

3种茶叶丙酮提取物的气相色谱质谱联用分析

陈 峥, 刘 波, 唐建阳, 朱育菁

(福建省农业科学院农业生物资源研究所, 福建 福州 350003)

摘要: 采用气相色谱质谱联用 (GC/MSD) 的方法分析安溪铁观音、茉莉花茶和武夷岩茶 3 种茶叶茶汤丙酮提取物的成分, 分别鉴定出化合物 10、13 和 12 种。3 种茶叶提取物中有 6 种共有成分, 分别为: 1, 2, 3-苯三酚、3, 7-二氢-1, 3, 7-三甲基-1H-嘌呤-2, 6-二酮、2-苯基乙醇、3-甲氧基-1, 2-苯二酚、吲哚和橙花叔醇 (武夷岩茶为反式橙花叔醇)。不同茶叶丙酮提取物成分的种类、数量和含量存在明显差异。铁观音丙酮提取物中特有的物质有 1, 1-二乙氧基-丁烷、甲氧基-吡嗪、 α -methoxy- β -D-ribofuranoside 和 α -乙基己基草酸戊酯。花茶丙酮提取物中特有的物质有 (E)-4, 4-二甲基-2-戊烯、2-丙烯基己酸酯、左旋葡萄糖、3, 5-二甲氧基-4-羟基-苯甲醇和 3-甲基-5-吡唑甲酸。武夷岩茶丙酮提取物中特有的物质有 2, 3-二甲基-2-戊烯、1, 3-二甲苯、CIS-橙花叔醇、1, 5-二甲基-6-氧双环己烷和顺式 11, 14, 17-二十碳三烯酸甲酯。

关键词: 气相色谱质谱联用; 安溪铁观音; 福建茉莉花茶; 武夷岩茶; 丙酮提取物

中图分类号: S 571

文献标识码: A

GC/MSD analysis on tea acetone extracts

CHEN Zheng, LIU Bo, TANG Jianyang, ZHU Yujing

(Institute of Agrobiological Resources, Fujian Academy of Agricultural Sciences, Fuzhou,
Fujian 350003, China)

Abstract: Components in the acetone extracts of three varieties of tea were analyzed by using gas chromatography/mass spectrometry (GC/MSD). 10, 13 and 12 compounds were identified from Anxi Tieguanyin, Fujian Jasmine and Wuyi Rock, respectively. The compounds found commonly in the tea extracts were 1, 2, 3-benzenetriol, 1H-purine-2, 6-dione, 3, 7-dihydro-1, 3, 7-trimethyl-, phenylethyl alcohol, 1, 2-benzenediol, 3-methoxy-, indole and nerolidol (cis-nerolidol in Wuyi Rock). They differed in quantity, type and content in the extracts. The unique substances in the Anxi Tieguanyin extract included butane, 1, 1-diethoxy-, pyrazine, methoxy-alpha and beta-methoxy- β -D-ribofuranoside, oxalic acid and α -ethylhexyl pentyl ester. The different constituents in the Fujian Jasmine extract were 2-pentene, 4, 4-dimethyl-, (E)-hexanoic acid, 2-propenyl ester, 1, 6-anhydrorhamnose, 3, 5-dimethoxy-4-hydroxybenzyl alcohol, pyrazole-5-carboxylic acid and 3-methyl-. The unique compounds in the Wuyi Rock extract were 2-pentene, 2, 3-dimethyl-, benzene, 1, 3-dimethyl-, 1, 6, 10-dodecatrien-3-ol, 3, 7, 11-trimethyl-, [S-(Z)]-, 1, 5-dimethyl-6-oxo- α -bicyclo[3.1.0]hexane, 11, 14, 17-eicosatrienoic acid and methyl ester.

