

蜂胶及杨树胶关键气味活性成分研究

延 莎, 张红城, 董 捷*

(中国农业科学院蜜蜂研究所, 农业部国家蜂产品加工专业分中心, 北京 100093)

摘 要: 采用固相微萃取的方法提取蜂胶及杨树胶中的挥发性成分, 以气相-质谱-嗅闻仪联用对蜂胶中的挥发性成分进行分离鉴定。结果测得 48 种气味活性成分, 包括酯、醛、醇、酮和酸。蜂胶中体现花香、果香的成分较多, 从而赋予其更为清香、柔和的总体气味特征。

关键词: 蜂胶; 杨树胶; 气味活性成分

Analysis of Key Aroma-Active Components of Propolis and Poplar Tree Gum

YAN Sha, ZHANG Hong-cheng, DONG Jie*

(National Research Center of Bee Product Processing, Ministry of Agriculture, Institute of Apicultural Research, Chinese Academy Agricultural Sciences, Beijing 100093, China)

Abstract: The volatile composition of propolis and poplar tree gum was analyzed by headspace solid phase micro-extraction followed by GC-MS coupled to olfactometry. A total of 48 aroma-active compounds were identified, including esters, aldehydes, alcohols, ketones and acids. In propolis, there were many compounds responsible for the floral and fruity aroma and providing it with delicate and mellow aroma characteristics.

Key words: propolis; poplar tree gum; aroma-active components

中图分类号: S896

文献标识码: A

文章编号: 1002-6630(2012)04-0157-05

蜂胶是主要包含由蜜蜂从各种植物源采集的树脂, 并且蜜蜂混入自身上腭腺分泌物和蜂蜡而形成的一种具有芳香气味的胶状物^[1-2]。蜂胶作为药品在民间使用已有很长的历史, 最早可以追溯到公元前 3000 年的埃及^[3]。许多研究已经证明, 蜂胶具有多种生物活性功能, 例如抗癌、抗氧化、抗炎、抗菌以及抗病毒等^[4-6]。作为保健食品, 蜂胶在市场上很受欢迎。已经证明, 杨属植物的芽渗出物以及它们的混合物是欧洲和中国蜂胶的主要植物源。杨树胶、杨树芽的提取物, 与杨树型蜂胶的提取物有相似的化学组成、颜色和味道。造假者将杨树胶掺入到蜂胶中制成假冒蜂胶不仅损害了消费者的利益, 还造成了不公平的贸易行规。

很多研究者都对蜂胶的挥发性成分进行了探讨, 例如赵强等^[7]采用超临界 CO₂ 萃取和冷冻分离技术得到蜂胶挥发油, 对其成分及抗氧化性进行研究, 徐响等^[8]用

固相微萃取法研究了蜂胶的挥发性成分, Melliou 等^[9]研究了瑞典不同地区蜂胶挥发性成分的抗菌活性。每种挥发性物质会挥发到接近鼻子并与嗅觉器官上皮细胞上合适的传感器相作用, 但并不是所有的挥发性成分都具有气味活性^[10], 把那部分具有气味活性的挥发性成分称之为气味活性成分。之前对蜂胶挥发性成分的研究主要集中在成分的分离及活性的鉴定, 很少涉及蜂胶的关键气味活性成分。对蜂胶气味活性成分的研究具有以下重要意义: 更好地评价蜂胶的品质, 区分高质量蜂胶、劣质胶和假胶; 通过蜂胶的气味, 判断主要的胶源植物; 许多气味活性成分具有杀菌、刺激、放松等效应, 从而更加全面地了解蜂胶的保健功能。本研究采用顶空固相微萃取与气相-质谱-嗅闻仪联用相结合的技术, 研究蜂胶及其杨树胶的关键气味活性成分, 从而能更真实的反应蜂胶的气味本质特征, 为完善蜂胶质量评价体系及其标准制定提供一定的理论依据。

收稿日期: 2011-11-19

基金项目: 国家蜂产业技术体系项目(CARS-45-KXJ18); “十二五”国家科技支撑计划项目(2011BAD33B04)

