

近红外光谱在药食两用植物资源开发中的应用

李璐^{1*}, 张华峰², 郝果¹, 陈乐², 李晓南¹, 陈媛¹, 韩磊²

(1. 富平县检验检测中心(陕西省羊乳产品质量监督检验中心), 陕西富平 711700; 2. 陕西师范大学中俄食品与健康科学国际联合研究中心/食品工程与营养科学学院, 陕西西安 710119)

摘要: 近些年来各国和国际上对药食两用植物的关注度日益升温, 对于这些药食两用植物的有效成分、风险物质及掺杂、掺假等一系列质量问题更是引起了人们的高度重视。近红外光谱技术在近年来逐渐成为可以进行快速测定、操作简单、不破坏样品、几乎不需要前处理、无污染等集诸多优点于一体的现代高新技术, 结合实际需求被制造成各式各样的近红外光谱仪。本文分析了近红外光谱技术在药食两用植物资源开发利用中的现状, 并对其应用前景作以初步展望。

关键词 近红外光谱、药食同源、药食两用植物、开发利用

中图分类号: O433, R282

文献标识码: A

Near Infrared Spectroscopy in the development and utilization of edible medicinal plants

LI Lu^{1*}, ZHANG Huafeng², HAO Guo¹, CHEN Le², LI Xiaonan¹, CHEN Yuan¹, HAN Lei²

(1. Fuping County Inspection and Testing Center (Shaanxi Provincial Goat Milk Product Quality Supervision and Testing Center), Fuping 711700, Shaanxi; 2. International Joint Research Center of Shaanxi Province for Food and Health Sciences, College of Food Engineering and Nutritional Science, Shaanxi Normal University, Xi'an 710119, Shaanxi)

Abstract: In recent years, there has been a growing global interest in edible medicinal plants, a series of quality problems such as active ingredients, risky substances and authenticity of these edible medicinal plants have attracted increasing attention. Near Infrared Spectroscopy (NIRS) has emerged as a cutting-edge technology with numerous advantages, including rapid determination, ease of operation, non-destructive sampling, minimal pre-treatment requirements, and reduced risk of contamination. Various kinds of near infrared spectroscopy have been

manufactured according to the practical needs. This paper analyses the current situation of near infrared spectroscopy in the development and utilization of edible medicinal plants resources, with preliminary prospects for its application.

Keyword: Near Infrared Spectroscopy, Homology between Drug and Food, Edible Medicinal Plant, Development and Utilization

自 2002 年 2 月国家卫生部（现国家卫生健康委员会）颁布实施的《卫生部关于进一步规范保健食品原料管理的通知》，既是食品又是药品的物品共有 87 种，可用于保健食品的物品共有 114 种。2014 年新增人参等 15 种中药材物质可在限定使用范围和剂量内作为药食两用，2018 年又新增党参等 9 种中药材物质作为按照传统既是食品又是中药材可在限定使用范围和剂量内作为药食两用。截至目前，既能被人们当作食物或食品原辅料食用、又能当作中药材防治疾病的药食两用植物约有 200 种^[1]。2020 年 1 月，国家卫健委、国家市场监督管理总局发布《关于对党参等 9 种物质开展按照传统既是食品又是中药材的物质管理试点工作的通知》。我国的药食两用植物资源分布广泛、种类丰富，在综合开发利用方面的应用前景十分广阔，受到了国内外食品、医药领域学者的普遍关注^[2]。中草药植物主要用于药物治疗和传统医学，注重其药理活性和疗效。药食两用植物则结合了中草药的药用功能和植物性食物的营养特性，既能提供营养和滋补，又具备一定的药理活性，可以直接作为食材用于烹饪、炖煮、食品加工等，丰富了饮食的多样性，更方便实用，在遵循合适的用量和方法的前提下其食用安全性也更高。药食两用植物的生长发育、收获、加工和销售过程受到很多因素的影响，其品质检验与质量控制问题越来越引起社会各界的重视^[3-4]。通常，检测药食两用植物中蛋白质、氨基酸的方法主要包括凯氏定氮法、自动分析仪法、电泳法、质谱法等，检测多糖的方法主要包括苯酚-硫酸法、核磁共振法等，检测矿质元素、重金属的方法主要包括原子吸收光谱法（包括火焰法和石墨炉法）、原子荧光光谱法、电感耦合等离子体发射光谱法或质谱法等，检测萜类、黄酮类、生物碱、甾体等生物活性成分的方法主要包括紫外可见分光光度法、荧光分光光度法、薄层色谱法、高效液相色谱法、液质联用法等^[5]。这些定性、定量分析方法具有很多优点，但是也存在一些问题，诸如操作繁琐、耗时、成本较高、实验条件苛刻等^[6-7]。近红外光谱分析是最近几年迅速发展起来的高新技术方法，它具有快速、精确、无损（不破坏、消耗样品）、无污染、

