

黄酮类化合物分析方法概述

赵晓莉, 岳 红

(西北工业大学理学院应用化学系, 陕西 西安 710072)

摘 要 主要综述了黄酮类化合物的分析方法。重点介绍了分光光度法、平面色谱法、高效液相色谱法、超临界流体色谱法、高效毛细管电泳法、极谱法、色谱—质谱联用技术。

关键词: 黄酮类; 分光光度; 色谱; 极谱; 高效毛细管电泳色谱

中图分类号: O656

文献标识码: A

文章编号: 1008—858X(2005)02—0034—06

黄酮类化合物广泛分布于植物界。绝大多数植物都能合成黄酮类化合物。它们是色原烷或色原酮的衍生物。其结构特点是: C₆—C₃—C₆ 的基本骨架; 并根据中间吡喃环的不同氧化水平和两侧 A、B 环上的各种取代基, 分为许多不同的黄酮类型^[1,5]。主要包括: 黄酮类、黄酮醇类、异黄酮类、黄烷酮类、查耳酮、异黄烷酮、双黄酮类等^[4,5]。在天然植物中, 绝大多数黄酮类化合物以苷的形式存在, 少数以游离形式存在^[1,3]。

黄酮类化合物的生理功能多种多样。不同的黄酮类化合物具有不同的生物活性, 主要的生理活性有: 维生素 P 样作用、抗菌作用、抑制癌细胞的生长或抗癌作用、解痉挛作用、降低血压作用、女性激素样作用、抑制胆碱酯酶作用、扩张冠状动脉的作用等^[2]。此外, 还有大量研究表明黄酮类化合物有降血脂、止血、镇咳祛痰、降低血管脆性、抑制血小板聚集等多种药理作用; 正是黄酮类化合物的上述生物活性引起了人们的广泛重视。

目前分析黄酮类化合物的方法主要有: 分光光度法、高效液相色谱法、高效毛细管电泳法、极谱法和色谱—质谱联用等。

1 黄酮类化合物的主要分析方法

1.1 分光光度法

黄酮类化合物的测定多采用硝酸铝比色法。其基本原理为黄酮类化合物与 Al(NO₃)₃ 进行络合显色, 以芦丁为标准溶液, 在 UV510 nm 处测定黄酮类化合物的含量。但硝酸铝比色法专一性较差, 测定受处理过程颜色变化的影响^[9]。罗宪堂^[7]等利用该法测定了山香圆叶中的黄酮类成分的含量。

为了提高硝酸铝比色法的准确度, 人们对该法进行了多项改进。尉芹^[8]等发现硝酸铝比色法在测定杜仲总黄酮时的主要干扰因素是绿原酸, 他们采用纸层析法将样品中的黄酮与绿原酸分离后, 再用硝酸铝比色法测定黄酮含量, 从而提高了测定的准确度。孙立立^[9]等以金丝桃苷为对照品, 对全国 10 个地区的山里红和山楂中的总黄酮进行了测定, 结果各地样品中总黄酮含量在 0.84%—3.62%, 与 HPLC 法测定的金丝桃苷含量基本正相关。刘佳佳^[10]等用硼酸—柠檬酸比色法测定了银杏叶不同季节黄酮的含量。

收稿日期: 2004—05—20

作者简介: 赵晓莉(1978—), 女, 硕士研究生, 主要从事稀叶黄酮类化合物的提取分离研究。

(C)1994-2020 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved. <http://www.cnki.net>

彭科怀^[1]等利用黄酮类化合物的铝盐络合物本身具有的黄色进行比色, 检测花粉中总黄酮含量。王宗花^[12]等发现在阳离子表面活性剂 (CTMAB) 存在下, Mo^{6+} 与黄酮类化合物形成胶束配合物体系, 使测定的灵敏度有了较大的提高; 他们以芦丁为对照品, 在 410 nm 波长处测定黄酮类化合物的总含量。徐燕^[13]等以黄芩苷为对照品, 采用双波长分光光度法测定黄芩总黄酮含量; 测定波长为 278nm, 参照波长为 242nm。董怀海^[14]等利用三波长比色测定方法测定大豆胚芽中大豆异黄酮的含量, 发现利用该法可以最大限度地消除大豆异黄酮提取液中其它杂质对大豆异黄酮测定的干扰。

