

红外光谱在中药材研究中的应用进展

邓娟^{1,2}, 孙菁¹, 袁园园^{1,2}, 夏瑞瑞^{1,2}, 王劼^{1,2}, 周玉碧^{1*}

¹中国科学院西北高原生物研究所 中国科学院藏药研究重点实验室 青海省青藏高原特色生物资源研究重点实验室, 西宁 810008; ²中国科学院大学, 北京 100049

摘要: 红外光谱是近年来兴起的一种快速对复杂混合物进行分析的手段, 在中药材研究中开始得到初步应用。文章综述了近年来红外光谱在中药定性分析中的应用, 包括中药材产地、品种、真伪、不同部位、不同炮制品等方面的鉴别, 以及将中药的红外光谱与化学计量学结合在中药定量分析中的应用。随着红外光谱仪器、计算机技术与化学计量学的不断发展和进步, 红外光谱将在中药的分析与研究中发挥重要作用。

关键词: 红外光谱法; 中药材; 应用

中图分类号: R284.2

文献标识码: A

DOI: 10.16333/j.1001-6880.2016.S.037

Application of Infrared Spectroscopy on Research of Traditional Chinese Medicine

DENG Juan^{1,2}, SUN Jing¹, YUAN Yuan-yuan^{1,2}, XIA Rui-rui^{1,2}, WANG Jie^{1,2}, ZHOU Yu-bi^{1*}

¹Qinghai Key Laboratory of Qinghai-Tibet Plateau Biological Resources and Key Laboratory of Tibetan Medicine Research, Northwest Institute of Plateau Biology, Chinese Academy of Sciences, Xining 810008, China; ²Graduate University of Chinese Academy of Sciences, Beijing 100049, China;

Abstract: Infrared spectroscopy is applied to rapidly analyze complex mixtures in recent years and obtain preliminary application on study of traditional Chinese medicine (TCM). The present paper reviews the applications of infrared spectrometry in the qualitative analysis of TCM, including identification of origin, variety identification, true and false TCM, different parts of medicinal material and the identification of different processed products, in addition to quantitative analysis of TCM. With the ceaseless development and progress of infrared spectroscopy, computer science and chemometrics, infrared spectroscopy plays a vital role in analysis of TCM.

Key words: infrared spectroscopy; traditional chinese medicine; research

中药是一个复杂的混合物体系, 由于中药品种、产地、炮制方法等的不同都会造成其化学成分的差异, 故存在着难以对其成分进行定性定量分析、质量标准不统一、难以控制等问题, 这些都给中药的深入研究带来很大困难。对于混合物的分析研究, 一直是分析化学等学科所关注的重点, 传统的方法是对混合物先进行分离, 再对所得到的组分进行分析, 分离之后无法得到原始混合物完全一致的信息, 同时也很难反映混合物中各种成分共存时的相互作用信息^[1]。红外光谱是通过分子内部原子间的相对振动和分子转动等信息来确定物质分子结构和鉴别化合物。不同的化合物具有不同的红外光谱, 根据其

红外光谱得到中药材中不同化合物整体的信息。此外, 红外光谱法具有样品用量少、分析快速、无损、高灵敏度等优点^[2,3], 为中药的鉴别及质量控制提供了一种快捷、准确、可行的方法, 尤其红外光谱法在研究过程中可对中药材进行快速、无损分析, 突破了传统分析方法的局限性, 使红外光谱法在中药材研究中优势更加突出。本文对红外光谱在中药材定性、定量方面应用及发展进行综述。

1 在中药定性分析中的应用

1.1 中药材产地鉴别

不同产地的中药材由于不同的生态环境因素的影响, 质量会有很大差异, 仅靠性状鉴别和含量测定不能判断中药材的质量^[4,5]。不同产地的中药材, 由于生长环境的不同, 其有效成分也相对会有一定差异。传统中药的鉴别方法主要为高效液相色谱

收稿日期: 2016-05-09 接受日期: 2016-06-02

基金项目: 国家自然科学基金项目(81102744); 阿拉善(中科)适用新技术研究院科技计划项目(2013-15); 阿拉善盟科技计划项目(A-4)

* 通讯作者 E-mail: ybzhou@nwipb.cas.cn

法、薄层扫描法、气相色谱法等方法。与传统方法相比,红外光谱法无需对中药成分进行分离,直接对中药材进行红外光谱采集,快速、无损地鉴别不同产地的中药材。近年来,有学者采用红外光谱法对不同产地的多种中药材进行了快速无损的产地鉴别,对其进行进一步的质量控制研究。