能同时测定多个成分、适于在线实时检测等优点^[8]，便携式的近红外光谱仪逐渐被开发出来^[9]，在食品、医药、农业等领域具有重要用途。本文系统介绍近红外光谱技术在药食两用植物研究与开发中的应用现状，并通过对近红外光谱技术优缺点的分析，展望其发展前景，为药食两用植物资源开发与利用提供参考。

1 近红外光谱检测技术流程

近红外光是一种电磁波，波长范围为 780~2526nm (12820~3959cm⁻¹)，介于可见光和中红外光之间的，包括短波 (700~1100nm)、长波 (1100~2500nm) 两个区域。近红外光是由分子振动的非谐性引起的分子振动从基态向高能级跃迁产生的，主要反映在含氢基团 (C-H, N-H, O-H) 振动的倍频、差频、合频吸收带的叠加吸收等。近红外光谱具有丰富的结构和组成信息，因此特别适用于含氢有机物质如农产品、植物、食品和药品等的物化参数测量。但是近红外光谱的吸收带比较宽而且重叠严重，不同样品的物理性质、组成和状态也可能会对检测结果产生影响，因而需要采用化学计量学方法建立合适的校正模型才能得到满意可靠的结果^[8]。近红外检测的一般步骤如图 1。

2 近红外光谱技术应用

2.1 药食两用植物活性成分的无损检测

通过分析药食两用植物样品的近红外光谱特征，可以定量或定性地评估其多种活性成分、营养物质和其他化学组分含量，达到无损快速检测的目的。如使用近红外光谱技术建立淫羊藿水分和灰分^[10]、总黄酮^[6]、蛋白质^[11]、生物碱^[12]等标志性化合物的检测方法。基于近红外光谱定量分析枸杞的水分、脂肪、蛋白质、总糖、还原糖、总酸、黄酮、维生素 C、类胡萝卜素、灰分、多糖、甜菜碱、氨基酸态氮等化学成分^[13]。通过建立近红外光谱模型对槐花不同炮制品中芦丁的含量进行分析，近红外光谱技术能够准确预测槐花样品中的芦丁含量，与高效液相色谱法测定值具有良好的相关性^[14]。近红外光谱技术可以快速准确反映名贵植物人参和西洋参的总皂苷含量^[15]。可以见得近红外光谱技术在药食两用植物活性成分无损检测方面的应用范围非常广阔，有助于制定和维护药食两用植物产品质量标准，保证产品的一致性和可靠性。

2.2 药食两用植物的道地性鉴定

在中药学理论中，通常把中草药在一定的生态地理环境下所表现出的优品质、高功效特征称为道地性 (geoherbalism)。药食两用植物中有效成分的种类与水平往往受到遗传

因素和环境因素（如温度、湿度、光照、降水量、水质、土壤、地势、伴生群落植物、微生物、收获时期、加工方式、贮存方法等）的影响^[16]。使用近红外光谱仪对不同品种和不同产地的中药材进行光谱扫描，建立光谱库和模型，通过对待测样品的光谱与数据库进行比对和分析，可以快速、准确地判断中药材的真实品种和产地。如不同品种淫羊藿中朝藿定 A、朝藿定 B、朝藿定 C 和淫羊藿苷 4 种标志化合物的含量差异很大^[17]。Lee 等建立了近红外光谱技术的泽泻道地性鉴定的方法，实现了对泽泻不同部位的鉴别^[18]。近红外光谱技术避免了传统经验鉴别技术中人为因素对质量判定的干扰，克服了理化检验技术存在的样品处理繁琐的问题，在药食两用植物的道地性鉴定中显示出良好的应用前景，有助于为食品、医药工业提供质量稳定、功效可靠的原材料。

2.2.1 药食两用植物的产地鉴别

产地是影响药食两用植物道地性的重要因素。浙贝母、党参、川芎等药食两用植物的名称中就蕴含着产地要求。采用近红外光谱技术鉴定党参的原产地，预测模型经随机森林和 k 近邻方法处理后，准确率可达 94%^[19]。以紫花前胡素为标志化合物建立的当归产地近红外检测技术，能够准确区分中国、韩国产当归^[20]。利用近红外光谱结合模式识别技术鉴别葛根的品种与产地，样品识别率达 100%^[21]。应用近红外光谱对淫羊藿进行产地鉴别，前馈神经网络和支持向量机定性识别方法都可以快速准确地鉴别甘肃、陕西和辽宁三个不同产区的淫羊藿^[22]。研究表明，近红外光谱技术能够快速、非破坏性地鉴别药食两用植物产地，为其地理标志保护和质量控制提供了一种可行的方法。