作者简介: 延莎(1986—), 女, 硕士研究生, 主要从事功能食品研究。E-mail: yansha052@126.com

* 通信作者: 董捷(1966—), 女, 研究员, 硕士, 主要从事功能食品研究。E-mail: jiedon@126.com

1 材料与方法

1.1 材料与试剂

毛胶样品由中国农业科学院蜜蜂研究所提供, 胶源信息由当地的蜂业推广站提供。

正己烷(分析纯); 正构烷烃($C_7 \sim C_{32}$); 内标为 2-甲基-3-庚酮, 溶剂为甲醇, 质量浓度为 1.68g/L。

表 1 样品信息

Table 1 Details of samples tested in this study

样品号	来源	主要胶源植物
a [#]	吉林省敦化市	椴树、松树、杨树
b [#]	辽宁省喀左县	杨树
c [#]	甘肃省徽县	毛栗子、五蓆子、漆树
d [#]	造假产品	杨树胶

1.2 仪器与设备

PL303 电子天平 瑞士 Mettler Toledo 公司; 7890A GC/7000B MS 气相色谱-质谱联用仪 美国 Agilent 公司; ODP2 嗅闻仪 德国 Gerstel 公司; 中草药粉碎机天津市泰斯特仪器有限公司; 手动固相微萃取(solid phase micro-extraction, SPME)装置、CAR/PDMS 萃取纤维(75 μ m) 美国 Supelco 公司; FDB02DD 型加热器英国 Techne 公司。

1.3 方法

1.3.1 蜂胶原料前处理

毛胶剔除杂质后放入冷冻柜冷冻 4h 以上, 取出后迅速放入中草药粉碎机粉碎, 过 20 目筛备用。

1.3.2 蜂胶挥发性成分的提取

对萃取时间、萃取温度和萃取头 3 个固相微萃取条件进行优化。萃取时间设定 15、30、45、60、75min 五个梯度, 萃取温度设定 25、40、55、70、85、100℃ 六个梯度, 选用了 4 种萃取头, 分别为 75 μ m CAR/PDMS、65 μ m PDMS/DVB、100 μ m PDMS 和 50/30 μ m DVB/CAR/PDMS。最后, 优选的萃取条件为: 使用 75 μ m CAR/PDMS 萃取纤维, 55℃ 萃取 45min。

准确称取 0.5g 蜂胶样品, 置于 15mL 顶空瓶中, 55℃ 平衡 15min, 然后将装有萃取头的手动进样器插入顶空瓶中(萃取头使用前根据说明书进行老化), 55℃ 顶空吸附 45min, 250℃ 解吸 5min。

1.3.3 气相色谱-质谱条件

气相色谱条件: DB-WAX 毛细管色谱柱(30m \times 250 μ m, 0.25 μ m); 初始温度 40℃, 保持 3min, 5℃/min 升温到 200℃, 保持 1min, 再以 12℃/min 升至 250℃, 保持 1min。进样口温度 250℃; 载气 He, 流速 1.0mL/min; 5:1 分流进样。

质谱条件: 电离方式 EI(electron impact); 电子能

量 70eV; 离子源温度 230℃, 接口温度 280℃; 扫描质量范围 45~550u。各组分经过 Nist 标准谱库(共 10.7 万种化合物)检索和 Wiley 谱库(共 32 万种化合物, Version 6.0)相匹配。

1.3.4 嗅闻分析^[11]

样品经 SPME 吸附, 在气相进样口解吸, 经气相色谱柱分离后, 流出物在质谱及嗅闻仪间以 1:1 分开, 感官评价员在嗅闻仪出口处进行嗅闻, 并记录闻到气味的气味特性及时间。

1.3.5 感官评价方法^[12]