对不同产地的中药材进行鉴别,可以采用一维红外图谱的差异将其鉴别,通过计算红外图谱的共有峰率和变异峰率,分析红外光谱特征峰的变化规律,鉴别了不同产地的独活^[6]和叶百部^[7]。虽然不同产地中药材的一维红外图谱的吸收峰存在一定的差异,但差异并不十分明显,此时可结合分辨率较高的二阶导数红外光谱将其差异放大,采用此方法已对不同产地的草乌^[8]、龙眼叶^[9]等中药材实现了鉴别。此外,依据中药材对温度的热敏感性,采用二维相关图谱分析来实现中药材资源的产地鉴别也是近年来开始兴起的新的有效鉴别方法之一,已在广霍香^[10]、贝母^[11]、西洋参^[12]的产地鉴别中得到应用。结果显示,中药材的二维相关光谱将其差异显示得更加明显,与红外光谱、二阶导数红外光谱相互补充,相互佐证。

同时,红外光谱法对中药材资源的产地鉴别研究还需与主成分分析、判别分析、聚类分析、偏最小二乘判别法等化学计量法结合,才能建立科学合理的针对不同种类中药材的鉴别模型。目前,采用红外光谱法结合化学计量学方法准确地鉴别了不同产地的天麻^[13]、三七^[14]、重楼^[15]等中药材,建立了相应的快速鉴别模型,具有重要的应用价值。

1.2 中药材品种、易混淆、真伪鉴别

中药材品种繁多,很多中药材外观相似,不容易辨认,易造成不同种类中药材的混淆,而且中药野生资源的紧缺,市场上充斥着大量中药材的伪品,影响了中药材的用药安全并危害公共健康。红外光谱已在中药材品种鉴别、易混淆品鉴别和真伪鉴别方面初步发挥了其快速、准确的技术优势。

通过红外光谱可实现对不同品种中药材的鉴别。例如,采用红外光谱三级鉴别快速鉴别了犏牛儿苗科 11 种中药材^[16]、3 种不同动物角中药^[17]、毛茛菪和菊菪^[18]、赤芍和白芍^[19]等多种不同品种的中药材。在红外光谱结合化学计量学方法对中国当归、日本当归、韩国当归、欧当归、当归等 5 种当归植物^[20]的研究中,红外光谱可揭示不同种类当归的相似性与差异性。通过采集何首乌、制首乌药材^[21]的

近红外光谱,建立其指纹图谱,并结合化学计量学方法建立何首乌定性判别模型和一致性检验模型,可成功地鉴别区分何首乌、制首乌及其伪品白首乌。此外,通过红外光谱结合二维相关红外光谱快速鉴别了传统动物药鹿茸、羚羊角、全蝎、水蛭^[22],发现了识别鹿茸、全蝎的特征峰。

1.3 部位鉴别

中药材同种药材不同部位其有效成分、功效及药理作用存在差异。通过红外光谱法对中药材的不同部位进行鉴别与分析,可以获得中药材不同部位中主要化学成分的宏观信息^[23],有利于提高中药材的质量控制及中药临床的准确用药。采用傅里叶红外光谱技术鉴别法对三七^[24]、丹参^[25]、五脉绿绒蒿^[26]、溪黄草^[27]、刺五加^[28]等中药材的不同部位进行了红外光谱图的识别分析,发现中药材不同部位的红外光谱差异明显,可快速、无损地鉴别中药材的不同部位,并通过红外光谱解析揭示其主体成分等化学信息。

1.4 中药炮制品鉴别

中药材必须依法炮制才能满足中医处方调配,大部分中药需要经过炮制加工成饮片进行应用,中药材炮制程度的不同会影响中药的功效,甚至产生毒副作用。目前,通常通过感官经验来监控中药炮制过程及控制中药饮片的质量,主要依据中药炮制品形态、质地、色泽、气味等传统经验判断。对于中药材炮制过程中火候的把握及炮制终点的确定同样以人的感官经验来判定,缺乏客观、科学、定量的描述^[1],不能达到控制中药炮制过程及质量的目的。利用红外光谱、二阶导数红外光谱及二维相关红外光谱对中药炮制前后及炮制过程中所发生的物理变化、化学成分变化进行研究,快速鉴别中药炮制品,同时为中药炮制品质量鉴别提供了可量化的指标。