1.2 平面色谱法

平面色谱法是色谱的一种。包括在纸上进行的纸色谱法和在薄层板上进行的薄层色谱法。由于纸色谱法的选择性和重现性较差, 多用于定性分析。余戟^[15]等采用高于临界胶束浓度 (CMC) 的十二烷基硫酸钠 (SDS), 溴化十二烷基甲基苄铵 (BzBr) 水溶液作展开剂, 通过纸色谱法分离和检测桑色素、杨梅黄素等 8 种黄酮苷和苷元, 并发现 0.01—0.02mol/L 的 SDS 或 BzBr 胶束展开体系适宜于分离黄酮苷类。

薄层色谱法具有设备简单、操作方便、分离速度快等特点, 但属于离线操作。仪器以及自动化程度较差, 分离是在开放式的固定相上进行, 影响分离的因素较多。因此, 在分辨率及重现性等方面不如高效液相色谱法和气相色谱法, 在较长时间内被作为定性和半定量的手段, 但与气相色谱和高效液相色谱法相比也有自己的优点。如固定相是一次性使用, 样品的预处理比较简单, 对分离物质的性质无特别限制, 应用广泛; 可同时平行分离多个样品, 测试速度快, 一次操作所需溶剂量少, 选择范围宽, 并有不同展开方式, 有利于不同性质的物质分离; 在同一色谱板上可根据组分性质选择不同显色剂或检测方法进行定性或定量; 薄层色谱图像可提供原始彩色图像, 不仅便于保存原始图像, 而且薄层技术可以提供较多信息, 直观性可比性均较好等。20 世纪 80 年代, 出现了仪器化薄层色谱, 即在高效薄层板上进行组分离, 并且薄层色谱法的每一步

骤中都有一套仪器来代替手工操作可得到高质量的色谱图, 再配以高质量的薄层扫描仪, 大大提高了定量结果的重现性和准确度。马柏林^[16]等以十二烷基硫酸钠 (SDS)/ 正丁醇/ 正庚烷/ 水微乳液作为展开剂, 以 AlCl_3 乙醇溶液为显色剂, 在波长 365 nm 紫外灯下检视, 发现由 SDS/ 正丁醇/ 正庚烷/ 水微乳液按 11.7/15.6/2.7/70.0 的比例组成的 O/W 型微乳液适于分离杜仲所含黄酮。张冬冬^[17]等用硅胶 G 薄板 (5×20 cm), 展开剂为苯/吡啶/甲酸 (36/9/5), 对照品为 1% 槲皮素甲醇液 1mL, 显色剂为 1% 二氯化铝乙醇液, 在紫外光下观察, 确定黄花菜含有黄酮醇类化合物。

1.3 高效液相色谱法

高效液相色谱 (High performance Liquid Chromatography, HPLC) 法具有分离效率高、分析速度快、检测灵敏度高的特点; 并且适应于高沸点、大分子、强极性和热稳定性差的化合物的分离分析。高效液相色谱法是测定黄酮类化合物的有效方法。该法可以直接分析黄酮苷的含量, 也可以通过水解后分析黄酮苷元含量, 再通过转化系数求得黄酮总含量^[1]。

高效液相色谱中反相液相色谱在测定黄酮含量中扮演着中心角色, 它是基于溶质在极性流动相和非极性固定相表面之间的疏水效应建立的一种色谱模式。黄酮类化合物分析中 C_{18} 柱用的最为普遍, 过去主要分析极性较大的苷或苷元, 现在可用于分析低极性的苷元。应用反相 HPLC 分析黄酮类化合物, 一般优先选择甲醇/水及乙腈/水体系为流动相。为了提高分离度常常需要梯度洗脱。正相系统中流动相一般采用乙烷或异辛烷等体系, 以极性较大的乙醇、丙醇、乙腈等有机溶剂调节。由于黄酮类化合物常带有酚羟基, 在水中会部分解离, 而未解离的羟基与固定相作用较强, 从而导致拖尾。所以黄酮类化合物的反相 HPLC 中需要加入酸如乙酸、甲酸、磷酸或高氯酸等调节 pH, 抑制解离, 克服拖尾现象。但酸对仪器具有腐蚀性。极性较大的苷元一般用 C_{18} 或 C_{18} 柱的反相系统分离^[18]。

