突出,总酸降低到 8.54 g/L,且对其他品质指标影响较小。

4)D314 阴离子交换树脂在 240 min 时达到静态吸附平衡状态,表观交换吸附量值为 13.02 g/dL。在 130 mL/h 进样速度下,青梅酒累计漏出体积为

500 mL 时到达动态吸附平衡状态。

实际工业生产中影响离子交换树脂处理效果的因素很多,试验还需要进一步对 D314 阴离子交换树脂的静态吸附过程以及树脂的再生效率进行研究。

参考文献:

- [1] 石嘉悌,吴晓琴,张英. 青梅资源的研究与应用[J]. 食品与发酵工业,2008,34(6):106-111.
SHI Jiayi,WU Xiaoqin,ZHANG Ying. A review of the research on utilization and development of *Prunus mume* [J]. **Food and Fermentation Industries**,2008,34(6):106-111.(in Chinese)
- [2] 李阿娜,张伟伟,王明,等. 青梅果酒发酵工艺优化[J]. 酿酒科技,2010,2:91-96.
LI Ana,ZHANG Weiwei,WANG Ming,et al. Optimization of fermentation process of plum fruit wine [J]. **Liquor-Making Science & Technology**,2010,2:91-96.(in Chinese)
- [3] 刘拉平,史亚歌,岳田利,等. 猕猴桃果酒香气成分的固相微萃取 GC/MS 分析[J]. 酿酒科技,2007,5:105-107.
LIU Laping,SHI Yage,YUE Tianli,et al. Analysis of flavoring compositions in kiwi fruit wine by SPME/GC/MS [J]. **Liquor-Making Science & Technology**,2007,5:105-107.(in Chinese)
- [4] 韩业慧,范文来,徐岩,等. 搅拌棒吸附萃取技术与 GC-MS 联用测定苹果酒挥发性物质[J]. 分析实验室,2008,27(1):34-37.
HAN Yehui,FAN Wenlai,XU Yan,et al. Quantification of volatile compounds in cider using stir bar sorption extraction (SBSE) and GC-MS[J]. **Chinese Journal of Analysis Laboratory**,2008,27(1):34-37.(in Chinese)
- [5] 张影陆,范文来,徐岩,等. 4 种果酒中的挥发性成分分析[J]. 食品与生物技术学报,2008,27(5):102-107.
ZHANG Yinglu,FAN Wenlai,XU Yan,et al. Comparison of volatile compounds in four fruit wines using HS-SPME followed by GC-MS[J]. **Journal of Food Science and Biotechnology**,2008,27(5):102-107.(in Chinese)
- [6] 高敏,曾新安,陈勇. 青梅酒降酸的阴离子交换树脂选择及动力学研究[J]. 食品与发酵工业,2009,35(6):6-9.
GAO Min,ZENG Xinan,CHEN Yong. Selecting of resins for deacidification of plum wine by ion exchange [J]. **Food and Fermentation Industries**,2009,35(6):6-9.(in Chinese)
- [7] 王伟君,李延华,张兰威. 葡萄汁降酸及澄清技术研究与应用现状[J]. 中国酿造,2010,5:16-19.
WANG Weijun,LI Yanhua,ZHANG Lanwei. Research and application of deacidification and clarification of grape juice [J]. **China Brewing**,2010,5:16-19.(in Chinese)
- [8] Du S L,Zhou C S,Yang L Q. Deacidification of adlay seed (*Coix Lachryma-Jobi* Var. Mayuen) miscella with anion exchange resin[J]. **Journal of Food Process Engineering**,2007,30:729-745.
- [9] Couture R,Rouseff R. Debitting and deacidifying sour orange (*Citrus aurantium*) juice using neutral and anion exchange resin [J]. **Journal of Food Science**,1992,57(2):380-384.
- [10] Calle E V,Ruales J,Dornier M,et al. Deacidification of the clarified passion fruit juice (*P.edulis f.flavicarpa*)[J]. **Desalination**,2002,149:357-361.
- [11] 虞慧玲. 固体微萃取气相色谱联用技术分析南香果酒香气成分[J]. 中国酿造:分析与检测,2009,10:151-154.
YU Huiling. Analysis of aroma components in *Naako* wine by SPME-GC-MS [J]. **China Brewing:Analysis and Examination**,2009,20:151-154.(in Chinese)
- [12] 高敏,曾新安,肖利民. 青梅酒中苯甲醛的测定[J]. 酿酒科技,2009,5:110-112.
GAO Min,ZENG Xinan,XIAO Limin. Determination of benzaldehyde content in plum fruit wine by High Performance Liquid Chromatography (HPLC)[J]. **Liquor-Making Science & Technology**,2009,5:110-112.(in Chinese)
- [13] 张影陆,范文来,姜文广,等. 顶空固相微萃取法测定果酒中挥发性成分[J]. 食品与生物技术学报,2008,27(6):115-120.
ZHANG Yinglu,FAN Wenlai,JIANG Wenguang,et al. Determination of Volatile Compounds in Fruit Wine by Headspace Solid Phase Microextraction (HS-SPME) Followed by Gas Chromatography Mass Spectrometry (GC-MS)[J]. **Journal of Food Science and Biotechnology**,2008,27(6):115-120.(in Chinese)
- [14] 杨亚红,吴少华,王兴红,等. 气质联用分析青梅发酵酒和浸泡酒的香气成分[J]. 酿酒科技,2005,9:80-83.
YANG Yahong,WU Shaohua,WANG Xinghong,et al. Analysis of flavoring compositions in green pulm fruit fermentation wine and in green pulm fruit steeping wine by GC-MS[J]. **Liquor-Making Science & Technology**,2005,9:80-83.(in Chinese)