采用红外光谱法对生三七和熟三七进行研究^[29],发现生三七与熟三七在 1400 ~ 1700 cm^{-1} 区域,吸收峰的位置和数量有差异,说明三七经炮制其黄酮成分发生了改变。由于生三七炮制过程中高温加热,使其糖类、三七皂苷等成分被破坏,故在 1120 ~ 1250 cm^{-1} 区域吸收峰的相对强度发生变化。将红外光谱法结合相依成分分析算法,分析了黄芩炮制过程中化学成分的变化并确定了炮制终点^[30]。同样以相似的方法鉴别了六神曲^[31]、野菊花^[32]、黄连^[33]、附子^[34]、当归^[35]等中药材的不同炮制品,不仅对中药不同炮制品进行宏观的质量控制,还揭示

了炮制过程中的物理化学变化,为中药炮制品的鉴别提供了新方法。

1.5 中成药鉴别

目前,中药颗粒剂已成为中药研究与开发的热点,红外光谱法在中药颗粒剂方面的应用有利于中药颗粒剂的生产规范化及生产过程的质量监控^[36]。罗文汇等^[37]采用薄层色谱法和红外光谱法分别对甘草配方颗粒进行鉴别分析,建立了快速鉴别甘草配方颗粒的方法。与薄层色谱法相比,红外光谱法更加简便、准确、可行。类似的分析还有对茵陈配方颗粒^[38]、砂仁配方颗粒^[39]、白芍配方颗粒^[40]等中药配方颗粒的红外光谱研究,快速判断了颗粒中有效成分及其辅料的类型,分析得到糖类辅料主要为淀粉和糊精。

红外光谱分析法在清开灵注射剂^[41]、冬凌草片^[42]等其他剂型中也得到应用。对不同厂家及同一厂家不同批号复方丹参片^[43]的傅里叶红外光谱进行研究,通过对其红外光谱的分析,快速判断了复方丹参片中有效成分及其辅料的类型。通过对黄豆苷、黄芩苷、盐酸小檗碱、盐酸巴马汀、盐酸药根碱、甘草酸铵、甘草苷等8种药效成分及葛根芩连汤^[44]中的药效组分进行红外光谱指纹表征分析,反映了葛根芩连汤的本质特征,将中药复方的品种评价与其疗效紧密结合在一起。

2 在中药定量分析方面的应用

红外光谱分析技术能够以无损的方式从样本中直接获取分析信息,借助于化学计量学的方法进行系统研究,对于药材的质量控制具有重要意义。可见-紫外分光光度法、高效液相色谱法等常规定量分析方法需对样品中的有效成分进行提取、分离,再进行含量的测定,过程复杂繁琐。相较而言,运用红外光谱技术进行定量分析具有样品无污染、分析速度快、可定量分析多种成分等特点,极大地缩短了分析时间,提高了分析效率^[45-47]。将红外光谱技术结合传统的定量分析方法、化学计量学技术,应用于样品中多种成分的定量分析^[48-50]。

中药材资源采用红外光谱法进行定量分析一直是近年来中药材资源研究中的热点领域。运用近红外技术结合传统定量分析方法,并采用偏最小二乘法算法、支持向量机、人工神经网络等多种化学计量法建立夏枯草^[51]、金樱子^[52]、银杏^[53]、广藿香^[54]、金银花^[55]和延胡索^[56]等中药有效成分或指标成分

的定量校正模型,可实现相应有效成分或指标成分的快速定量分析。此外,该分析方法在双黄连粉针剂^[57]、茵栀黄注射液^[58]等中成药制剂质量控制的研究中得到初步应用。并且,亦可采用衰减全反射附件进行测定,结合常规化学定量方法和相应建模算法,建立其快速定量分析模型,应用于功效成分的快速定量分析^[59]。

3 结论

综上所述,红外光谱法可对中药混合化学体系进行全组分整体分析、鉴别及含量测定,在中药定性及定量分析方面广泛应用。红外光谱法相对于其他方法,操作更加简便、快速、具有专属性。红外光谱法通过红外波谱吸收带的波长位置,反映了中药材整体分子结构的特点,初步客观地揭示了中药材中宏观的化学信息,以此来确定中药材的化学基团及结构组成,达到鉴定中药材的目的。红外光谱吸收谱带的强度与其化学基团的含量有关,通过结合传统分析方法得到的分析值,采用偏最小二乘法等化学计量法建立有效的预测模型,快速对未知样品进行含量预测。因此,中药红外光谱的应用为中药定性定量分析提供全面、有效、快捷的方法,具有广阔的应用前景。