吴素林^[19]等采用反相高效液相色谱法, 岛津 CLC—ODS (6mm×15cm I.D, 5 μm) 为反相柱,

甲醇/水/磷酸(60/40/0.4, $V/V/V$)为流动相,流速,1.0 mL/min;检测波长,370nm;柱温,室温,同时测定了沙棘果肉中异鼠李素、槲皮素及沙棘总黄酮含量。侯镜德^[20]等以芦丁为标准物,使用 ZORBA- XC_{18} (4.6 mm $\times$ 250 mm),流动相为甲醇/水/冰醋酸(40/60/2, $V/V/V$),流速 1.0 mL/min,柱温 32 $^{\circ}\text{C}$,检测波长 280nm,测定毛竹叶中的总黄酮含量。Feras Slnad Kanaze^[21]等采用反相 HPLC 法分离了不同的柑桔类植物果汁和药物原料中的橙皮苷、桔皮甘、柚皮苷 3 种黄酮类化合物;采用四氢呋喃/水/乙酸(21/77/2, $V/V/V$)为流动相, C_{18} 反相柱。邹耀洪^[22]等采用液相色谱法从杨梅叶中分离和制备了 4 种黄酮醇苷和一种黄酮醇,经波谱分析确定了化学结构,并以蒽为内标,测定了杨梅叶中 5 种黄酮类化合物的含量;实验中采用 Lichrosorb RP- C_{18} 柱为固定相,甲醇/水/甲酸为流动相,辅之以二极管阵列紫外检测技术。李典鹏^[23]等测定银杏叶提取物经酸水解后黄酮苷元含量,采用 C_{18} 柱,甲醇/水/磷酸(55/44.5/0.5)为流动相,检测波长 370 nm。王俊德^[24]等研究了用高效液相色谱法分析银杏提取物中黄酮含量时几个主要环节的操作条件,包括水解液组成,水解温度和时间,论证了在 370 nm 波长下检测时,可用槲皮素一个标准物质方便地求出槲皮素、山萘酚和异鼠李素 3 种黄酮的含量。水解液是 5.5%(W/V) HCl 甲醇溶液,在 85—90 $^{\circ}\text{C}$ 回流 1.3h;采用 Bio-Sil ODS 5 μm 柱(150 mm $\times$ 4.0 mm I.D.),甲醇/0.4%磷酸水溶液(57/43, V/V)为流动相,UV-370nm 检测等。

1.4 超临界流体色谱法

超临界流体色谱(Supercritical Fluid Chromatography, SFC)成功地用于许多化合物的分析,它综合了 HPLC 和气相色谱(Gas Chromatography, GC)的优点,是一种新型的分离测定技术。SFC 多采用超临界二氧化碳为流动相,这是因为二氧化碳的临界温度(31.1 $^{\circ}\text{C}$)接近室温,临界压力(7.38MPa)不太高,且化学惰性,无毒,无腐蚀性等。超临界二氧化碳仅适于非极性化合物的分离,对中等极性化合物的分离则需要加入极性的携带剂(如甲醇、异丙醇等)以增强其溶剂力;对强极性化合物分离,仅在超临界二氧化碳中加入

极性携带剂是不够的,需加入另外一种极性更强的化合物。超临界流体色谱法由于仪器价格昂贵,在我国尚未普及使用。刘志敏^[25]等利用超临界色谱成功地分离了黄酮类化合物,研究了流动相的组成、柱条件、压力及温度的影响,发现流动相组成是影响色谱分离的最主要的因素;其次,色谱条件也是影响分离的重要因素。发现硅胶基质的键合苯基柱比较适于极性黄酮类化合物的分离,考察了温度和压力对分离的影响;并在合适的色谱条件下,从银杏叶提取物中分离黄酮类化合物。

