

绿茶、红茶和咖啡中几种功能成分的分离鉴定 及抗氧化性能的比较

郭安南

(宁波大学 生命科学与生物工程学院, 浙江 宁波 315211)

摘要: 用高效液相色谱-质谱联用分析法(HPLC/MS)分离鉴定了绿茶、红茶和咖啡中的主要活性化合物, 如酚类(儿茶素、绿原酸等)、生物碱类(咖啡因等), 并对上述饮品中的咖啡因含量进行了定量分析. 实验表明: 进样量 20 μL , 流速 200 $\mu\text{L}\cdot\text{min}^{-1}$ 条件下, 用流动相乙腈/0.1%三氟乙酸进行梯度洗脱, 能有效分离相关组分; 各饮品中咖啡因的含量依次为绿茶 > 咖啡 > 红茶. 同时用 TEAC 法测定和比较了各饮料样品的总抗氧化能力.

关键词: 茶; 多酚类化合物; 绿原酸; 高效液相色谱-质谱联用分析法; 抗氧化能力

中图分类号: O657.72; TS272.5 **文献标识码:** A **文章编号** 1001-5132 (2011) 01-0018-06

酚类化合物作为由植物合成的二级代谢产物, 广泛存在于植物中. 植物酚类是一个庞大而多样的群体, 有肉桂酸类(Cinnamic Acids)、安息香酸类(Benzoic Acids)、类黄酮化合物(Flavonoids)、原花色素(Proanthocyanidins)、二苯乙烯类(Stilbenes)、香豆素类(Coumarins)^[1]. 植物酚类由于结构的供氢能力, 有很强抗氧化性, 有助于减少诸多慢性病的发生, 如心血管疾病、癌症等^[2]. 茶(*Camellia sinensis*)是全世界消费最多的饮料, 研究表明茶叶有抗癌功效, 能抑制高胆固醇、心血管等疾病^[3]. 茶叶中主要活性物质是茶多酚(Tea Polyphenols), 茶多酚中最重要的成分是儿茶素类, 它包括黄烷醇类(C、EC、ECG、EGC、GC、EGCG等)、其他类黄酮(黄酮醇类、黄酮化合物等)、简单多酚类化合物(如没食子酸、肉桂酸、奎宁酸酯类等)、原花色素类及单宁等^[3-4]. 红茶较之绿茶为全发酵茶, 多酚类物质产生较为深刻的酶性氧化, 形成多酚类的氧化产物茶黄素和茶红素等. 除多酚类物质, 茶叶中还含有嘌呤生物碱类化合物, 其中比较多的是咖啡因, 还有可可碱和茶碱. 咖啡是采用经过烘焙的咖啡豆(咖啡属植物 *Coffea arabica* 或 *Coffea robusta* 的种子)制作的饮料. 生咖啡豆里主要含有

生物碱(咖啡因、可可碱和茶碱)、酚类(绿原酸(即 5-*o*-咖啡酰奎宁酸, 5-CQA)、原花色素等)等主要活性物质^[5]. 冲煮的咖啡经过了麦拉德反应, 产生了其他衍生物, 如咖啡酸、阿魏酸、*p*-香豆酸、阿魏酰奎宁酸(Feruloylquinic Acid, FQA)、二咖啡酰奎宁酸(Dicaffeoylquinic Acid, diCQA)等, 但是, 在咖啡中没有儿茶素类多酚类物质^[6].

研究表明, 高效液相色谱能够有效分离酚类化合物. Bravo Laura 等人^[7-10]对茶饮料进行了高效液相色谱分析, Casal S 等人^[6,9,11]用高效液相色谱分析了咖啡中的活性化合物, 而且还进行了高效液相色谱和毛细管电泳分离方法的比较. 笔者使用反相高效液相色谱对绿茶、红茶和咖啡中的活性物质, 主要是具有抗氧化性的化合物进行分离鉴定, 找到合适的色谱参数条件; 并通过测定这几种饮料的抗氧化值, 得到植物饮料之间的抗氧化性能强弱比较.