随着红外光谱法在药材资源定性鉴别和定量分析中应用的兴起,结合应用实际,在红外光谱仪器的标准化和小型化,以及部分仪器的专属化是今后研发的重点。同时,由于中药材成分的复杂性,为满足可能产生的红外光谱大数据分析要求,相应的化学计量学方法也必然是今后一段时间内需要研究的热点领域,而其中的模型转移问题已成为了近年来红外光谱走向实际应用中的研究热点之一。相信对着红外光谱相关技术的发展,必然对中药材资源的开发、生产应用和质量控制,以及进一步走向国际化产生巨大的推动作用。

参考文献

- 1 Sun SQ (孙素琴), *et al.* Analysis of Traditional Chinese Medicine by Infrared Spectroscopy (红外光谱分析与鉴定). Beijing: Chemical Industry Press, 2010. 30-31.
- 2 Han LN (韩琳娜). Application of infrared spectroscopy in identification of traditional Chinese Medicine. *Qilu Pharm Affairs* (齐鲁药事), 2012, 05: 291-293.
- 3 Chang YY (常艳艳), *et al.* Analysis and Identification of Traditional Chinese Medicine by Infrared Spectroscopy. *J*

- China Prescription Drug* (中国处方药), 2014, 11:143-144.
- 4 Hu YC (胡咏川), *et al.* Advances in identification of Chinese medicines by NIRS. *China J Chin Mater Med* (中国中药杂志), 2012, 08:1066-1071.
 - 5 Yan D (鄢丹), *et al.* Strategy for research on quality identification and ecological environment-related of Dao-li herb. *China J Chin Mater Med* (中国中药杂志), 2012, 17:2672-2675.
 - 6 Zhou Y (周晔), *et al.* Identification of Chinese traditional medicine *Angelicae Pubescentis Radix* from different places by fourier transform infrared spectrometry. *China J Chin Mater Med* (中国中药杂志), 2013, 19:3309-3312.
 - 7 Wang XX (王孝勋), *et al.* Study on Infrared spectrum analysis of Leaf radix stemonae of different origins in GuangXi. *Lishizhen Med Mater Med Res* (时珍国医国药), 2013, 02:318-320.
 - 8 Wei AH (魏爱华), *et al.* Identification study on infrared spectrum of kusnezoff monkshood in different place of origin. *Mod J of Integrated Trad Chin West Med* (现代中西医结合杂志), 2013, 7, 22:2066-2069.
 - 9 Liu FX (柳贤福), *et al.* Infrared Fingerprint Study of the Leaf of *Dimocarpus longan* Lour. from Guangxi. *Herald of Med* (医药导报), 2013, 32:1477-1479.
 - 10 Gong LL (巩丽丽), *et al.* Infrared spectrum analysis of *Pogostemon cablins* of different origins. *Global TCM* (环球中医药), 2015, 8:46-52.
 - 11 Hua R, *et al.* Discrimination of *Fritillary* according to geographical origin with Fourier transform infrared spectroscopy and two-dimensional correlation IR spectroscopy. *J Pharm Biomed Anal*, 2003, 33:199-209.
 - 12 Lia YM, *et al.* Identification of American ginseng from different regions using FT-IR and two-dimensional correlation IR spectroscopy. *Vibrational Spectroscopy*, 2004, 36:227-232.
 - 13 Fan QM, *et al.* Fourier Transform Infrared (FT-IR) Spectroscopy for discrimination of *Rhizoma gastrodiae* (Tianma) from different producing areas. *J Molecular Structure*, 2013, 1051:66-71.
 - 14 Liu F (刘飞), *et al.* Study on the Genuineness and producing area of *Panax notoginseng* based on infrared spectroscopy combined with 2D-COS IR *Spectrosc Spect Anal* (光谱学与光谱分析), 2015, 01:108-112.