1.5 高效毛细管电泳

高效毛细管电泳(High-performance Capillary Electrophoresis, HPCE)是一种离子域和电离子在电场驱动下,在毛细管中按淌度和分配系数不同而进行高效快捷分离的新技术。在分析中,各个被分离组分通过在线检测方式检测。HPCE 以其高效快速、分辨率高、检测方便、进样量少、分离模式多的特点在生命科学、生物技术、药物和环境科学等领域有着广泛的应用前景。

毛细管电泳以其电泳迁移技术的差异可分为:毛细管区带电泳(Capillary Zone Electrophoresis, CZE)、胶束电动毛细管色谱(Micella Electrokinetic, MECC)、毛细管等速电泳(Capillary Isotachopheresis, CITP)、毛细管凝胶电泳(Capillary Gel-Electrophoresis, CGE)、毛细管等电聚焦(CIEF)5 种类型。CZE、CGE、CITP 及 CIEF 的分析对象是可解离的物质或带电的物质,而 MECC 除了可分离上述物质外,还能分析中性分子,适于各类物质的分析。在黄酮类化合物的分析中,常用的是 CZE 和 MECC, CITP 很少用。

毛细管区带电泳(CZE)对样品组分的分离是由于各组分的淌度不同而相互分离,形成一系列的区带。每个区带中是淌度相同的离子,但有可能不同的物质。它相当于色谱法中的洗脱色谱。淌度与 Q/M^a 成正比(其中 Q 是离子的电荷, M 是它的相对分子质量,指数 a 不是个定数,与离子形状有关)。Tao Bd^[26]等用熔融石英毛细管(58.5cm $\times$ 50 μm I.D.),缓冲溶液为硼酸盐(pH=10.5),运行电压 30 kV,检测波长 210 nm,分离分析甘草根中的黄酮类化合物。Marek Ur-

ba-nek^[27] 等采用毛细管等速电泳 (CIIP) 和毛细管区带电泳 (CZE) 在线联用法分离并测定金丝桃类植物的叶或花的甲醇提取物中的芦丁、异槲素、槲素等黄酮类化合物。

胶束毛细管电泳色谱 (MECC) 是在缓冲溶液中加入表面活性剂 (十二烷基硫酸钠, SDS), 当其浓度大于临界胶束浓度 (CMC) 时, 形成有疏水内核, 外部带电荷的胶束。在 MECC 中, 被分析的物质在水相和胶束相中进行分配, 溶质在水相中的迁移受电渗流和本身电泳迁移率的支配, 而在胶束中的迁移是电渗流和胶束电迁移共同作用的结果, 不同物质根据其电迁移率及分配系数的不同而被分离。朱加虹^[28] 利用胶束电动毛细管色谱法分离银杏叶提取物中的黄酮类化合物芦丁和槲皮素, 研究有关的测定条件, 结果表明, 以 pH 为 8.5 的 50 mol/L 硼酸盐溶液为缓冲液, 加入 35 mol/L 的 SDS, 在电压 20 kV, 柱温 2 °C, 检测波长 260 nm 条件下对样品进行电泳, 其中的芦丁和槲皮素可以完全分离。Shufang Wang^[29] 等用熔融石英毛细管 (70.0 cm × 75 μm I.D.), 0.2 mol H₃PO₄, 0.2 mol SDS, 乙腈, 2-丙醇为缓冲溶液, 检测波长 254 nm, 用 MECC 测定 EP-imedium brevicornum Maxim 中的黄酮类物。邓永智^[30] 等利用胶束毛细管色谱法将中药银杏浸膏中槲皮素、山萘素、异鼠李素 3 种黄酮分离, 以 SDS 作表面活性剂, 25mol/L 硼砂/25mol/L 磷酸二氢钾/1% (V/V) 甲醇作电解液。

1.6 极谱法

极谱分析是在一种特殊条件下的电解分析, 它的特殊性表现在两个电极上, 即采用了一个面积很大的参比电极和一个面积很小的滴汞电极进行电解。孙仕萍^[31] 等为了测定保健食品中的黄酮含量, 探讨用单扫示波极谱法测定总黄酮含量的快速方法, 研究发现在 pH=8.6 的 Na₂HPO₄-KH₂PO₄ 底液中, 峰电位 E_p-0.74V (vs.SCE) 处黄酮化合物产生灵敏的极谱还原波, 以芦丁为对照品, 该波的二阶导数峰电流 (ip) 与芦丁浓度在 0.05~1.0 mg/L 范围内呈良好的直线关系, 检出限为 0.02 mg/L。