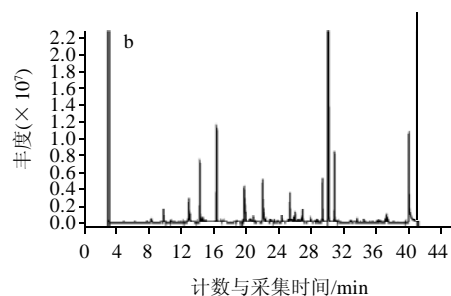
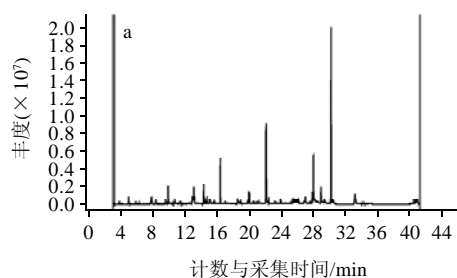
需要至少 3 个经验丰富的感官评价员, 嗅闻的同时需记录所闻到化合物的保留时间、气味强度以及对其气味特性进行适当的描述。气味的强度通过感官评价得分来显示, 感官评价共分为 7 个等级: 0 表示没有, 1 表示非常弱, 2 表示弱, 3 为弱或中等, 4 为中等, 5 为中等或强, 6 为强, 7 为非常强。当 3 个评价员中至少有 2 个得出相同的结论, 评价方可算作有效。

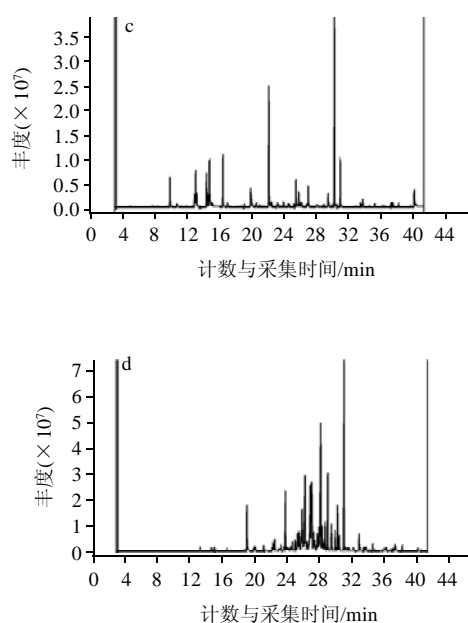
1.3.6 化合物鉴定方法

未知化合物的鉴定主要通过以下 3 种方法: ①经计算机检索, 与 Nist 谱库和 Wiley 谱库相匹配, 仅当正反匹配度均大于 800(最大值为 1000)的鉴定结果才予以报道; ②计算未知化合物的化学保留指数(retention index, RI), 与文献中报道(www.odour.org.uk 数据库)的结果相比较, 确定未知化合物; ③将感官评价员对所闻到的气味的气味描述与文献[13-14]中的描述相比较, 以确定未知化合物。

2 结果与分析

2.1 4 种样品挥发性成分检测





a~d.分别为样品a#~d#。

图1 样品的挥发性成分总离子流图

Fig.1 Total ion current chromatograms of 4 samples

图1是通过顶空固相微萃取所得到的样品的挥发性成分的总离子流图。各挥发性化合物的种类、相对含量及其感官评价见表2。

从表2可以看出,4种样品的挥发性成分主要包括酯、醛、醇类化合物,其中蜂胶样品与杨树胶的挥发性成分组成差异较大。杨树胶的挥发性成分主要集中在20min以后流出,20min之前化合物流出较少。样品a#的挥发性成分主要是3-甲基-3-丁烯-1-醇、2-甲基-2-丁烯-1-醇、苯甲醛、姜黄烯、苯甲醇、醋酸和苯乙醇;样品b#的挥发性成分主要是3-甲基-2-丁烯醛、桉叶醇、3-甲基-3-丁烯-1-醇、2-甲基-2-丁烯-1-醇、醋酸、苯甲醛、丙酸、乙酸苄酯、苯甲醇、苯乙醇等;样品c#的挥发性成分主要是2-甲基-2-丁烯醛、3-甲基-2-丁烯醛、桉叶醇、3-甲基-3-丁烯-1-醇、2-甲基-2-丁烯-1-醇、苯乙烯、醋酸、苯甲醛、乙酸苄酯、苯甲醇、苯乙醇;样品d#的挥发性成分主要是3-甲基-3-丁烯-1-醇、醋酸、丙酸、丁酸、苯乙酮、姜黄烯、乙酸苄酯、苯甲醇、苯乙醇、苯酚等。其中a#、b#、c#三种蜂胶样品的挥发性成分的组成差异较大,主要是由于来源于不同的胶源植物。植物的多样性,是蜂胶组成成分存在很大差异的主要原因^[15]。但结果显示,杨树胶与天然蜂胶的挥发性成分组成存在显著差异,杨树胶的挥发性成分的出峰时间集中在20min以后,并且乙酸苄酯、姜黄烯、愈创木酚、苯酚含量很高。