1 材料与方法

1.1 材料

试剂除了用于高效液相色谱(HPLC)流动相的有机溶剂是色谱纯, 其他试剂均为分析纯. 绿茶、

红茶(Sri Lanka 牌)和咖啡(100% Arabica Columbia 速溶咖啡)均是市售产品。

1.2 方法

1.2.1 样品制备

样品经过如下处理得到测试样: 称取 0.5 g 茶叶或咖啡浸入或溶于 25 mL 沸腾的水中, 3 min 过滤, 得到的水溶液再稀释 10 倍或 20 倍。

1.2.2 高效液相色谱

高效液相色谱部分: Surveyor 系统(Thermo-Electron, Courtaboeuf, France), C18 反相色谱柱(EC 250/2 Nucleodur sphinx RP, 5 μ m, 2.1 mm \times 250 mm, Macherey-Nagel, Hoerd, Fr). 质谱检测仪部分: LCQ Advantage 设备(ThermoElectron, Courtaboeuf, France), 采用电喷雾电离(ESI)技术, Xcalibur 软件分析处理获得的数据。

1.2.3 总抗氧化能力的测定

一个体系内的各种抗氧化大分子、抗氧化小分子和酶的总水平即体现了该体系内的总抗氧化能力。茶、咖啡等饮料中都含有具有抗氧化作用的酚类成分, 所以测定总抗氧化能力, 就可对各体系的抗氧化性能进行比较^[12]。总抗氧化能力采用 TEAC (Trolox Equivalent Antioxidant Capacity)测定, 由于 Trolox 是一种维生素 E 的类似物, 具有和维生素 E 相近的抗氧化能力, 因此被选择作为标准抗氧化剂。然后选择一种有发色基团的自由基 DPPH 作为活性氧, 由于 DPPH 自由基有单电子, 在 517 nm 处有强吸收, 其醇溶液呈紫色, 在抗氧化物存在时, DPPH⁺的产生会被抑制, 在 517 nm 测定 DPPH⁺的可见光吸光度, 即可测定并计算出样品总抗氧化能力值。另外, 带有颜色的样品对于此方法的测试效果有一定影响, 所以需对测得的吸光度的光谱图进行二阶导数的处理, 这样可很大程度上消除这些影响。方法使用紫外可见分光光度计 PHILIPS PU 8740 UV/VIS, 用 Savitsky-Golay 方式对所得吸光度值作二阶导数处理, 连接的输出图谱的打印机是 PHILIPS PU 4900/20。

2 结果与分析

2.1 HPLC/MS 分离鉴定

用等度洗脱和梯度洗脱 2 种方式对待测样品进行了分离, 结果显示: 2 种方式均能使各组分分

离, 而且等度洗脱用时较短, 大概是梯度洗脱的一半。但从分离效果看, 梯度洗脱更好, 能够识别出更多的组分。参数条件: 进样量 20 μ L, 流动相流速 200 μ L \cdot min⁻¹, 紫外检测波长 254 nm, 梯度洗脱中流动相由 A 和 B 组成; 流动相 A: 乙腈/0.1%三氟乙酸=90/10, 流动相 B: 乙腈/0.1%三氟乙酸=10/90, 流动相分配见表 1。

表 1 HPLC 梯度洗脱流动相随时间的分配

时间/min	A / (v/v)	B / (v/v)
0~10	100	0
10~40	100~70	0~30
40~60	70	30
60~65	70~30	30~70

根据各化合物的结构特点可以分析出化合物分离洗脱的先后顺序, 即保留时间的大小。它们的保留时间取决于它们分子结构的疏水性。没食子酸(GA)和没食子酰奎宁酸(5-GQA)亲水性最强, 所以最先流出色谱柱。在儿茶素类化合物中, 同分异构体没食子儿茶素(GC)和表没食子儿茶素(EGC)在 B 环有 3 个羟基-OH, 相对疏水性小, 先分离; 接着在 B 环有 2 个羟基的同分异构体儿茶素(C)和表儿茶素(EC)被洗脱; 而表没食子儿茶素没食子酸酯(EGCG)和表儿茶素没食子酸酯(ECG)是多了一个酚环的酯类, 因为化合为酯而少了 1 个羟基, 所以疏水性最强, 因而较晚被洗脱。