1.7 色谱-质谱联用法

色谱-质谱联用是以色谱作为分离手段, 用

质谱作为检测手段 (或质谱进一步分离, 再进行质谱检测)。目前与质谱联用的主要有 GC、HPLC、CE 等。Xian-guo He^[32] 等采用 HPLC-Mass 联用的方法, 测定红三叶草中黄酮类成分的含量。董淮海^[33] 等用高效液相色谱法-电喷雾质谱联用法, 直接对大豆胚芽的乙醇提取液进行检测; 根据各色谱峰的质谱特征, 在室温提取液中鉴定出 9 种异黄酮, 7 种 A 组皂苷, 4 种 B 组皂苷和 2 种 E 组皂苷。马欣^[34] 等用高效液相色谱-紫外-电喷雾-质谱 (HPLC-UV-ESI-MS) 联用的方法对银杏液中黄酮醇苷类化合物进行分析。液相色谱条件: 色谱柱, Zorbax SB C₁₈ (250mm × 4.6mm, 5μm); 流动相, 异丙醇-四氢呋喃 (25:65) A, 乙腈 B 与水 (含甲酸, φ=0.5%) C 的三元梯度洗脱; 检测波长 350nm, 流速 1 mL/min, 以 Agilent 多级离子阱质谱仪进行检测, 鉴别出 12 种黄酮醇苷化合物。肖贻崧^[35] 等利用高效液相色谱/质谱联用技术 (ESI-MS) 直接分析了苦竹中黄酮类化合物。LC 条件, 色谱柱, ZORB-AX C₁₈ (25cm × 4.6cm), 流动相为 甲醇/水 (40/60), 流速 0.2 mL/min, 柱温 32 °C, 检测波长 280nm, 自动进样量 5μL; MS 的联用条件, 电喷雾离子阱, N₂ 为壳气, 质量扫描范围 100—1000.00 m/z, 分辨率 0.6 m/z。Sari Häkkinen^[36] 等采用高效液相色谱和电喷雾质谱联用 (HPLC-ESI-MS) 分析浆果中黄酮醇糖苷配基和黄酮醇糖苷。在 HPLC-MS 和 HPLC-DAD 分析中, 均采 LiChroCART 柱 (125 mm × 3 mm I.D., PuospherRP-18e, 5μm); 这种柱用 LiChroCART 保护柱 (4 mm × 4 mm I.D., Puospher RP-18e, 5μm) 保护。溶剂 A 是 1% 蚁酸, 溶剂 B 为乙腈, 洗脱系统: 0—10min, 含 10%—13% B 的 A; 10—25min, 含 13%—70% B 的 A; 25—29min, 含 70% B 的 A; 29—30min, 含 70%—10% B 的 A; 30—35min, 含 10% B 的 A。流速 0.5 mL/min, HPLC-MS 的进样量 20μL, 对 HPLC-DAD 进样量为 5μL。

2 结束语

除了以上介绍的测定方法外, 还有荧光光度法^[37]、气相色谱法 (GC) 等。由于多数黄酮类化合物的沸点较高, 难于气化, 进行 GC 测定之前

要先将样品制成黄酮衍生物,这就使得 GC 方法繁琐,应用不是很普遍^[2]。TLC 法分析时间长,分析结果重现性较差。分光光度法,适合测定总黄酮的含量,由于一些酚类物质的干扰使得测定结果偏高。优点是所用设备简单,操作容易。SFC 液体色谱法既可以分析 GC 难以处理的高沸点,热不稳定的样品,与 HPLC 相比柱效更高,分析时间更短。HPLC、HPCE 可分离极性的、离子化的、易挥发的高分子量和热不稳定化合物。HPCE 与 HPLC 相比具有快速、微量分析的特点,缺点是其仪器价格昂贵,普及需要一定的时间。色谱-质谱联用方法分离效率高、分辨能力强、灵敏度高、分析速度快、定量的同时还可以对每种成分的结构进行解释。