 - 15 Zhao YL (赵艳丽), *et al.* Study on rapid identification of medicinal plants of Paris Polyphylla from different origin areas by NIR spectroscopy. *Spectrosc Spect Anal* (光谱学与光谱分析), 2014, 07:1831-1835.
 - 16 Sun RS (孙仁爽), *et al.* Discrimination of Eleven Genera of Chinese Herbs in Geraniaceae by FTIR Spectroscopy and Clustering Analysis. *Spectrosc Spect Anal* (光谱学与光谱分析), 2013, 2:371-375.
 - 17 Wang Y, *et al.* Analysis and identification of different animal horns by a three-stage infrared spectroscopy. *Spectrochimica Acta Part A*, 2011, 83:265-270.
 - 18 Yang JW (杨伟俊), *et al.* Study on Identification of *Cichorium glandulosum* and *Cichorium intybus* by Multi-steps Infrared Macro-fingerprint Method. *Chin J Exp TCM Form* (中国实验方剂学杂志), 2012, 11:131-135.
 - 19 Wang Y, *et al.* Discrimination and chemical characterization of different *Paeonia lactifloras* (*Radix Paeoniae Alba* and *Radix Paeoniae Rubra*) by infrared macro-fingerprint analysis-through-separation. *J Molecular Structure*, 2015, 1099:68-76.
 - 20 Li JR, *et al.* Differentiation of five species of Danggui raw materials by FTIR combined with 2D-COS IR. *J Molecular Structure*, 2014, 1069:229-235.
 - 21 Han Y (韩莹), *et al.* Application of near infrared spectroscopy to identify authenticity of *Polygonum multiflorum*. *China J Chin Mater Med* (中国中药杂志), 2014, 22:4394-4398.
 - 22 Li YM, *et al.* Study on traditional Chinese animal drugs using FT-IR and 2D-IR correlation spectroscopy. *Spectrochimica Acta Part A*, 2006, 63:565-573.
 - 23 Huang DL (黄冬兰), *et al.* Analysis of Different Parts of *Ganoderma tsugae* by Fourier Transform Infrared Spectroscopy. *J Anal Sci* (分析科学学报), 2015, 01:59-62.
 - 24 Li JR (李建蕊), *et al.* Analysis of different parts and tissues of *Panax notoginseng* by Fourier transform infrared spectroscopy. *Spectrosc Spect Anal* (光谱学与光谱分析), 2014, 3:634-637.
 - 25 Shi GY (史国玉), *et al.* Analysis of different parts of *Salvia miltiorrhiza* Bge. By Fourier transform infrared spectroscopy. *J Light Scattering* (光散射学报), 2012, 04:412-418.
 - 26 Zhao QS (赵庆帅), *et al.* Analysis of different parts of Tibetan medicine *Meconopsis quintuplinervia* Regel by FT-IR. *Nat Prod Res Dev* (天然产物研究与开发), 2015, 27:1052-1055.
 - 27 Huang DL (黄冬兰), *et al.* Analysis of different parts of *Rabdosia serra* Hara by FT-IR. *Chin Trad Pat Med* (中成药), 2013, 1:2243-2246.
 - 28 Jin ZX (金哲雄), *et al.* Analysis of *Acanthopanax senticosus* Harms for different parts using Fourier Transform Infrared Spectroscopy. *Spectrosc Spect Anal* (光谱学与光谱分析), 2008, 28:2859-2863.
 - 29 Huang DL (黄冬兰), *et al.* Study on *Panax notoginseng* and its processed products by FTIR spectroscopy. *Spectrosc Spect Anal* (光谱学与光谱分析), 2014, 07:1849-1852.