分离出的化合物用质谱仪检测出相对分子质量, 并且结合以往文献记载^[7-11,13-25], 鉴定出化合物的结构。

2.1.1 绿茶和红茶

在优化的梯度洗脱的参数条件下, 获得了茶饮料的色谱图, 并对各成分进行质谱等分析。色谱

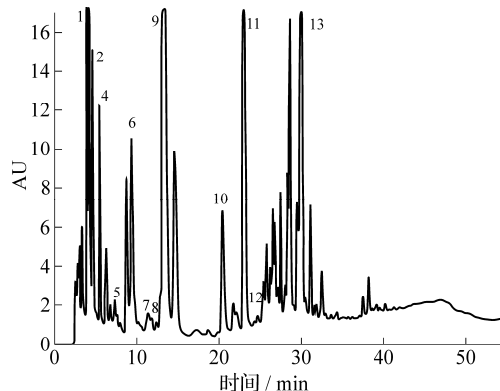


图 1 绿茶的 HPLC 色谱图

表2 茶饮料的 HPLC 成分鉴定

峰序号	茶组分名称	分子式	相对分子质量	绿茶保留时间/min	红茶保留时间/min
1	没食子酸	C ₇ H ₆ O ₅	170	4.20	3.96
2	5-没食子酰奎宁酸	C ₁₄ H ₁₆ O ₁₀	344	4.69	4.5
3	没食子儿茶素	C ₁₅ H ₁₄ O ₇	306.3	5.30	5
4	可可碱	C ₇ H ₈ N ₄ O ₂	180	5.57	5.28
5	新绿原酸	C ₁₆ H ₁₈ O ₉	354	7.40	7.0
6	表没食子儿茶素	C ₁₅ H ₁₄ O ₇	306.3	9.44	8.8
7	儿茶素	C ₁₅ H ₁₄ O ₆	290.3	11.44	10.8
8	绿原酸	C ₁₆ H ₁₈ O ₉	354	12.50	11.7
9	咖啡因	C ₈ H ₁₀ N ₄ O ₂	194.2	13.44	12.77
10	表儿茶素	C ₁₅ H ₁₄ O ₆	290.3	20.46	19.70
11	表没食子儿茶素没食子酸酯	C ₂₂ H ₁₈ O ₁₁	458.4	23.12	22.54
12	4- <i>O-p</i> -香豆酰奎宁酸	C ₁₆ H ₁₈ O ₈	338	24.82	24.3
13	表儿茶素没食子酸酯	C ₂₂ H ₁₈ O ₁₀	442.4	30.24	29.86

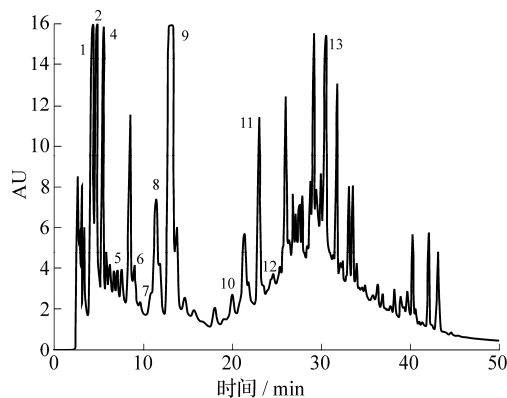


图2 红茶的 HPLC 色谱图

图如图 1 和图 2 所示, 成分鉴定见表 2.

2.1.2 咖啡

在优化的梯度洗脱的参数条件下, 获得的咖啡的色谱图如图 3 所示, 成分分析见表 3.

2.1.3 咖啡因的定量分析

用高效液相色谱还可以对各可检出化合物进行定量测定. 茶和咖啡中咖啡因的含量都很高, 用加标测定法可以得到样品中咖啡因的含量. 即取几个相同量的样品, 分别加入不同量且呈一定梯度的纯咖啡因标准溶液, 用流动相稀释到同样体积. 以加入的咖啡因的浓度(x)和色谱峰面积(y)做标准曲线, 当 $y=0$ 时, x 值的绝对值即为样品中咖啡因的含量. 相关数据见表 4.