综上所述,目前应用最广的分析方法是分光光度法和高效液相色谱法。相信随着科学技术的进步,会出现更加方便、快捷的分析黄酮化合物的新技术及新方法。

参考文献:

- [1] 陈俊杰,李裕林.黄酮类化合物的 HNMR 研究[J].波谱学杂志,1994,11(3):123-126.
- [2] 叶文峰,陈新,刘秀娟,孙凌峰.树叶中具有生理活性的黄酮类化合物研究进展[J].江西师范大学学报(自然科学版)2000,24(3):278-282.
- [3] 叶文峰.天然黄酮类化合物以及在食品中的应用[J].宜春师专学报,2000,22(5):9-12.
- [4] 李勇,高明侠,李新民.银杏及叶中黄酮类化合物生理功效的研究进展[J].食品科技,2001,(5):71-74.
- [5] 张鞍灵,王株清,高锦明.黄酮类化合物分布及开发利用[J].西北林学院学报,2000,15(1),59-74.
- [6] 魏永生,王永宁,石玉平,卢挺.分光光度法测定总黄酮含量的实验条件研究[J].青海大学学报(自然科学版),2003,21(3).
- [7] 罗宪堂,熊友香,余世平.UV 法测定山香圆叶中黄酮类成分含量[J].中医药研究,2002,18(5):48-49.
- [8] 尉芹,王冬梅,马希汉,张康健,杜仲叶黄酮含量测定方法研究[J].西北农林科技大学(自然科学版).2001,29(5):199-122.
- [9] 孙立立,谢鸿霞,孙晋勇,杨书斌,于文强.比色法测定山楂中总黄酮的含量[J].中成药,2001,23(10):748-750.
- [10] 刘佳佳,李子琪,华辉,郭勇.硼酸-柠檬酸比色法测银杏叶中黄酮苷含量[J].食品与发酵工业,1999,25(6):42-44.
- [11] 彭科怀,付松,陈江.快速比色法检测花粉中总黄酮[J].预防医学情报杂志,2001,17(6):479.
- [12] 王宗花,杭瑚,王书文.胶束配合物光度法测定银杏叶口服液中的总黄酮[J].青岛大学学报,1998,11(2):102-104.
- [13] 徐燕,邵家德.双波长分光光度法测定枳实合剂中黄芩总黄酮的含量[J].中国药事,1997,11(4):250-251.
- [14] 董怀海,谷文英.三波长比色法测定大豆异黄酮的研究[J].中国油脂,2002,27(4):75-77.
- [15] 余戟,陈杰,莫丽儿,梁念慈.胶束纸色谱法分离和鉴定黄酮类化合物[J].广东医学院学报.1999,17(2):102-104.
- [16] 马柏林,梁淑芳,董娟娥,张康健,杜仲黄酮的微乳薄层分析鉴定研究[J].西北林学院学报,2001,16(2):72-74.
- [17] 张冬冬,王春艳,解春华.薄层层析法测定黄花菜中的黄酮成份[J].中国卫生检验杂志,2002,12(4):445.
- [18] 郑玉果,姚新生.高效液相色谱在黄酮类化合物分析中的应用[J].中草药,1994,25(10):542-545.
- [19] 吴素林.反相 HPLC 法同时测定沙棘果肉异鼠李素、槲皮素及沙棘总黄酮的含量[J].沙棘,1998,11(4):31-33.
- [20] 侯镜德,张廷志,肖军.高效液相色谱法测定苦竹叶中总黄酮[J].宁波高等专科学校学报,2001,13(增刊):89-91.
- [21] Feras Imad Kanaze, Chrysi Gabrieli, Eugene Kokkalou, Manolis Georgarakis, Ioannis Ntinas. Simultaneous reversed-phase high-performance liquid chromatographic method for the determination of diosmin, hesperidin and naringin in different citrus fruit juices and pharmaceutical formulations[J]. Journal of Pharmaceutical and Biomedical Analysis, 2003, 33: 243-249.
- [22] 邹耀洪,李桂荣.反相高效液相色谱分析杨梅叶中抗氧化成分黄酮类化合物[J].分析化学,1998,26(5):531-534.
- [23] 李典鹏,方宏.高效液相色谱法测定银杏叶提取物黄酮苷含量[J].广西植物,1996,16(3):292-294.
- [24] 王俊德,熊博辉,丛润滋,沈丽.用高效液相色谱法分析银杏黄酮的几个问题的探讨[J].分析化学,1999,27(9):1076-1079.
- [25] 刘志敏,赵瑛奇,王仁安,杨光华.黄酮类化合物的超临界流体色谱[J].分析化学,1997,25(3):272-275.
- [26] Tao Bo, Ke An Li, Huwei Liu. Fast determination of flavonoids in Glycyrrhizae radix by capillary zone electrophoresis[J]. Analytica Chimica Acta, 2002, 458: 345-354.
- [27] Marek Urbánek, Lucie Blechová, Marie Bošířilová, Miroslav Polšek. On-line coupling of capillary isotachopheresis and capillary zone electrophoresis for the determination of flavonoids in methanolic extracts of Hypericum perforatum leaves or flowers[J]. Journal of Chromatography A, 2002, 958: 261-271.
- [28] 朱加虹.应用胶束电动毛细管色谱法分离测定银杏叶提取物中的芦丁和槲皮素[J].浙江农业学报,2001,13(4):223-226.
- [29] Shufang Wang, Yanqi Wu, Yong Ju, Xingguo Chen, Wenjie Zheng, Zhide Hu. On-line concentration by field-enhanced sample injection with reverse migrating micelles in micellar electrokinetic capillary chromatography for the analysis of flavonoids in Epimedium brevicornum Maxim[J]. Journal of Chromatogra-