2.2.2 药食两用植物样品真伪与掺假甄别

当前药食两用植物市场上以劣充好、以假乱真的现象十分突出。近红外光谱技术在药食两用植物样品真伪鉴别中的应用主要基于样品的光谱特征。每种植物都具有独特的分子组成和化学结构，这些特征在近红外光谱中会产生特定的吸收和反射模式。通过比较待测样品的光谱与已知真品或伪品的光谱进行比对和分析，可以判断样品的真实性。结合聚类分析和主成分分析等建立的近红外漫反射光谱技术能够准确检出甘草中混杂的刺果甘草^[23]。采用判别偏最小二乘法和支持向量机建立花椒粉近红外光谱鉴别模型，鉴别正确率能达到 97.39%~100%^[24]。近红外光谱技术还可应用于川贝母快速辨识，结合主成分分析判别分析、偏最小二乘判别分析、最小二乘支持向量机 3 种真伪辨识模型，准确率依次为 98.75%、98.75%、97.50%^[25]。利用原始光谱结合主成分分析可实现新会陈皮粉与假冒陈皮

粉（砂糖橘果皮、沃柑果皮、蜜橘果皮、椪柑果皮、普洱茶水浸泡的沃柑果皮、普洱茶水蒸煮的沃柑果皮、豆浆粉、面粉、红薯粉）的准确鉴别，经单一及组合预处理优化后可实现对掺假陈皮粉的准确鉴别^[26]。

2.3 药食两用植物的安全性检测

药食两用植物作为即可食用又可药用的两用植物，再加之当今社会人们对食品及药品安全性的高度重视，就必须对其进行有害物质、农药残留、重金属和微生物等的检测，并确保其符合相关的法规和标准的要求。使用近红外光谱技术结合化学计量学方法，快速检测陈皮炮制品，能够准确鉴别和定量分析样品中的 5-羟甲基糠醛，而无需传统的复杂样品制备和昂贵的分析仪器^[27]。近红外光谱技术可以用作白芷中二氧化硫残留量的检测^[28]，或对葛根硫磺熏蒸情况的鉴别^[29]。吕萍采用近红外光谱技术对生姜的有机磷农药残留量进行检测，经模型预测得出运用最小二乘支持向量机建立的生姜中敌敌畏含量的定量分析模型和运用联合区间偏最小二乘法建立的生姜中甲胺磷农药含量的定量分析模型的效果最优^[30]。近红外光谱可以提供与重金属元素含量相关的光谱特征，通过建立预测模型，可以准确分析样品中的微量重金属元素的含量，并提供定量和定性的结果^[31]。采用近红外光谱技术建立室温贮藏条件下鲜枣内霉菌和酵母菌菌落总数变化的动力学模型，可以用于预测鲜枣在室温下的保鲜期^[32-33]，能够无损便捷的检测霉菌和酵母菌含量，有效的控制了产品的品质安全。由此表明近红外光谱技术具有操作简便、快速高效等优势，适用于大规模样品的安全性检测，提高了分析效率和生产效益，同时保持样品的完整性和可用性。

2.4 药食两用植物的在线实时检测

通过将近红外光谱仪与在线检测系统结合，把近红外光谱仪安装在生产线上，可以在样品进入加工过程之前、过程中和之后进行连续的光谱扫描。所获得的光谱数据可以通过化学计量学方法进行处理和分析，结合无线传输和云计算技术，实现实时评估样品中目标化学成分的含量。这种实时监测可以帮助调整生产过程中的参数，提高生产效率和产品质量。如 Wu 等人，应用近红外光谱对赤芍的提取工艺进行在线实时监测，采用偏最小二乘回归的定标模型对总固体、芍药苷、和苯甲酸这三个参数进行考察，为了达到实时监测的目的，使光纤探头插入在提取过程中的流动池内以此开发近红外定标模型，对提取过程提供了实时监测数据和及时反馈信息^[34]。采用近红外光谱法对栀子提取物的纯化过程终点进行监测，与高效液相色谱法相比，所需测定时间明显缩短，而且预测误差更小^[35]。近红外

光谱技术能够实时监测和预测提取浓缩过程中的多种活性成分含量^[36]，并且与传统的离线分析方法具有良好的一致性^[37]。

2.5 药食两用植物的质量控制

利用药食两用植物样品的近红外光谱特征进行无损快速定量分析，以此对其质量进行评估，这使得该技术成为药食两用植物质量控制的理想选择。如利用近红外光谱技术建立天麻主要成分质量控制模型，能够对天麻炮制过程主要成分达到实时分析，也能用来优化天麻炮制工艺^[38]。结合竞争自适应重加权采样和偏最小二乘判别分析，实现近红外光谱技术对不同等级三七样品品质的快速鉴别^[39]。近红外光谱法还可以用来预测广藿香未知样品的含叶量^[40]，大枣内部虫害的无损检测^[41]。或用于葛根素生产过程中的在线质量监控^[42]。由此可见近红外光谱技术在药食两用植物质量控制和品质评估方面的应用前景，有利于产品市场的持续稳定。