用加标测定法得到绿茶、红茶和咖啡的标准曲线分别如下:

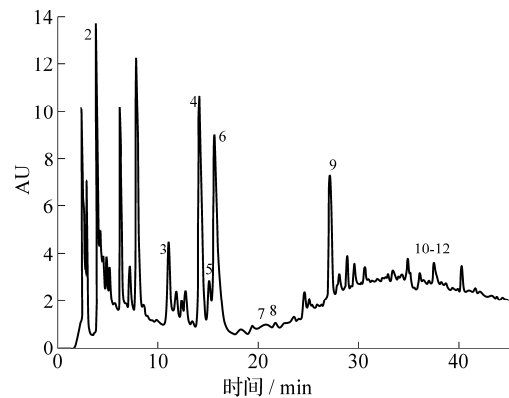


图3 咖啡的 HPLC 色谱图

表3 咖啡的 HPLC 成分鉴定

峰序号	咖啡组分名称	分子式	保留时间/min
1	烟酸	C ₆ H ₄ NO ₂ ⁻	
2	葫芦巴碱	C ₇ H ₇ NO ₂	4.01
3	3- <i>O</i> -阿魏酰奎宁酸	C ₁₇ H ₂₀ O ₉	11.14
4	绿原酸	C ₁₆ H ₁₈ O ₉	14.29
5	咖啡酸	C ₉ H ₈ O ₄	15.20
6	咖啡因	C ₈ H ₁₀ N ₄ O ₂	15.78
7	<i>p</i> -香豆酸	C ₉ H ₈ O ₃	20.66
8	阿魏酸	C ₁₀ H ₁₀ O ₄	21.75
9	5- <i>O</i> -阿魏酰奎宁酸	C ₁₇ H ₂₀ O ₉	27.27
10	3,4- <i>di-O</i> -咖啡酰奎宁酸	C ₂₅ H ₂₄ O ₁₂	34~38
11	3,5- <i>O</i> -二咖啡酰奎宁酸	C ₂₅ H ₂₄ O ₁₂	34~38
12	4,5- <i>O</i> -二咖啡酰奎宁酸	C ₂₅ H ₂₄ O ₁₂	34~38

$$y = 1.902x + 63.78, R^2 = 0.9857,$$

$$y = 1.583x + 37.74, R^2 = 0.9592,$$

$$y = 1.972x + 49.44, R^2 = 0.998.$$

用这种方法, 测得绿茶中咖啡因含量最高, 为 $0.67 \text{ mg}\cdot\text{mL}^{-1}$, 咖啡中咖啡因的含量次之, 为 $0.502 \text{ mg}\cdot\text{mL}^{-1}$, 红茶中含量最少, 为 $0.476 \text{ mg}\cdot\text{mL}^{-1}$.

2.2 TEAC 值的测定

按表 5 配制 Trolox 系列标准溶液和待测样品, 依次测定吸光度, 并且用 Savitsky-Golay 分析方法对数据进行二阶导数处理(图 4). 得到的二阶导数值先进行样品的抑制率计算, 公式如下:

$$\text{抑制率} = [(S_0 - S_x) / S_0] \times 100\%,$$

其中, S_0 是浓度为 $0 \mu\text{mol}\cdot\text{L}^{-1}$ 的 Trolox 吸光度的二阶导数值; S_x 是浓度为 $0\sim 100 \mu\text{mol}\cdot\text{L}^{-1}$ 的 Trolox 和待测样品的各吸光度的二阶导数值. 以不同浓度 ($0\sim 100 \mu\text{mol/L}$) 的 Trolox(x)与抑制率(y)做标准曲线, 根据所得标准曲线方程:

$$y = 0.8459x - 9.412, R^2 = 0.9478,$$

计算得到样品绿茶的 TEAC 值为 $63.6 \mu\text{mol}\cdot\text{L}^{-1}$, 咖啡 TEAC 值为 $37.8 \mu\text{mol}\cdot\text{L}^{-1}$, 红茶的 TEAC 值为 $35.2 \mu\text{mol}\cdot\text{L}^{-1}$. 所以样品中总抗氧化能力最强的是绿茶, 其次是咖啡, 红茶的总抗氧化能力最小.