phy A, 2003, 1017; 27–34.

[30] 邓永智, 袁东星, 金晓英, 林庆梅. 胶束毛细管色谱法用于
中成药原料银杏浸膏中黄酮质量的 控制[J] . 分析化学,
2003, 31(5): 580–583.

[31] 孙仕萍, 张文德, 马志东, 郭忠. 单扫示波极谱法测定保健
食品中总黄酮的研究[J] . 中国食品卫生杂志, 2002, 14
(6): 15–16.

[32] Xian-guo He, Long-xe Lin, Li-zhi Lian. Analysis of flavonoids
from red clover by liquid chromatography-electrospray mass
spectrometry[J] . Journal of Chromatography A, 1996, 755: 127–
132.

[33] 董淮海, 陶冠 军, 王林祥, 秦日方, 谷文 英. 高效液相色谱
—电喷雾质谱联用法检测大豆异黄酮和皂苷[J] . 无锡轻
工大学学报, 2002, 21(4): 415–419.

[34] 马欣, 孙毓庆. 高效液相色谱—紫外—电喷雾—质谱法分
析银杏叶中黄酮醇苷类化合物[J] . 沈阳药科 大学学报.
2003, 20(4): 275–279.

[35] 肖贻崧, 张廷志, 侯镜德. 苦竹叶中黄酮类化合物的液相
色谱—质谱联用分析[J] . 宁波高等专科学校学报, 2001,
13(增刊): 123–125.

[36] Sari Häkkinen, Seppo Auriola. High-performance liquid chro-
matography with electrospray ionization mass spectrometry and
diode array ultraviolet detection in the identification of flavonol
aglycones and glycosides in berries[J] . Journal of Chromatogra-
phy A, 1998, 829: 91–100.

[37] 牟兰, 曾唏, 王海燕. 荧光光度法测定蜂胶中黄酮[J] . 光
谱实验室, 2001, 18(2): 252–254.

Summarization of Analysis Techniques of Falvonoids

ZHAO Xiao-li, YUE Hong

(*Applied Chemistry Department, Science Institute of Northwest Polytechnic University, Xi' an 710072 , China*)

Abstract: An overview about the analysis techniques of falvonoids. Spectrophotometric method, plate chromatogra-
phy(TLC) , high performance liquid chromatography(HPLC) , supercritical fluid chromatography(SFC) , high per-
fotmance capillary electrophoresis (HPCE) , chromatography-mass spectrometry(LC-MS) for analyzing falvonoids
were emphatically introduced.

Key words: Flavonoids; Spectrophotometric method; Chromatography; Polarography; High—performance capillary
electrophoresis