Key words: GC/MSD; Anxi tieguanyin; Fujian jasmine; Wuyi rock; acetone extract

茶叶是世界三大无酒精饮料之一^[1], 具有多方面的生理活性和药理作用。茶叶中的有机化学成分和无机矿物元素含有许多营养成分和药效成分。茶叶中有机化学成分主要有: 茶多酚类、植物碱、蛋白质、氨基酸、维生素、果胶素、有机酸、脂多糖、糖类、酶类和色素等。近年来, 茶叶加工过程以及终端产品中呈香、呈味物质的组成、含量、转

变规律和协调性、相关性渐成学术重点^[2]。

茶叶中不同的化学成分可以用不同的溶剂分离, 水溶性成分, 如生物碱、水溶性蛋白、茶多酚等可用水提取; 脂溶性物质, 如油脂类、腊、磷脂类、糖脂类、酰基甘油酯、萜烯类、固醇类、茶皂素、维生素 A、胡萝卜素、叶绿素等能够利用乙醚、丙酮、乙醇、苯、石油醚等有机溶剂提取^[3]。

收稿日期: 2010-04-15 初稿; 2010-05-05 修改稿

作者简介: 陈峥 (1982-), 男, 博士, 主要从事化学生态学和生物活性物质分析研究

通讯作者: 刘波 (1957-), 男, 博士, 研究员, 主要从事微生物生物技术及农业生物药物研究 (Email: Fzliubo@163.com)

基金项目: 福建省科技计划重点项目 (2008N0134); 福建省农业科学院科技下乡“双百”行动计划项目 (sbmn 1047)

溶剂提取法是使用最为广泛的方法, 即用不同溶剂分析茶叶的不同成分, 利用茶叶中不同化合物在不同溶剂中的溶解度差异进行提取分离^[4], 可以从不同的侧面了解茶叶的有效成分。杨坤国等^[5]研究了以无水乙醇为提取剂的茶皂素提取方法。应艳杰等^[6]研究了茶末中儿茶素的乙醇提取工艺。萧力争等^[7]研究了绿茶乙醇浸提技术。任健等^[8]研究了用丙酮沉淀法提取茶多糖。由于茶叶中可溶于热水的成分多, 代谢二级产物多^[5], 茶叶中的茶多酚, 茶多糖易溶于热水, 咖啡碱易溶于 80℃以上的热水和极性溶剂, 但在冷水中溶解度较小^[3]。本试验采用热水冲泡后用丙酮溶剂提取的方法, 研究 3 种茶叶丙酮提取物中的成分。

福建省是茶叶种植和生产大省。安溪铁观音、武夷岩茶和福建茉莉花茶均为福建省的名茶, 其茶汤的色泽和风味都有所差异。本研究采用气相色谱质谱联用仪, 对各种茶产品提取物进行物质分析并建立特征物质含量的指纹图谱, 为建立茶叶质量标准提供基础, 为指导茶叶加工提供依据。

1 材料与方法

1.1 材料

试验材料: 茶叶 3 种, 分别为市售安溪铁观音、福建茉莉花茶和武夷岩茶。试剂: 分析纯丙酮。仪器: 美国 Agilent 公司制造的 7890A/5975C 气质联用仪 (GC/MSD)。操作软件: Agilent G1701EA GC/MSD ChemStation。

1.2 方法

试验方法: 分别称取茶样 20 g, 用 200 mL 100℃纯净水冲泡并静置 1 h, 加入 200 mL 丙酮溶液, 每隔 12 h 搅拌 1 次, 24 h 后, 用无水硫酸钠处理后, 置于 4℃冰箱保存。

GC-MS 分析条件为色谱条件: 采用 HP5-MS 色谱柱, 进样口温度 250℃, 压力 5.597 7 psi, 总流量 104 mL·min⁻¹, 隔垫吹扫流量 3 mL·min⁻¹, 分流比 100:1。升温程序为: 50℃保持 2 min, 以 3℃·min⁻¹ 上升到 120℃保持 5 min, 以 10℃·min⁻¹ 上升到 200℃, 然后以 20℃·min⁻¹ 上升到 280℃保持 5 min。质谱条件: 溶剂延迟 4.00 min; 采集模式为全扫描; EMV 模式为相对值; 全扫描参数为开始时候的质量数 50~00 amu, 结束时的质量数 550~00 mu; MS 温度为离子源 230℃, MS 四级杆 150℃。

2 结果与分析

2.1 3 种茶叶丙酮提取物总离子流图谱分析

对茶叶丙酮主要提取物的进行分析, 结果表明, 3 种茶叶即安溪铁观音、茉莉花茶和武夷岩茶丙酮提取物的色谱图中峰面积较大的有 3 个峰, 分别为环己酮、1, 2, 3-苯三酚和 3, 7-二氢-1, 3, 7-三甲基-1H-嘌呤-2, 6-二酮。其中环己酮是溶剂丙酮检测中也存在的成分。说明 1, 2, 3-苯三酚和 3, 7-二氢-1, 3, 7-三甲基-1H-嘌呤-2, 6-二酮是 3 种茶叶中都含有的成分。