2.2 4种样品气味活性成分检测

从表2还可以看出,样品a#的气味活性成分主要是:甲苯:芳香;2-甲基-2-丁烯醛:清香、坚果香; β -蒎烯:松节油、树脂香;2-甲基丁基乙酸酯:树脂香、清香;柠檬烯:甜香、柑橘香、柠檬香;梨醇酯:芳香、香蕉果味;辛醛:似甜橙、轻微油脂、蜂蜜样;醋酸:刺激、尖酸的气息,有酸味;芳樟醇:玫瑰香、清香;24.606min时的烧焦味、烟熏味;26.777min时的陈腐味、金属味;姜黄烯:草本味;苯甲醇:花香、果香。

样品b#的气味活性成分主要是:2-甲基-2-丁烯醛:清香、坚果香; β -蒎烯:松节油、树脂香气;梨醇酯:芳香、香蕉果味;苯乙烯:树脂、花香香气;醋酸:刺激、尖酸的气息,有酸味;丁酸:持久、刺鼻、酸败的奶油气息;24.606min时的烧焦味、烟熏味;26.777min时的陈腐味、金属味;苯甲醇:花香、果香;苯乙醇:玫瑰香、蜂蜜烤面包香。

样品c#的气味活性成分主要是:2-甲基-2-丁烯醛:清香、坚果香;2-甲基丁基乙酸酯:树脂香、清香;梨醇酯:芳香的、香蕉果味;辛醛:似甜橙、轻微油脂、蜂蜜样香气;醋酸:刺激、尖酸的气息,有酸味;芳樟醇:玫瑰香、清香; α -佛手柑油烯:爆米花味;丁酸:持久、刺鼻、酸败的奶油气息;24.606min时的烧焦味、烟熏味;26.777min时的陈腐味、金属味;苯甲醇:花香、果香;苯乙醇:玫瑰香、蜂蜜烤面包香。样品d#的气味活性成分主要是:甲苯:芳香味;醋酸:刺激、尖酸的气息,有酸味;丁酸:持久、刺鼻、酸败的奶油气息;24.606min时的烧焦味、烟熏味;姜黄烯:草本味;愈创木酚,药味、香草味、薄荷味;苯乙醇:玫瑰香、蜂蜜烤面包香;苯酚:木质味、愈创木味;愈创醇:酚味的、药香气、橡胶味。

形成蜂胶气味的关键气味成分是:2-甲基-2-丁烯醛:清香、坚果香; β -蒎烯:松节油、树脂香气;2-甲基丁基乙酸酯:树脂香、清香;梨醇酯:芳香、香蕉果味;醋酸:刺激、尖酸的气息,有酸味;芳樟醇:玫瑰香、清香;丁酸:持久、刺鼻、酸败的奶油气息;24.606min时的烧焦味、烟熏味;26.777min时的陈腐味、金属味;苯甲醇:花香、果香。杨树胶的关键气味成分是:甲苯:芳香味;壬醛:蜡香、柑橘香、脂肪香、花香;醋酸:刺激、尖酸的气息,有酸味; α -佛手柑油烯:爆米花味;丁酸:木质味、愈创木味;24.606min时的烧焦味、烟熏味;姜黄烯:草本味;苯乙醇:玫瑰香、蜂蜜烤面包香;愈创木酚:药味、香草味、薄荷味;苯酚:酚味、药香气、橡

表2 4种样品的挥发性成分及感官评价等级^[13-15]
Table 2 Volatiles and sensory evaluation grades in 4 samples^[13-15]