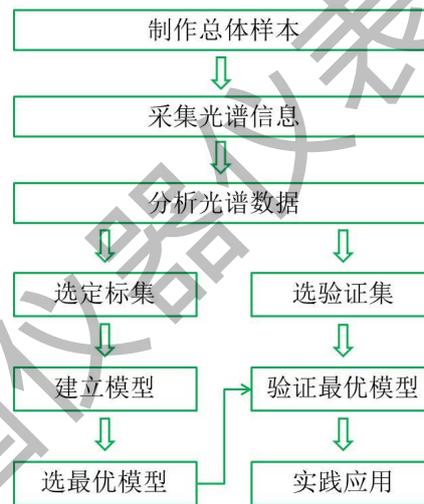


图1 近红外检测流程图

Figure 1 Flow chart of near infrared spectroscopy detection

表 1 药食两用植物近红外光谱技术应用汇总

Table 1 Summary of the near infrared spectroscopy applications of edible medicinal plants

序号	名称	学名	具体应用
	丁香	<i>Eugenia caryophyllata</i> Thunb.	丁香酚、 β -石竹烯和乙酸丁香酚酯的检测；质量控制 ^[43]
	八角茴香	<i>Illicium verum</i> Hook.f.	芦丁的检测 ^[44] ；掺伪鉴别 ^[45]
	山药	<i>Dioscorea opposita</i> Thunb.	多糖含量的测定 ^[46] ；水浸出物、醇浸出物含量的测定，生产过程的质量监控 ^[47] ；尿囊素含量的测定，质量控制 ^[48] ；道地山药的鉴别 ^[49] ；产地鉴别和差异分析 ^[50] ；掺杂鉴别 ^[51] ；快速鉴别铁棍山药和非铁棍山药 ^[52] ；硫熏情况的鉴定 ^[53]
	山楂	<i>Crataegus pinnatifida</i> Bge.var. <i>major</i> N.E.Br. <i>Crataegus pinnatifida</i> Bge.	总糖、总酸、总酚含量和总抗氧化活性的定量分析，产地鉴别 ^[54] ；在线检测维生素 C 含量和有效酸度 ^[55] ；果实硬度的评估 ^[56] ；质量控制 ^[57]
	乌梅	<i>Prunus mume</i> (Sieb.) Sieb. Et Zucc.	掺杂糊精含量的测定 ^[58] ；粉末混合过程的在线监控 ^[59]
	甘草	<i>Glycyrrhiza uralensis</i> Fisch. <i>Glycyrrhiza inflata</i> Bat. <i>Glycyrrhiza glabra</i> L.	水分、总灰分、甘草苷、甘草酸的定量分析 ^[60] ；产地鉴别 ^[61] ；真伪鉴别 ^[23] ；在线监测 ^[62] ；植物化学信息分类 ^[63] ；质量评价 ^[64]
	白芷	<i>Angelica dahurica</i> (Fisch. ex Hoffm.) Benth. et Hook. f. <i>Angelica dahurica</i> (Fisch. ex Hoffm.)Benth. et Hook. f. var. <i>formosana</i> (Boiss.)Shan et Yuan	产地鉴别 ^[65] ；分类和真伪鉴别 ^[66] ；二氧化硫残留量的检测 ^[28] ；质量鉴别 ^[67]
	决明子	<i>Cassia obtusifolia</i> L. <i>Cassia tora</i> L.	鉴定种子生活力 ^[68] ；种子硬实特性的判断 ^[69]
	百合	<i>Lilium lancifolium</i> Thunb. <i>Lilium brownii</i> F. E. Brown var. <i>viridulum</i> Baker <i>Lilium pumilum</i> D. C.	蛋白质和多糖的检测 ^[70] ；种类的分类 ^[71]
0	肉桂	<i>Cinnamomum cassia</i> Presl	水分的测定 ^[72] ；香豆素、肉桂醇、肉桂酸、肉桂醛的定量分析 ^[73] ；产地鉴别 ^[74]
1	余甘子	<i>Phyllanthus emblica</i> L.	贮藏年限品质评价与鉴定 ^[75]
2	佛手	<i>Citrus medica</i> L. var. <i>sarcodactylis</i> Swingle	水分、浸出物、总黄酮、多糖含量的测定，产地判别 ^[76]