总之, 在绿茶、红茶中主要的抗氧化物质是黄烷醇类(Flavan-3-ols), 其中含量最多的是儿茶素类,

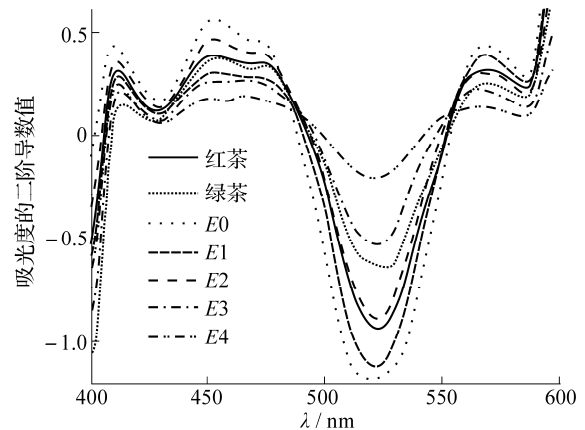


图 4 标准溶液和饮料样品的吸收光谱的二阶导数图 尤其是 EGCG. 在咖啡中主要起抗氧化作用的是酚酸类, 如绿原酸(5-CQA)、新绿原酸(3-CQA)、阿魏酰奎宁酸(3-FQA)、二咖啡酰奎宁酸(3,4-diCQA)等. 比较抗氧化性能得到, 几种饮料总抗氧化能力的强弱顺序是: 绿茶 > 咖啡 > 红茶.

用毛细管电泳分析法也能对这些饮料进行分离鉴定^[26-31], 而且由于分离机理的不同, 可以较快的得到在液相色谱中保留时间比较长的物质, 如茶氨酸(Theanine)、茶黄素(Theaflavin)等, 所以结合多种分析手段是必不可少的. 除茶、咖啡以外, 红、白葡萄酒、葡萄汁、啤酒等植物性饮料都可以用这些方法进行鉴定分析^[32-33], 找到一些相同、相似结构和特有结构的活性物质, 开发这些天然功效化合

表 4 样品中咖啡因含量的加标测定法方法

样品加入量/mL	50 mg·L ⁻¹ 标准咖啡因溶液加入量/mL	加入的咖啡因浓度/ (× 10 ⁻⁶)	色谱图峰面积		
			绿茶	红茶	咖啡
0.5	0	0	62.8	32.2	48
0.5	2	10	81.0	57.2	70
0.5	4	20	104.0	73.0	90.9
0.5	6	30	125.8	89.3	107.8
0.5	8	40	135.5	95.3	127.7

表 5 Trolox 系列标准溶液 E0~E4 和待测样品的配制

	空白	E0	E1	E2	E3	E4	绿茶	红茶	咖啡
初制备的饮料样品/ μL	-	-	-	-	-	-	200	200	200
$5 \times 10^{-4} \text{ mol}\cdot\text{L}^{-1}$ Trolox 溶液/ μL	0	0	100	200	300	400	-	-	-
无水乙醇/ μL	400	200	100	0	0	0	0	0	0
$0.1 \text{ mol}\cdot\text{L}^{-1}$ Tris-HCl 缓冲溶液/ μL	1 600	800	800	800	700	600	800	800	800
$5 \times 10^{-4} \text{ mol}\cdot\text{L}^{-1}$ DPPH 溶液/ μL	0	1 000	1 000	1 000	1 000	1 000	1 000	1 000	1 000
Trolox 的浓度/ $(\mu\text{mol}\cdot\text{L}^{-1})$	空白	0	25	50	75	100	-	-	-

物运用于不同领域,如保健品、化妆品等将是努力的方向。

致谢:感谢巴黎第五大学药物和生物科学学院分析化学实验室以及 Jean-Pierre Gramond 教授和 Dominique Fompeydie 女士对本文的大力协助。

参考文献:

- [1] Marian N, Fereidoon S. Extraction and analysis of phenolics in food[J]. *Journal of Chromatography A*, 2004, 1054:95-111.
- [2] Stjepan M, Damir I, Božidar G S. A novel amperometric method for antioxidant activity determination using DPPH free radical[J]. *Bioelectrochemistry*, 2006, 68: 175-180.
- [3] Harbowy M E, Balentine D A. Tea chemistry[J]. *Critical Reviews in Plant Sciences*, 1997, 16(5):415-480.
- [4] Higdon J V, Balz F. Tea catechins and polyphenols: Health effects, metabolism, and antioxidant functions[J]. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*, 2003, 43(1):89-143.
- [5] Parras P, Martínez T M, Jiménez A M, et al. Antioxidant capacity of coffees of several origins brewed following three different procedures[J]. *Food Chemistry*, 2007, 102: 582-592.
- [6] Casal S, Andrade P, Oliveira M, et al. Analysis of hydroxycinnamic acids of coffee: A comparison of high performance liquid chromatography and capillary zone electrophoresis[J]. *Journal of Liquid Chromatography & Related Technologies*, 1999, 22(4):513-521.
- [7] Laura B, Luis G, Elena L. LC/MS characterization of phenolic constituents of mate (*Ilex paraguariensis*, St. Hil.) and its antioxidant activity compared to commonly consumed beverages[J]. *Food Research International*, 2007, 40:393-405.
- [8] Daniele D R, Stewart A J, William M, et al. HPLC-MSn analysis of phenolic compounds and purine alkaloids in green and black tea[J]. *Journal of Agriculture and Food Chemistry*, 2004, 52(10):2807-2815.
- [9] Lee B L, Ong C N. Comparative analysis of tea catechins and theaflavins by high-performance liquid chromatography and capillary electrophoresis[J]. *Journal of Chromatography A*, 2000, 881:439-447.
- [10] Tetsuhisa G, Yuko Y, Masaaki K, et al. Simultaneous analysis of individual catechins and caffeine in green tea[J]. *Journal of Chromatography A*, 1996, 749:295-299.
- [11] Trindade A S, Eloy D R C, Marta D T. Methodology for simultaneous HPLC determination of nicotinic acid, trigonelline, chlorogenic acid and caffeine in roasted coffee[J]. *Química Nova*, 2006, 29(6):1164-1168.
- [12] Myriam R, Isabelle T, Elizabeth O. Comparison of the antioxidant activity of commonly consumed polyphenolic beverages (coffee, cocoa, and tea) prepared per cup serving[J]. *Journal of Agriculture and Food Chemistry*, 2001, 49(7):3438-3442.
- [13] Correia A M N G, Leitão M C A, Clifford M N. Caffeoyl-tyrosine and Angol II as characteristic markers for Angolan robusta coffees[J]. *Food Chemistry*, 1995, 53: 309-313.
- [14] Ascencion R C M, Nathalie M, Kumar K V S, et al. Characterization and estimation of proanthocyanidins and other phenolics in coffee pulp (*coffea arabica*) by thiolysis-high-performance liquid chromatography[J]. *Journal of Agriculture and Food Chemistry*, 2004, 52: 1344-1349.
- [15] Clifford M N, Johnston K L, Susan K, et al. Hierarchical scheme for LC-MSn identification of chlorogenic acids[J]. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 2003, 51(10): 2900-2911.
- [16] Aucamp J P, Hara Y, Apostolides Z. Simultaneous analysis of tea catechins, caffeine, gallic acid, theanine and ascorbic acid by micellar electrokinetic capillary chromatography[J]. *Journal of Chromatography A*, 2000, 876(1):235-242.
- [17] Müller R É, Péres R G, Jaime A F. Determination of phenolic acids in coffee by micellar electrokinetic chromatography[J]. *Food Chemistry*, 2007, 105(4):1578-1582.
- [18] Maria D, Marco R, Adele P, et al. In vitro and ex vivo antihydroxyl radical activity of green and roasted coffee[J]. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 2004, 52(6):1700-1704.
- [19] Trugo L C, Robert M. Chlorogenic acid composition of instant coffees[J]. *The Analyst*, 1984, 109(3):263-266.
- [20] Tomonori U, Sagesaka Y M, Takami K. Analysis of tea catechins in human plasma by high-performance liquid chromatography with solid-phase extraction[J]. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 2005, 53(26):9885-9889.
- [21] De A N M, Veloso M C C, Souza B M, et al. Multivariate optimisation of the experimental conditions for determination of three methylxanthines by reversed-phase high-performance liquid chromatography[J]. *Talanta*, 2005, 67:

- 1007-1013.
- [22] Yao Lihu, Jiang Yueming, Nivedita D, et al. HPLC analyses of flavanols and phenolic acids in the fresh young shoots of tea (*Camellia sinensis*) grown in Australia[J]. Food Chemistry, 2004, 84(2):253-263.
- [23] Gil A M, Duarte I F, Godejohann M, et al. Characterization of the aromatic composition of some liquid foods by nuclear magnetic resonance spectrometry and liquid chromatography with nuclear magnetic resonance and mass spectrometric detection[J]. Analytica Chimica Acta, 2003, 488:35-51.
- [24] Aclécio M G, Massao S M, Paulo M. Polyphenoloxidase activity in coffee leaves and its role in resistance against the coffee leaf miner and coffee leaf rust[J]. Phytochemistry, 2006, 67:277-285.
- [25] Rong T, Raymond Y. Optimization of a new mobile phase to know the complex and real polyphenolic composition: towards a total phenolic index using high-performance liquid chromatography[J]. Journal of Chromatography A, 2003, 1018:29-40.
- [26] Wang S F, Zhang J Y, Chen X G, et al. Study of the electrophoretic behaviour of flavonoids[J]. Chromatographia, 2004, 59(7/8):507-511.
- [27] Hideki H, Toshihiro M, Katsunori K. Simultaneous determination of qualitatively important components in green tea infusions using capillary electrophoresis[J]. Journal of Chromatography A, 1997, 758:332-335.
- [28] Lourdes A, Angel R, Miguel V. Determination of anti-carcinogenic polyphenols present in green tea using capillary electrophoresis coupled to a flow injection system[J]. Journal of Chromatography A, 1998, 827:113-120.
- [29] Merike V, Mihkel K. Separation of polyphenolic compounds extracted from plant matrices using capillary electrophoresis[J]. Journal of Chromatography A, 2003, 990:225-230.
- [30] Veronica G, Coral B. Capillary electrophoresis for the analysis of short-chain organic acids in coffee[J]. Journal of Chromatography A, 2004, 1032(1/2):299-304.
- [31] Cao Y H, Wang Y, Yuan Q. Analysis of flavonoids and phenolic acid in propolis by capillary electrophoresis[J]. Chromatographia, 2004, 59(1/2):135-140.
- [32] Vanhoenacker G, De Villiers A, Lazou K, et al. Comparison of high-performance liquid chromatography-mass spectroscopy and capillary electrophoresis-mass spectroscopy for the analysis of phenolic compounds in diethyl ether extracts of red wines[J]. Chromatographia, 2001, 54(5/6):309-315.
- [33] Santos J R, Carneiro J R, Guido L F, et al. Determination of E-2-nonenal by high-performance liquid chromatography with UV detection: Assay for the evaluation of beer ageing[J]. Journal of Chromatography A, 2003, 985:395-402.

Functional Components and Antioxidant Value in Green Tea, Black Tea and Coffee

GUO An-nan

(Faculty of Life Science and Biotechnology, Ningbo University, Ningbo 315211, China)

Abstract: The separation and identification of the main active compositions in the common beverages (green and black tea, coffee) are achieved for analyzing the antioxidant activities using HPLC/MS, including the phenolic compounds (Catechines, Chlorogenic acid, etc.), the purine alkaloids (Caffeine etc.). The caffeine level is analyzed quantitatively in these given beverages using HPLC. The chromatographic parameters are optimized. The sampling volume is 20 μL . The flow rate is 200 $\mu\text{L}\cdot\text{min}^{-1}$. The mobile phase of acetonitrile solution 0.1% trifluoro acetic acid is used to carry out gradient elution. The caffeine level found in these beverages can be placed in descending order as follows: green tea>coffee>black tea. Moreover, the antioxidant capacity is evaluated using the method of TEAC for comparing the overall antioxidant capacity among these common beverages.

Key words: tea; polyphenol; chlorogenic acid; HPLC/MS; antioxidant capacity

(责任编辑 章践立)