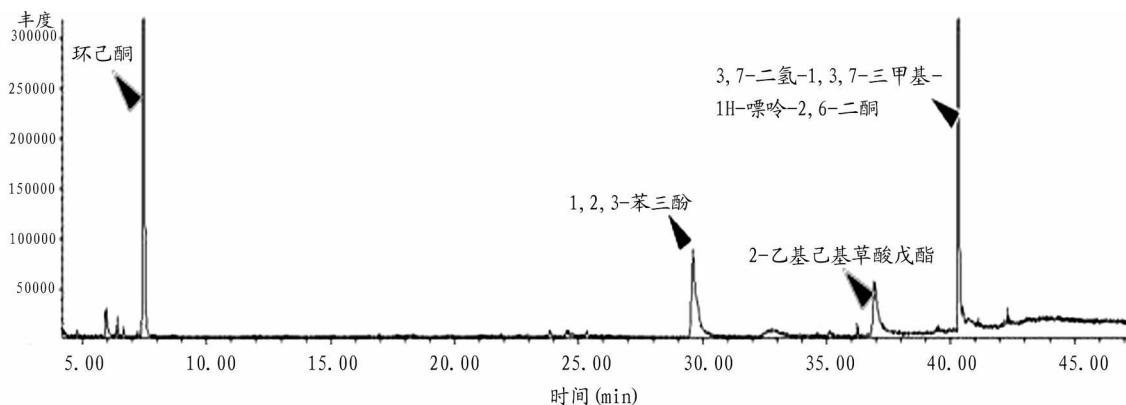


图 1 安溪铁观音丙酮提取物的总离子流图

Fig 1 TIC of acetone extract of Anxi Tieguanyin Tea

在 3 种茶叶丙酮提取物的 GC 指纹图谱中: ①在保留时间为 34 000~35 000 区域中, 铁观音提取物在 34 636 上有 α , β -Methyl-2-deoxy-D-ribopyranoside 的色谱峰; 花茶提取物在

34. 631 上有 2-丙烯基己酸酯的色谱峰; ②在保留时间为 36. 001~37. 000 区域中, 铁观音提取物在 36. 244 上有橙花叔醇的色谱峰、在 36. 925 有 2-乙基己基草酸戊酯的色谱峰; 花茶提取物在 36. 239