3	杏仁 (甜/苦)	<i>Prunus armeniaca</i> L. var. <i>ansu</i> Maxim. <i>Prunus sibirica</i> L. <i>Prunus mandshurica</i> (Maxim.)Koehne <i>Prunus armeniaca</i> L.	产地和真伪鉴别 ^[77]
4	沙棘	<i>Hippophae rhamnoides</i> L.	异鼠李素含量的测定 ^[78] ；糖度、酸度、可溶性固形物含量的测定 ^[79] ；品牌识别 ^[80]
5	芡实	<i>Euryale ferox</i> Salisb.	产地鉴别 ^[81]
6	花椒	<i>Zanthoxylum schinifolium</i> Sieb. et Zucc. <i>Zanthoxylum bungeanum</i> Maxim.	生物碱和挥发油含量的检测 ^[82] ；蛋白质含量的检测 ^[83] ；麻味物质的检测 ^[84] ；产地鉴别，掺假 ^[24] ；便携式检测 ^[85] ；新陈度 ^[86]
7	麦芽	<i>Hordeum vulgare</i> L.	定量分析 β -葡聚糖含量 ^[87] ；检测总氮和可溶性氮 ^[88] ；识别表面常见真菌 ^[89] ；在线监测 ^[90]
8	枣 (大枣/酸枣/黑枣)	<i>Ziziphus jujuba</i> Mill.	品种鉴别和可溶性固形物含量检测 ^[91] ；糖度在线检测 ^[92] ；水分、总糖和总酸检测 ^[93] ；维生素 C 含量的测定 ^[94] ；环磷酸腺苷检测 ^[95] ；产地判别 ^[96] ；霉菌检测 ^[97] ；酵母菌检测和贮藏时间确定 ^[33] ；内部虫害检测 ^[98] ；轻微损伤检测 ^[99]
9	罗汉果	<i>Siraitia grosvenorii</i> (Swingle) C. Jeffrey ex A. M. Lu et Z. Y. Zhang	总酚类含量和抗氧化性能检测 ^[100]
0	金银花	<i>Lonicera japonica</i> Thunb.	水分含量的检测 ^[101] ；断马钱子酸、绿原酸和木犀草苷含量的测定 ^[102] ；产地鉴别 ^[103] ；真伪鉴别 ^[104] ；抑菌活性 ^[105] ；在线监测 ^[106] ；质量评价 ^[107]
1	姜 (生姜/干姜)	<i>Zingiber officinale</i> Rosc.	水分含量的检测 ^[108] ；姜酮、6-姜酚、8-姜酚、6-姜烯酚和 10-姜酚含量的检测，硫熏干姜的鉴别，质量评价 ^[109] ；产地溯源 ^[110] ；敌敌畏、甲胺磷农药含量的检测 ^[111]
2	枸杞子	<i>Lycium barbarum</i> L.	水分、脂肪、蛋白质、总糖、还原糖、总酸、黄酮、维生素 C、类胡萝卜素、灰分、多糖、甜菜碱、氨基酸态氮的定量分析 ^[13] ；产地鉴别 ^[112]
3	栀子	<i>Gardenia jasminoides</i> Ellis	栀子苷的定量分析 ^[113] ；产地鉴别 ^[114] ；提取工艺的实时控制 ^[115] ；在线质量监控 ^[116] ；炮制品质的评价 ^[117]
4	砂仁	<i>Amomwm villosum</i> Lour. <i>Amomwm villosum</i> Lour.var.xanthioides T.L.Wu et Senjen <i>Amomum longiligulare</i> T.L.Wu	水分的测定 ^[118] ；乙酸龙脑酯含量的测定 ^[119] ；挥发油 β -环糊精包合物定量分析 ^[120]
5	香橼	<i>Citrus medica</i> L. <i>Citrus wilsonii</i> Tanaka	水分和柚皮苷的定量分析 ^[121]