编号	保留时间/min	化合物名称	质量浓度/(mg/L)				鉴定方式	感官评价等级				香味描述
			a [#]	b [#]	c [#]	d [#]		a [#]	b [#]	c [#]	d [#]	
1	4.962	乙酸乙酯	1.26	—	0.35	—	MS、RI、Odor	2	0	3	0	醚香、果香、香气不持久
2	6.334	丙酸乙酯	0.23	—	—	—	MS					
3	7.539	2-甲基丁酸甲酯	—	—	—	0.08	MS、RI					
4	8.334	3-甲基-1-苯基-2-丁酮	—	1.27	0.55	—	MS					
5	8.363	甲苯	1.07	—	—	0.48	MS、RI、Odor	5	0	0	6	芳香
6	9.540	己醛	0.74	0.19	—	—	MS、RI、Odor	3	3	0	0	强烈的清香、木香、草香
7	9.873	2-甲基-2-丁烯醛	2.80	3.28	11.36	—	MS、Odor	6	6	5	3	清香、坚果香
8	10.139	β -蒎烯	0.37	1.06	0.60	0.79	MS、RI、Odor	5	5	3	3	松节油、树脂香气
9	10.685	2-甲基丁基乙酸酯	—	—	1.17	—	MS、RI	6	5	5	0	树脂香、清香
10	11.385	3-蒎烯	0.35	0.05	0.05	—	MS、Odor	2	1	1	0	果香、柑橘香
11	12.548	庚醛	0.27	—	—	—	MS、RI					
12	12.866	柠檬烯	1.09	0.68	—	—	MS、RI、Odor	4	3	0	0	甜香、柑橘香、柠檬香
13	13.020	3-甲基-2-丁烯醛	0.91	6.09	15.19	—	MS、Odor	2	1	2	0	芳香、果香
14	13.049	2-甲基丁醇	2.27	—	—	—	MS	1	0	0	0	烤味、果味
15	13.135	桉叶醇	1.32	1.73	4.51	—	MS、Odor	2	2	2	0	草药味、草本味、樟脑味
16	14.360	3-甲基-3-丁烯-1-醇	3.15	12.12	16.08	3.62	MS、Odor	2	1	1	2	圆润的、果香
17	14.591	梨醇酯	0.35	0.83	3.91	—	MS、Odor	6	4	6	0	芳香的、香蕉果味
18	14.733	苯乙烯	0.99	1.36	20.18	1.70	MS、Odor	2	4	2	2	树脂、花香香气
19	15.610	辛醛	0.26	—	0.25	—	MS、RI、Odor	4	0	4	0	似甜橙、轻微油脂、蜂蜜样香气
20	16.413	2-甲基-2-丁烯-1-醇	5.13	18.35	17.01	1.63	MS、Odor	1	2	2	2	麦芽味、苦啤酒味
21	16.977	6-甲基-5-庚烯-2-酮	0.35	—	—	—	MS、RI	1	0	0	0	果香、霉香、酮香
22	18.532	壬醛	1.31	—	0.31	—	MS、RI	1	0	2	4	蜡香、柑橘香、脂肪香、花香
23	19.819	醋酸	2.13	5.06	13.30	5.51	MS、RI、Odor	6	7	7	7	刺激、尖酸的气息,有酸味
24	20.454	糠醛	0.10	0.12	0.41	—	MS、RI、Odor	3	3	4	0	甜香、木香、面包香、焦糖香,并带有烘烤食品的气味
25	21.156	α -可巴烯	0.31	0.30	0.31	—	MS、RI					
26	21.299	癸醛	0.29	—	—	—	MS、RI					
27	22.069	苯甲醛	11.08	10.22	46.19	2.24	MS、RI、Odor	2	2	3	1	苦杏仁、樱桃及坚果香气
28	22.191	丙酸	—	3.26	—	6.63	MS、RI、Odor					