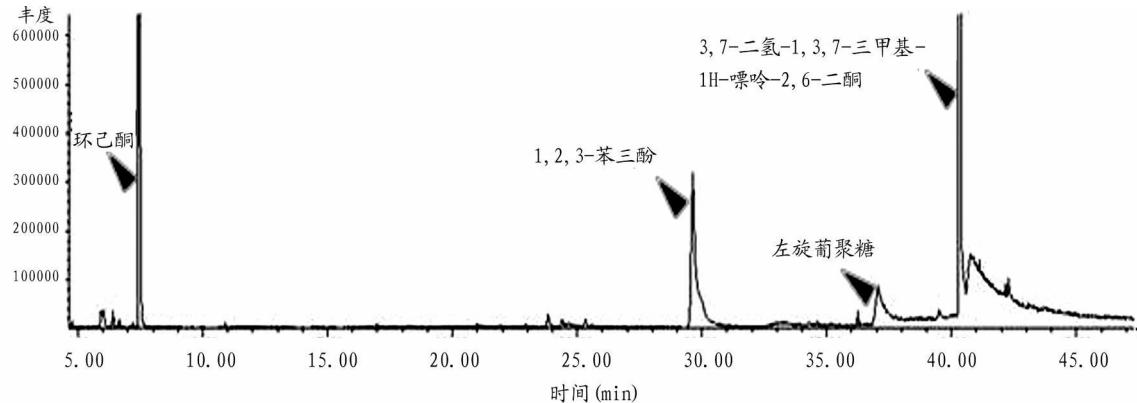


图 2 福建茉莉花茶丙酮提取物的总离子流图

Fig 2 TIC of acetone extract of Fujian Jasmine Tea

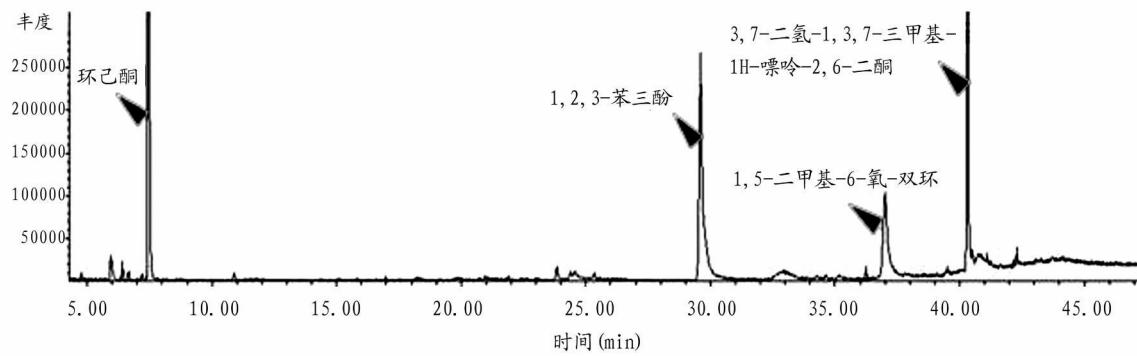


图 3 武夷岩茶丙酮提取物的总离子流图

Fig 3 TIC of acetone extract of Wuyi Rock Tea

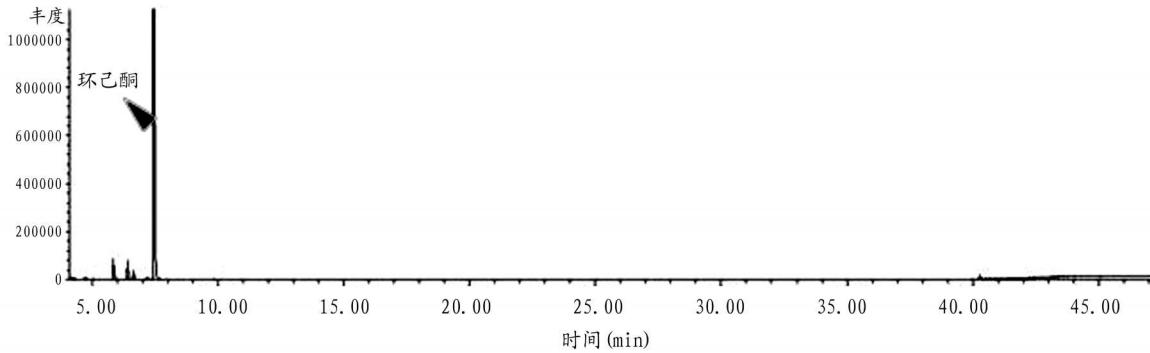


图 4 丙酮对照的总离子流图

Fig 4 TIC of acetone

上有橙花叔醇的色谱峰; 武夷岩茶提取物在 36.256 上有反式-橙花叔醇的色谱峰、在 37.000 上有 1, 5-二甲基-6-氧-双环己烷的色谱峰; ③在保留时间为 37.001~38.000 区域中, 花茶提取物在 37.068 上有左旋葡聚糖的色谱峰、在 37.517 上有 3, 5-二甲氧基-4-羟基-苯甲醇的色谱峰; ④在保留时间为 42.000~43.000 区域内, 花茶提取物在 42.304 上有 3-甲基-5-吡唑甲酸的色谱峰; 武夷

岩茶提取物在 42.298 上有顺式-11, 14, 17-二十碳三烯酸甲酯的色谱峰。

2.2 3 种茶叶丙酮提取物的成分特征比较

在除去溶剂丙酮中的成分后, 从安溪铁观音、茉莉花花茶, 武夷岩茶丙酮提取物中分别鉴定出化合物 10、13、12 种 (表 1)。

安溪铁观音提取物的成分 10 种, 分别为: 2-苯基乙醇、1, 1-二乙氧基-丁烷、3-甲氧基-1, 2-

苯二酚、甲氧基-吡嗪、吲哚、1, 2, 3-苯三酚、alpha, beta α -M ethyl- 2-deoxy-D- ribopyranoside、橙花叔醇、2-乙基己基草酸戊酯和3, 7-二氢-1, 3, 7-三甲基-1H-嘌呤-2, 6-二酮。