6	桃仁	<i>Prunus persica</i> (L.)Batsch <i>Prunus davidiana</i> (Carr.)Franch.	产地鉴别, 真伪辨别 ^[122]
7	桑叶	<i>Morus alba</i> L.	鉴别采收时间 ^[123] ; 农药残留检测 ^[124]
8	桑椹	<i>Morus alba</i> L.	可溶性固形物含量的测定 ^[125] ; 总花青素含量和抗氧化活性检测 ^[126]
9	桔梗	<i>Platycodon grandiflorum</i> (Jacq.)A.DC.	测定总皂苷 ^[127] ; 水分和桔梗皂苷 D 含量的检测 ^[128] ; 有机氯农药残留检测 ^[129]
0	益智仁	<i>Alpinia oxyphylla</i> Miq.	水溶性浸出物的定量分析 ^[130] ; 香柏酮、醇溶提取物、水溶性提取物、精油提取物、水分和总灰分含量的检测 ^[131]
1	莱菔子	<i>Raphanus sativus</i> L.	区分非活子和活子 ^[132]
2	莲子	<i>Nelumbo nucifera</i> Gaertn.	烘干过程中含水率的检测 ^[133] ; 可溶性固形物和干物质含量定量分析, 储存期的定性判别, 对不同年份和有膜有芯的干莲仁进行判别 ^[134] ; 水分、还原糖和总糖含量的检测, 掺杂 ^[135] ; 多糖含量和抗氧化活性进行预测 ^[136] ; 掺假 ^[137]
3	高良姜	<i>Alpinia officinarum</i> Hance	水分含量的测定 ^[138] ; 二苯基庚烷 A、高良姜素、山柰素、醇浸出物的定量分析 ^[139]
4	淡竹叶	<i>Lophatherum gracile</i> Brongn.	产地鉴别 ^[140]
5	淡豆豉	<i>Glycine max</i> (L.)Merr.	大豆素、染料木素含量的检测, 产品鉴别 ^[141]
6	菊花	<i>Chrysanthemum morifolium</i> Ramat.	水分和蒙花苷含量的检测 ^[142] ; 总黄酮和绿原酸的定量分析 ^[143] ; 产地判别 ^[144] ; 品种鉴别 ^[145] ; 质量控制 ^[146]
7	菊苣	<i>Cichorium glandulosum</i> Boiss.et Huet <i>Cichorium intybus</i> L.	最佳采收期的判别 ^[147]
8	黄精	<i>Polygonatum kingianum</i> Coll.et Hemsl. <i>Polygonatum sibiricum</i> Red. <i>Polygonatum cyrtonema</i> Hua	多糖、皂苷和 5-羟甲基糠醛的检测 ^[148]
9	紫苏籽	<i>Perilla frutescens</i> (L.)Britt.	含油量和棕榈酸 (C16:0)、硬脂酸 (C18:0)、油酸 (C18:1)、亚油酸 (C18:2)、 α -亚麻酸 (C18:3) 含量的检测 ^[149] ; 乳化稳定性的检测 ^[150]
0	葛根	<i>Pueraria lobata</i> (Willd.)Ohwi	总异黄酮、葛根素和大豆苷含量的检测 ^[151] ; 淀粉和粗蛋白的检测 ^[152] ; 品种及产地判别 ^[21] ; 掺杂, 掺假 ^[153] ; 硫磺熏蒸的判别 ^[29] ; 在线质量监控 ^[42]

1	黑芝麻	<i>Sesamum indicum</i> L.	水分、灰分、蛋白质、粗脂肪和芝麻素的检测 ^[154] ；品牌鉴别 ^[155]
2	槐米	<i>Sophora japonica</i> L.	品质鉴定 ^[156]
3	槐花	<i>Sophora japonica</i> L.	芦丁含量的检测 ^[14] ；在线实时检测 ^[157]
4	榧子	<i>Torreya grandis</i> Fort.	产地和种龄的判别 ^[158]
5	酸枣仁	<i>Ziziphus jujuba</i> Mill. var. <i>spinosa</i> (Bunge) H u ex H. F. Chou	产地鉴别 ^[159] ；掺假检测 ^[160]
6	橘皮/陈皮	<i>Citrus reticulata</i> Blanco	橙皮苷、川陈皮素、橘皮素含量的定量分析 ^[161] ；类型鉴别，5-羟甲基糠醛和芸香柚皮苷含量的测定 ^[27] ；道地性的质量控制 ^[162] ；品种鉴别 ^[163] ；产地鉴别，年份识别 ^[164] ；真伪鉴别 ^[165] ；在线实时监控 ^[166]
7	薄荷	<i>Mentha haplocalyx</i> Briq.	薄荷脑含量的检测 ^[167] ；产地鉴别 ^[168]
8	薏苡仁	<i>Coix lacryma-jobi</i> L. var. <i>mayuen</i> (Roman.)Stapf	甘油三油酸酯含量的测定，不同炮制品的鉴定 ^[169]
9	覆盆子	<i>Rubus chingii</i> Hu	水分、总黄酮和鞣花酸的检测 ^[170] ；产地鉴别 ^[171]
0	(广)藿香	<i>Pogostemon cablin</i> (Blanco) Benth.	水分含量的测定 ^[172] ；醇溶性浸出物含量的测定 ^[173] ；百秋李醇含量的测定 ^[174] ；精油含量的测定，产地判别 ^[175] ；品种鉴别 ^[176] ；含叶量定量分析 ^[40]
1	人参	<i>Panax ginseng</i> C. A. Mey.	总皂苷、水分、灰分含量的检测 ^[177] ；人参皂苷含量的检测 ^[178] ；人参二醇皂苷、人参三醇皂苷和人参多糖含量的测定 ^[179] ；总糖含量的定量分析 ^[180] ；不同位点中组分含量差异 ^[181] ；种类、产地及真伪的鉴别 ^[182] ；生产过程的在线检测 ^[183]
2	人参叶	<i>Panax ginseng</i> C. A. Mey.	人参总皂苷含量测定，在线监测 ^[184]
3	三七	<i>Panax notoginseng</i> (Burk.)F.H.Chen	水分和醇溶性浸出物含量测定 ^[185] ；总黄酮含量测定 ^[186] ；皂苷定量测定，掺杂，质量评价 ^[187] ；产地鉴别 ^[188] ；伪劣鉴别、质量控制 ^[189] ；品种鉴别、掺假 ^[190] ；在线检测、过程监测 ^[191] ；质量等级鉴别 ^[192] ；粉末部位来源 ^[193] ；品质检测 ^[39]
4	女贞子	<i>Ligustrum lucidum</i> Ait.	女贞苷含量的测定 ^[194] ；铁、铬、锌、钙、钠、钾、锰、铜、镁含量的测定 ^[31] ；蛋白质、脂肪和可溶性多糖含量的测定 ^[195] ；齐墩果酸和熊果酸含量的测定 ^[196] ；真伪和产地鉴别，水分和特女贞苷含量的检测 ^[197]