- 30 Huang DL (王建玲), *et al.* Characterization of Processing Batch for Preparation of Radix Scutellariae Based on Dependent Component Analysis and Infrared Spectrometry. *Spectrosc Spect Anal* (光谱学与光谱分析), 2013, 08:2096-2099.
- 31 Zhu DQ (朱德全), *et al.* Infrared spectral features of medicated leaven and its processed products. *Hunan J TCM* (湖南中医杂志), 2015, 07:164-166.
- 32 Wu MX (吴明侠), *et al.* Study on infrared spectral identification of Dendranthema indicum processed products. *Lishizhen Med Mater Med Res* (时珍国医国药), 2011, 01:211-212.
- 33 Xu BL, *et al.* Analysis of fingerprints features of infrared spectra of various processed products of Rhizoma Coptidis and their different extracts. *J Molecular Structure*, 2015, 1096:147-156.
- 34 Sun SQ (孙素琴), *et al.* Study on PaofuPian, HeishunPian and BaifuPian by Two-dimensional Infrared Correlation spectroscopy. *Spectrosc Spect Anal* (光谱学与光谱分析), 2003, 06:1082-1085.
- 35 Guo YZ, *et al.* Application of mid-infrared spectroscopy in analyzing different segmented production of Angelica by AB-8 macroporous resin. *J Molecular Structure*, 2016, 1103:61-69.
- 36 Zhang Y (张岳), *et al.* Research progress on infrared spectroscopy in quality evaluation of TCM formula granule. *Guiding J TCM Pharm* (中医药导报), 2014, 02:99-101.
- 37 Luo WH (罗文汇), *et al.* Pilot study on identification of *Glycyrrhiza uralensis* Fisch. formula granule. *Lishizhen Med Mater Med Res* (时珍国医国药), 2013, 12:2925-2926.
- 38 Sun DM (孙冬梅), *et al.* Artemisia Scoparia formula granule by infrared spectroscopy and its total flavones by Spectrophotometry. *J Hubei Coll TCM* (湖北中医药大学学报), 2011, 06:30-33.
- 39 Li J (李洁), *et al.* Study on identification of Fructus Amomi formula granule by FT-IR. *Hunan J TCM* (湖南中医杂志), 2012, 02:102-104.
- 40 Tu YS (涂瑶生), *et al.* Study on quality control of herbal material of peony formula granule by near infrared diffuse reflection spectroscopy. *China J Chin Mater Med* (中国中药杂志), 2011, 9:1162-1167
- 41 Lia YM, *et al.* Identification of American ginseng from different regions using FT-IR and two-dimensional correlation IR spectroscopy. *Vibrational Spectroscopy*, 2004, 36:227-232.
- 42 Li YM, *et al.* Study of traditional Chinese animal drugs using FT-IR and 2D-IR correlation spectroscopy. *Spectrochimica Acta Part A*, 2006, 63:565-573.
- 43 Chang SZ (常淑贞), *et al.* Quality Analysis of Tanshinon Tablets with FTIR Spectroscopy. *Guangdong Chem Ind* (广东化工), 2013, 21:154.
- 44 Xu BL (徐蓓蕾), *et al.* FT-IR Characteristic Analysis of Gegenqinlian Decoction and its Active Components Alignments. *Chin J Exp Tradit Med Formulae* (中国实验方剂学杂志), 2012, 07:142-145.
- 45 Li Q (李倩), *et al.* Study comment on the methods of quality control of Chinese medicines. *China J Chin Med* (中医学报), 2012, 4:448-451.
- 46 Zou SH (邹淑涵), *et al.* Application and development of near infrared spectroscopy technology in identification of Chinese material medica. *Guizhou Sci* (贵州科学), 2015, 5:65-69.
- 47 Zhao ZZ (赵中振), Liang ZT (梁之桃). Application and advantage of near infrared spectroscopy technology in authentication of Chinese material medica. *China J Chin Mater Med* (中国中药杂志), 2012, 8:1062-1065.
- 48 Song SY, *et al.* Sugar and acid content of Citrus prediction modeling using FT-IR fingerprinting in combination with multivariate statistical analysis. *Food Chem*, 2016, 190:1027-1032.
- 49 Rubio-Diaz DE, *et al.* External calibration models for the measurement of tomato carotenoids by infrared spectroscopy. *J Food Composi Analysis*, 2011, 24:121-126.
- 50 Liu YD, *et al.* Nondestructive measurement of soluble solid content of navel orange fruit by visible-NIR spectrometric technique with PLSR and PCA-BPNN. *LWT-Food Sci Technol*, 2010, 43:602-607.
- 51 Lu HJ (卢慧娟), *et al.* Quantitative model for rosmarinic acid content in *Prunella vulgaris* L. by NIR spectroscopy. *Computer Applied Chem* (计算机与应用化学), 2015, 07:855-859.
- 52 Hui YN, *et al.* Rapid detection of Rosa laevigata polysaccharide content by near-infrared spectroscopy. *Spectrochimica Acta Part A: Molecular and Biomolecular Spectroscopy*, 2011, 79:179-184.
- 53 Hu GL (胡钢亮), *et al.* Simultaneous determination of total flavones and total lactones in Gankgo Extracts by Near Infrared Spectroscopy. *Chin J of Analy Chem* (分析化学), 2004, 08:1061-1063.
- 54 Cai JL (蔡佳良), *et al.* Rapid Determination of Ethanol Extracts Content of Pogostemon cablin (Blanco) Benth. by Near Infrared Spectroscopy. *Chin J Pharm* (中国药学杂志), 2012, 24:2026-2028.
- 55 Li WL, *et al.* Near infrared spectroscopy as a tool for the rapid analysis of the Honeysuckle extracts. *Vibrational Spectroscopy*, 2012, 69:159-164.