花茶提取物的成分 13 种, 分别为: (E)-4, 4-二甲基-2-戊烯、石碳酸、2-苯基乙醇、3-甲氧基-1, 2-苯二酚、对苯二酚、吲哚、1, 2, 3-苯三酚、2-丙烯基己酸酯、橙花叔醇、左旋葡萄糖、3, 5-

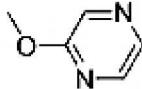
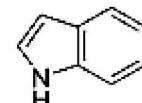
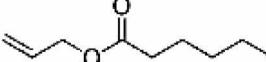
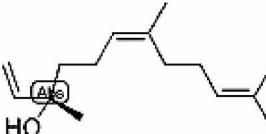
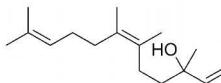
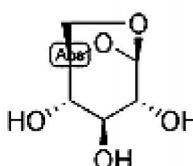
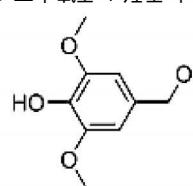
二甲氧基-4-羟基-苯甲醇、3, 7-二氢-1, 3, 7-三甲基-1H-嘌呤-2, 6-二酮和3-甲基-5-吡唑甲酸。

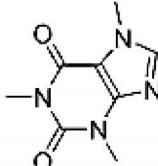
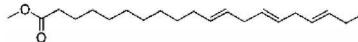
武夷岩茶提取物的成分 12 种, 分别为: 2, 3-二甲基-2-戊烯、1, 3-二甲苯、石碳酸、2-苯基乙醇、3-甲氧基-1, 2-苯二酚、对苯二酚、吲哚、1, 2, 3-苯三酚、反式-橙花叔醇、3, 7-二氢-1, 3, 7-三甲基-1H-嘌呤-2, 6-二酮、顺式-11, 14, 17-二十碳三烯酸甲酯和1, 5-二甲基-6-氧-双环。

表 1 3 种茶叶丙酮提取物的成分

Table 1 Components of acetone extracts of three teas

名称	分子式	安溪铁观音(匹配度/ 保留时间/相对含量)	茉莉花茶(匹配度/ 保留时间/相对含量)	武夷岩茶(匹配度/ 保留时间/相对含量)
2, 3-二甲基-2-戊烯	C ₇ H ₁₄	-	-	58/ 4 762/ 0 200
(E)-4, 4-二甲基-2-戊烯	C ₇ H ₁₄	-	72/ 4 768/ 0. 180	-
1, 3-二甲苯	C ₈ H ₁₀	-	-	74/ 6 650/ 0 420
石碳酸	C ₆ H ₆ O	-	80/ 10 902/ 0 210	90/ 10. 902/ 0 530
2-苯基乙醇	C ₈ H ₁₀ O	37/ 16 973/ 0 190	64/ 16 961/ 0 150	40/ 16. 973/ 0 170
1, 1-二乙氧基-丁烷	C ₈ H ₁₈ O ₂	9/ 22 947/ 0 20		
3-甲氧基-1, 2-苯二酚(儿茶酚)	C ₇ H ₈ O ₃	72/ 23 833/ 0 26	95/ 23 939/ 0. 71	97/ 23 828/ 1. 09
对苯二酚	C ₆ H ₆ O ₂	-	90/ 24 400/ 0. 39	72/ 24 383/ 0 41

名称	分子式	安溪铁观音(匹配度/ 保留时间/相对含量)	茉莉花茶(匹配度/ 保留时间/相对含量)	武夷岩茶(匹配度/ 保留时间/相对含量)
甲氨基 吡嗪	C ₅ H ₆ N ₂ O	53/ 24 583/ 0 10	-	-
				
吲哚	C ₈ H ₇ N	68/ 25 344/ 0 43	83/ 25 338/ 0.35	68/ 25 321/ 0 36
1, 2, 3 苯三酚(焦榈酚)	C ₆ H ₆ O ₃	96/ 29 595/ 17 90	97/ 29 630/ 18 71	97/ 29. 601/ 34 86
				