29	22.401	芳樟醇	0.79	0.46	1.75	—	MS、RI、Odor	5	3	5	0	玫瑰香、清香
30	22.952	异丁酸	—	0.40	0.32	—	MS	0	1	1	0	持久、刺鼻的气息
31	23.146	α -雪松烯	—	0.56	1.42	4.11	MS、RI、Odor	0	1	2	2	木质味、清新的
32	23.478	α -佛手柑油烯	—	—	0.55	2.35	MS、Odor	0	0	4	5	爆米花味
33	23.774	[1S-(1 α ,4 α ,7 α)]-1,2,3,4,5,6,7,8-八氢-1,4-二甲基-7-(1-甲基乙烯基)奥	—	—	—	48.03	MS、Odor	0	0	0	4	果味
34	24.415	丁酸	—	1.65	0.56	5.82	MS、RI、Odor	0	6	5	5	持久、刺鼻、酸败的奶油气息
35	24.436	β -环柠檬醛	0.15	0.52	1.13	—	MS、RI、Odor	1	2	2	0	草药味、薄荷香味
36	24.606	未知	—	—	—	—	Odor	5	4	5	6	烧焦味、烟熏味
37	25.178	苯乙酮	—	—	0.80	17.95	MS、Odor	0	0	1	1	类似苯甲醛的杏仁气息、稀释后具有甜的坚果、水果味
38	25.407	2-甲基丁酸	—	5.79	8.81	—	MS、Odor	0	1	1	0	果香、奶酪、酸性的乳制品的香气
39	25.524	苯甲酸乙酯	—	0.45	0.53	3.50	MS、RI	0	1	1	1	甜味、水果、药香香气
40	26.417	长叶烯	—	—	—	12.44	MS	0	0	0	1	木质味、芳香
41	26.777	未知	—	0.88	—	—	Odor	4	4	4	2	陈腐味、金属味
42	26.945	乙酸苧酯	1.18	3.12	8.32	—	MS、RI、Odor	2	3	3	0	茉莉、铃兰花香及水果香气
43	27.923	姜黄烯	8.98	—	0.49	132.67	MS、Odor	5	0	2	6	草本味
44	28.420	丙酸苧酯	—	—	—	4.16	MS	0	0	0	1	茉莉花香、青香
45	28.888	乙酸苯乙酯	—	0.40	0.87	62.78	MS、RI、Odor	0	1	1	2	果香、花香、蜜糖及热带水果香气
46	29.289	菖蒲烯	—	0.48	0.48	0.92	MS、RI					
47	29.411	反式-2,3-二甲基丙烯酸	—	9.10	4.67	1.65	MS					
48	29.839	愈创木酚	—	—	—	14.37	MS、RI、Odor	0	0	0	4	药味、香草味、薄荷味
49	30.149	苯甲醇	22.11	35.81	62.70	29.00	MS、RI、Odor	4	4	5	3	花香、果香
50	30.389	丙酸-2-苯乙酯	—	—	—	10.41	MS	0	0	0	1	花香、果香、蜂蜜味
51	30.889	苯乙醇	3.38	13.19	14.62	127.26	MS、RI、Odor	3	4	4	5	玫瑰香、蜂蜜烤面包香
52	32.802	苯酚	—	—	—	10.06	MS、RI、Odor	0	0	0	5	酚味、药香气、橡胶味
53	33.377	茴香醛	0.60	0.33	0.72	—	MS、RI、Odor	1	0	1	0	木质味、香草味、大茴香味
54	33.664	肉桂醛	0.74	0.96	3.34	2.97	MS、Odor	0	0	1	1	辛香、肉桂香气
55	34.466	愈创醇	—	0.43	0.40	—	MS、Odor	0	1	1	4	木质味、愈创木味
56	35.161	柏木脑	0.27	—	1.02	—	MS	0	0	1	3	樟脑味、木质味
57	36.085	γ -桉叶醇	—	0.48	0.30	3.29	MS、RI、Odor	0	1	1	2	腊味、芳香