5	山茱萸	<i>Cornus officinalis</i> Sieb. et Zucc.	水分、浸出物、马钱苷、莫诺苷含量的测定, 质量控制 ^[198] ; 马钱苷和熊果酸含量的测定 ^[199] ; 果肉与果核鉴别 ^[200] ; 炮制程度的质量评价 ^[201]
6	川贝母	<i>Fritillaria cirrhosa</i> D.Don	总生物碱含量的检测 ^[202] ; 真伪和规格的辨识 ^[203] ; 品种鉴别 ^[204]
		<i>Fritillaria unibracteata</i> Hsiao et K. C. Hsia	
		<i>Fritillaria przewalskii</i> Maxim.	
		<i>Fritillaria delavayi</i> Franch.	
7	川芎	<i>Fritillaria taipaiensis</i> P. Y. Li	阿魏酸、水分和浸出物量的定量分析, 质量评价 ^[205] ; 藁本内酯含量的测定 ^[206]
		<i>Fritillaria unibracteata</i> Hsiao et K. C. Hsia <i>van wabuensis</i>	
		(Y. Tang et S. C. Yue) Z. D. Liu, S. Wang et S. C. Chen	
8	丹参	<i>Ligusticum chuanxiong</i> Hort.	水分含量的定量分析 ^[207] ; 丹酚酸 B、迷迭香酸、紫草酸和丹参酮类成分(丹参酮IIA+丹参酮I+隐丹参酮)含量的测定 ^[208] ; 原儿茶醛含量定量分析 ^[209] ; 鞣质含量的测定 ^[210] ; 品种和产地鉴别 ^[211] ; 真伪鉴别 ^[212] ; 在线检测、全程实时质量监控 ^[213] ; 提取过程监测 ^[214] ; 体外抗氧化活性的测定 ^[215]
9	五加皮	<i>Salvia miltiorrhiza</i> Bge.	甘草酸、木香烃内酯、去氢木香内酯含量的测定 ^[216] ; 掺假鉴别 ^[217]
0	五味子	<i>Acanthopanax gracilistylus</i> W. W. Smith	水分及五味子醇甲含量 ^[218] ; 果糖、葡萄糖和可溶性固形物含量的检测, 在线检测 ^[219] ; 五味子甲素、五味子乙素含量定量分析, 质量鉴定 ^[220] ; 产地鉴别 ^[221] ; 挥发油的清除自由基能力分析 ^[222]
1	升麻	<i>Schisandra chinensis</i> (Turcz.) Baill.	升麻新苷I含量的测定 ^[223] ; 异阿魏酸含量的测定 ^[224] ; 蜕皮甾酮含量的测定 ^[225]
		<i>Cimicifuga heracleifolia</i> Kom.	
2	天麻	<i>Cimicifuga dahurica</i> (Turcz.)Maxim.	天麻素、对羟基苯甲醇、巴利森苷 A、巴利森苷 B、巴利森苷 C 和巴利森苷 E 含量定量分析 ^[226] ; 变型鉴别 ^[227] ; 掺假和产地鉴别 ^[228] ; 区分野生和栽培天麻 ^[229] ; 炮制过程的质量控制 ^[38]
		<i>Cimicifuga foetida</i> L.	
3	巴戟天	<i>Gastrodia elata</i> Bl.	水分含量的测定 ^[230] ; 耐斯糖含量的测定 ^[231] ; 水溶性浸出物含量的测定 ^[232]
4	木香	<i>Morinda officinalis</i> How	水分含量的测定 ^[233] ; 木香烃内酯与去氢木香内酯含量的测定 ^[234] ; 醇浸出物含量的测定 ^[235]
		<i>Aucklandia lappa</i> Decne.	