2 丙烯基己酸酯	C ₉ H ₁₆ O ₂	-	53/ 34 631/ 0.13	-
				
. alpha ,. beta -Methyl-2-deoxy -D-ribopyranoside	C ₆ H ₁₂ O ₄	16/ 34 636/ 0 21	-	-
S (Z)-3, 7, 11-三甲基 1, 6, 10-十二烷 三烯 3 醇(反式-橙花叔醇)	C ₁₅ H ₂₆ O	-	-	74/ 36 256/ 0 50
				
橙花叔醇	C ₁₅ H ₂₆ O	64/ 36 244/ 0 44	91/ 36 239/ 0.37	-
				
2 乙基己基草酸戊酸酯	C ₁₅ H ₂₈ O ₄	27/ 36 925/ 8 95	-	-
1, 5 二甲基-6 氧 双环己烷	C ₇ H ₁₂ O	-	-	22/ 37. 000/ 15 50
左旋葡萄糖	C ₆ H ₁₀ O ₅	-	22/ 37. 068/ 3.83	-
				
3, 5 二甲氧基-4 羟基 苯甲醇	C ₉ H ₁₂ O ₄	-	25/ 37. 517/ 0.19	-
				

名称	分子式	安溪铁观音(匹配度/ 保留时间/相对含量)	茉莉花茶(匹配度/ 保留时间/相对含量)	武夷岩茶(匹配度/ 保留时间/相对含量)
3, 7-二氢-1, 3, 7-三甲基-1H-嘌呤 -2, 6-二酮(咖啡碱, 茶素)		C ₈ H ₁₀ N ₄ O ₂ 97/40 313/100 00	97/40 330/100.00	97/40. 318/100
3-甲基-5-吡唑甲酸	C ₅ H ₆ N ₂ O ₂	-	60/42 304/0.37	-
顺式11, 14, 17二十碳三烯酸甲酯		C ₂₁ H ₃₆ O ₂ -	-	49/42 298/0.34

注: 相对含量指的是以谱图中的最大峰(3, 7-二氢-1, 3, 7-三甲基-1H-嘌呤-2, 6-二酮)面积为100, 其他峰面积与其的比值。

2.3 3种茶叶丙酮提取物中高匹配度的成分特征比较

铁观音中匹配度在85%以上的物质有: 3, 7-二氢-1, 3, 7-三甲基-1H-嘌呤-2, 6-二酮(97%)和1, 2, 3-苯三酚(96%)。花茶中匹配度在85%以上的物质有: 3, 7-二氢-1, 3, 7-三甲基-1H-嘌呤-2, 6-二酮(97%)、1, 2, 3-苯三酚(97%), 儿茶酚(95%), 橙花叔醇(91%)和对苯二酚(90%)。武夷岩茶中匹配度在85%以上的物质: 有3, 7-二氢-1, 3, 7-三甲基-1H-嘌呤-2, 6-二酮(97%)、1, 2, 3-苯三酚(97%)、儿茶酚(97%)和石碳酸(90%)。

2.4 3种茶叶丙酮提取物中的共有成分特征比较

3种茶叶提取物中有6种共有成分, 分别为: 1, 2, 3-苯三酚、3, 7-二氢-1, 3, 7-三甲基-1H-嘌呤-2, 6-二酮、2-苯基乙醇、3-甲氧基-1, 2-苯二酚、吲哚和橙花叔醇(武夷岩茶为反式橙花叔醇)。其中3, 7-二氢-1, 3, 7-三甲基-1H-嘌呤-2, 6-二酮和1, 2, 3-苯三酚的相对含量较高。

2.5 3种茶叶丙酮提取物中高含量的成分特征比较

在铁观音中, 相对含量较高的前3种成分, 从高到底分别为: 3, 7-二氢-1, 3, 7-三甲基-1H-嘌呤-2, 6-二酮(100.00)、1, 2, 3-苯三酚(17.90)、2-乙基己基草酸戊酯(81.95)。在花茶中, 相对含量较高的前3种成分, 从高到低为: 3, 7-二氢-1, 3, 7-三甲基-1H-嘌呤-2, 6-二酮(100.00)、1, 2, 3-苯三酚(18.71)、左旋葡萄糖(31.83)。在武夷岩茶中, 相对含量较高的前3种成分, 从高到低为: 3, 7-二氢-1, 3, 7-三甲基-1H-