注: MS.质谱鉴定; RI.保留指数鉴定; Odour.评价员嗅闻鉴定。

胶味;愈创醇:持久、刺鼻、酸败的奶油气息。总体而言,杨树胶的关键气味活性成分中,体现花香、果香的成分与蜂胶相比较少,如其中缺少梨醇酯、糠醛、苯甲醛、乙酸苄酯等,从而使杨树胶所呈现出的整体气味较蜂胶更为刺鼻、尖酸,而蜂胶的整体气味更为柔和、清香。

3 结 论

目前,气质联用是研究食品等物质中挥发性成分较为普遍的方法,但并不是所有的挥发性成分都具有气味活性,采用气质方法无法有效鉴别出食品中关键的气味活性成分,从而无法了解各化合物对食品气味的贡献程度^[16]。本实验采用气质与嗅闻仪结合的方法,分析了3种蜂胶样品和杨树胶的气味活性成分,共鉴别出48种气味活性成分,包括酯类、醛类、醇类和酸类化合物。结果表明形成蜂胶的气味活性成分中具有更多的花香、果香物质,如梨醇酯、糠醛、苯甲醛等化合物,使蜂胶具有更为清香、柔和的总体气味特征,故而可以考虑从气味特征上对蜂胶与杨树胶进行识别。

参考文献:

- [1] DAUGSCH A, MORAES C S, FORT P, et al. Brazilian red propolis-chemical composition and botanical origin[J]. Evidence-based Complementary and Alternative Medicine, 2008, 5(4): 1-7.
- [2] 张红城, 孙庆申, 王光新, 等. 蜂胶乙醇提取物对 α -葡萄糖苷酶的抑制作用[J]. 食品科学, 2011, 32(5): 108-110.
- [3] HEGAZI A G, FATEN K, ABDE H. Egyptian propolis: 3. Antioxidant, antimicrobial activities and chemical composition of propolis from reclaimed lands[J]. Zeitschrift fur Naturforschung: C: A Journal of Biosciences, 2002, 57(3/4): 395-402.
- [4] KROL W, SCHELLER S, CZUBA Z, et al. Inhibition of neutrophils' chemiluminescence by ethanol extract of propolis (EEP) and its phenolic components[J]. Journal of Ethnopharmacology, 1996, 55(1): 19-25.
- [5] SRDJAN S, NATASA A, IVANA D, et al. *In vitro* antimicrobial activity of propolis and synergism between propolis and antimicrobial drugs[J]. Microbiological Research, 2003, 158(4): 353-357.
- [6] PETROVA A, POPOVA M, KUZMANOVA C, et al. New biologically active compounds from Kenyan propolis[J]. Fitoterapia, 2010, 81(6): 509-514.
- [7] 赵强, 张彬, 李岂凡, 等. 蜂胶挥发油抗氧化性能及其成分研究[J]. 天然产物研究与开发, 2008, 20(1): 82-86.
- [8] 徐响, 董捷, 李洁. 固相微萃取与 GC-MS 法分析蜂胶中挥发性成分[J]. 食品工业科技, 2008, 29(5): 57-60.
- [9] MELLIOU E, STRATIS E, CHINOUI I. Volatile constituents of propolis from various regions of Greece-Antimicrobial activity[J]. Food Chemistry, 2007, 103(2): 375-380.
- [10] ACENA L, VERA L, GUASCH J, et al. Comparative study of two extraction techniques to obtain representative aroma extracts for being analysed by gas chromatography-olfactometry: application to roasted pistachio aroma[J]. Journal of Chromatography A, 2010, 1217(49): 7781-7798.
- [11] 李淑荣, 王丽, 张春红, 等. 烘烤花生中关键香味化合物的研究[J]. 中国农业科学, 2010, 43(15): 3199-3203.
- [12] YANG Chao, LUO Liping, ZHANG Haijing, et al. Common aromatic components of propolis from 23 regions of China[J]. Journal of the Science of Food and Agriculture, 2010, 90(7): 1268-1282.
- [13] 刘树文. 合成香料技术手册[M]. 2版. 北京: 中国轻工业出版社, 2009.
- [14] 孙宝国, 刘玉平. 食用香料手册[M]. 北京: 中国石化出版社, 2004.
- [15] 玄红专, 顾美儿. 蜂胶的化学多样性及标准化存在的问题[J]. 养蜂科技, 2005(6): 28-29.
- [16] 苗爱清, 吕海鹏, 孙世利, 等. 乌龙茶香气的 HS-SPME-GC-MS/GC-O 研究[J]. 茶叶科学, 2010, 30(增刊 1): 583-587.