嘌呤-2, 6-二酮(100.00)、1, 2, 3-苯三酚(34.86)、1, 2, 3-苯三酚(15.50)。

2.6 3种茶叶丙酮提取物中特征性成分比较

在铁观音中鉴定出的橙花叔醇(C₁₅H₂₆O, 相对含量01.44); 吲哚(C₈H₇N, 相对含量01.43); 2-苯基乙醇(C₈H₁₀O, 相对含量01.19), 吡嗪类(甲氧基-2-吡嗪C₅H₆N₂O, 相对含量01.10), 是铁观音中的主要香气成分。橙花叔醇等倍半萜类表现出相似于玫瑰和苹果的花香, 淡而愉快的木香, 并略有青草气味^[9~10]; 吲哚所表现出的是青苦沉闷的气味, 具有增强绿茶全体香味的效果; 吡嗪类表现出焦糖香和烘炒香。其中的六碳醇、六碳酸、六碳酯表现出嫩茶的鲜爽清香^[9~10]。

在茉莉花茶中鉴定出的橙花叔醇(C₁₅H₂₆O, 相对含量01.37)和吲哚(C₈H₇N, 相对含量01.35)是绿茶中主要的香气成分。橙花叔醇等倍半萜类表现出的香型是木香, 而吲哚所表现出的是青苦沉闷的气味, 具有增强绿茶全体香味的效果, 其中的六碳醇、六碳酸、六碳酯表现出嫩茶的鲜爽清香^[9~10]。

在武夷岩茶中鉴定出的吲哚(C₈H₇N, 相对含量01.36)和2-苯基乙醇(C₈H₁₀O, 相对含量01.17)是乌龙茶中的主要香气成分。吲哚所表现出的是青苦沉闷的气味, 具有增强绿茶全体香味的效果, 其他六碳醇、六碳酸、六碳酯表现出嫩茶的鲜爽清香^[9~10]。

分析表明, 不同的茶类, 主要的香气成分种类不同, 在鉴定出的结果中, 铁观音茶中含有4种成分, 茉莉花茶中含有2种成分, 武夷岩茶中含有2种成分。吲哚(C₈H₇N)成分在3个茶类中都存

在, 且铁观音茶中相对含量较高。

3 结论与讨论

分析表明, 3 种茶叶丙酮提取物都含有以下 6 种物质, 即 1, 2, 32 苯三酚、3, 72 二氢 21, 3, 72 三甲基 21H2 嘌呤 22, 62 二酮(咖啡碱)、22 苯基乙醇、3 甲氧基 21, 22 苯二酚(儿茶酚)、吲哚和橙花叔醇(武夷岩茶为反式橙花叔醇)。其中, 铁观音含乙苯、咖啡碱、22 苯基乙醇、吲哚、22 苯基甲醇和橙花叔醇以及茉莉花茶中含吲哚和橙花叔醇与前人报道一致^[10~14]。

在该试验中鉴定出的咖啡碱是茶叶生物碱的主体物质, 其基本结构是由一个嘧啶环和一个米唑环稠合而成的 1, 3, 72 甲基黄嘌呤^[3], 具有兴奋中枢神经、利尿、消浮肿、平喘、扩张血管壁及降低血液中甘油三酯的浓度的功效^[15~16]。鉴定出的咖啡碱相对含量较多, 可能是因为咖啡碱易溶于极性溶剂^[17]。鉴定出的另一成分儿茶酚的机能性多样, 且效果显著, 已发现的儿茶酚机能性包括抗氧化和抗衰老、抗菌、抗病毒、抗肿瘤和预防心血管疾病等。在分析的茶样中, 3 种茶叶提取物中都含有咖啡碱和儿茶酚。

不同的茶叶其丙酮提取物存在着差异。铁观音丙酮提取物中特有的物质有 1, 12 二乙氧基 2 丁烷、甲氧基 2 吡嗪、1 alpha l, 1 beta l 2M ethyl 22 deoxy y2D2 ribopyranoside 和 22 乙基己基草酸戊酯。花茶丙酮提取物中特有的物质有 (E) 24, 42 二甲基 22 戊烯、22 丙烯基己酸酯、左旋葡萄糖、3, 52 二甲氧基 242 羟基 2 苯甲醇和 3 甲基 252 吡唑甲酸。武夷岩茶丙酮提取物中特有的物质有 2, 32 二甲基 22 戊烯、1, 32 二甲苯、CIS 2 橙花叔醇、1, 52 二甲基 262 氧 2 双环己烷和顺式 21, 14, 172 二十碳三烯酸甲酯。说明不同茶叶类型, 生化物质含量差异很大, 也可以作为茶叶特征的物质成分表述根据。

参考文献:

- [1] 陈宗懋¹ 茶与健康研究的起源与发展 [J]. 中国茶叶, 2009, 4: 6~7.
- [2] 袁海波, 尹军峰, 叶国柱, 等. 茶叶香型及特征物质研究进展(续) [J]. 中国茶叶, 2009, 9: 11~13.
- [3] 顾谦¹ 茶叶化学 [M]. 合肥: 中国科学技术大学出版社, 2002.
- [4] 杨斌, 黄威, 陈峰¹ 绿茶提取物的研究开发现状 [J]. 肉类研究, 2009, 12: 88~91.
- [5] 杨坤过, 黄明泉, 罗国强¹ 以无水乙醇为提取剂的茶皂素提取方法研究 [J]. 湖北民族学院学报, 2000, 18 (3): 19~21.
- [6] 应艳杰, 邵平, 孙培龙¹ 茶末中儿茶素的乙醇提取工艺优化研究 [J]. 农机化研究, 2008 (4): 123~126.
- [7] 陈宗懋¹ 茶叶—健康饮料 [J]. 国际农产品贸易, 2002 (2): 25~27.
- [8] 任健, 杨志宏, 刘钟栋¹ 丙酮沉淀法提取茶多糖的研究 [J]. 杭州食品科技, 2004 (1): 10~14.
- [9] 袁海波, 尹军峰, 叶国柱, 等. 茶叶香型及特征物质的研究进展 [J]. 中国茶叶, 2009 (8): 14~15.
- [10] 李凤凤, 郭雯飞¹ 碧螺珍珠茶与铁观音的香气成分分析与比较 [J]. 浙江大学学报, 2009, 36 (5): 557~560.
- [11] 周昱, 魏宏, 吴天送, 等. 乌龙茶 / 铁观音香气成分的气相色谱/质谱分析 [J]. 色谱, 1994, 12 (5): 355~356.
- [12] 张方舟, 陈荣冰, 黄福平, 等. 春兰及其母本铁观音乌龙茶香气组分分析简报 [J]. 福建农业学报, 1999, 14 (2): 33~36.
- [13] 叶乃兴, 杨广, 郑乃辉, 等. 湿窨工艺及配花量对茉莉花茶香气成分的影响 [J]. 茶叶科学, 2005, 26 (1): 65~71.
- [14] 蒋顾伟, 廖明宏, 李拥军¹ 窯制茉莉花茶与添加香精茉莉花茶香气成分的差异性分析 [J]. 茶叶通讯, 2005, 32 (3): 17~20.
- [15] 吴有军¹ 茶叶成分及功效浅述 [J]. 农牧产品开发, 1997 (10): 8~11.
- [16] 陈宗懋¹ 茶与健康专题(二) 茶叶内含成分及其保健功效 [J]. 中国茶叶, 2009 (5): 4~6.
- [17] 李娟, 活泼, 杨海燕¹ 茶叶功效成分研究进展 [J]. 浙江科技大学学报, 2005, 17 (4): 285~289.
- [18] 黄福平, 陈荣冰, 梁月荣, 等. 乌龙茶做青过程中香气组成的动态变化及其与品质的关系 [J]. 茶叶科学, 2003 (1): 31~37.
- [19] 刘洋, 胡军, 李海民, 等. 乌龙茶香气成分研究进展 [J]. 安徽农业科学, 2009, 37 (33): 16333~16336.
- [20] 萧力争, 胡祥文, 蔡金娥, 等. 绿茶乙醇浸提技术研究 [J]. 天然产物研究与开发, 2006, 18 (4): 634~636, 605.
- [21] 赵楠, 高慧媛, 孙博航, 等. 茶叶的化学成分 [J]. 沈阳药科大学学报, 2007, 24 (4): 211~214.
- [22] 周燕波, 陈启荣, 徐光耀¹ 茶叶成分及其医疗价值 [J]. 中国中医药信息杂志, 1997, 4 (11): 16~18.
- [23] 边世平¹ 茶叶的化学成分及其保健作用 [J]. 青海大学学报: 自然科学版, 2004, 22 (4): 64~65.

(责任编辑: 林海清)