5	车前草	<i>Plantago asiatica</i> L. <i>Plantago depressa</i> Willd.	产地鉴别 ^[236]
6	平贝母	<i>Fritillaria ussuriensis</i> Maxim.	总生物碱含量的测定 ^[237] ；品种鉴别 ^[238]
7	玄参	<i>Siphonostegia ningpoensis</i> Hemsl.	哈巴俄苷、肉桂酸、毛蕊花糖苷及安格洛苷 C 含量的测定 ^[239]
8	生地黄	<i>Rehmannia glutinosa</i> Libosch.	梓醇和水分含量的测定，在线检测 ^[240] ；道地性鉴别，质量控制 ^[241] ；产地鉴别 ^[242] ；鉴别不同蒸制时间地黄 ^[243] ；鉴别不同商品规格地黄 ^[244]
9	生何首乌	<i>Polygonum multijiorum</i> Thunb.	水分含量的测定 ^[245] ；真伪鉴别 ^[246]
0	白及	<i>Bletilla striata</i> (Thunb.)Reichb. f.	掺伪鉴别 ^[247]
1	白术	<i>Atractylodes macrocephala</i> Koidz.	白术内酯I、II和III含量的测定 ^[248] ；产地鉴别 ^[249] ；在线检测 ^[250] ；炮制程度区分，质量评价和控制 ^[251]
2	白芍	<i>Paeonia lactiflora</i> Pall.	水分含量的测定 ^[252] ；芍药苷、芍药内酯苷、没食子酸、苯甲酰芍药苷含量的测定 ^[253] ；浸出物含量的测定 ^[254] ；产地判别 ^[255] ；在线质量监控 ^[256]
3	石斛	<i>Dendrobium nobile</i> Lindl. <i>Dendrobium chrysotoxum</i> Lindl. <i>Dendrobium fimbriatum</i> Hook.	甘露糖含量的测定 ^[257] ；产地鉴别 ^[258] ；种类鉴别 ^[259]
4	地骨皮	<i>Lycium chinense</i> Mill. <i>Lycium barharum</i> L.	掺伪鉴别 ^[260]
5	当归	<i>Angelica sinensis</i> (Oliv.) Diels	亚油酸含量的测定 ^[261] ；绿原酸、阿魏酸、异绿原酸 A、藁本内酯、丁烯基苯胺、洋川芎内酯 I 和欧当归内酯含量的测定 ^[262] ；正丁基苯酞含量的测定 ^[263] ；乙醇提取物含量的测定 ^[264] ；产地和产期鉴别 ^[265] ；在线质量检测 ^[266] ；使用部位鉴别 ^[267] ；抗炎功效评价 ^[268] ；贮藏期鉴别 ^[269] ；掺假鉴别 ^[270] ；品种鉴别 ^[271]
6	红花	<i>Carthamus tinctorius</i> L.	羟基红花黄色素 A 含量的测定 ^[272] ；山柰酚定量分析，采收年限鉴别 ^[273] ；染色增重和产地鉴别 ^[274] ；在线监测 ^[275] ；浓缩过程质量控制 ^[36]
7	红景天	<i>Rhodiola crenulata</i> (Hook. f. et Thoms.)H. Ohba	水分和红景天苷含量的测定 ^[276] ；品种鉴别 ^[277]

8	西洋参	<i>Panax quinquefolium</i> L.	水分和人参皂苷类含量的测定, 质量评价, 产地鉴别 ^[278] ; 总皂甙含量的测定 ^[15] ; 掺假鉴别 ^[279]
9	怀牛膝(牛膝)	<i>Achyranthes bidentata</i> Bl.	齐墩果酸定量分析, 产地和规格鉴别 ^[280]
0	杜仲	<i>Eucommia ulmoides</i> Oliv.	松脂醇二葡萄糖苷和京尼平苷酸含量的测定 ^[281] ; 产地溯源 ^[282]
1	杜仲叶	<i>Eucommia ulmoides</i> Oliv.	绿原酸和杜仲胶含量的测定 ^[283]
2	牡丹皮	<i>Paeonia suffruticosa</i> Andr.	水分、浸出物、丹皮酚含量的测定, 质量评价 ^[284] ; 样品确认 ^[285]
3	苍术	<i>Atractylodes lancea</i> (Thunb.) D C . <i>Atractylodes chinensis</i> (DC.) Koidz.	苍术素含量的测定, 在线检测 ^[286] ; 苍术内酯含量的测定 ^[287] ; 炮制程度识别 ^[288]
4	补骨脂	<i>Psoralea corylifolia</i> L.	补骨脂素、异补骨脂、补骨脂定含量的测定, 产地鉴别 ^[289] ; 样品确认 ^[290]
5	诃子	<i>Terminalia chebula</i> Retz. <i>Terminalia chebula</i> Retz. var. <i>tomentella</i> Kurt.	没食子酸含量的测定 ^[291] ; 成熟期和基原鉴别 ^[292] ; 提取方式选择 ^[293]
6	赤芍	<i>Paeonia lactiflora</i> Pall. <i>Paeonia veitchii</i> Lynch	没食子酸、儿茶素、芍药内酯苷和芍药苷定量分析 ^[294] ; 质量监控 ^[295]
7	麦门冬(麦冬)	<i>Ophiopogon japonicus</i> (L.f.) KerGawl. <i>Ophiopogon bodinieri</i> Levl.	水分含量的测定 ^[296] ; 多糖含量的测定 ^[297] ; 麦冬皂苷 B、麦冬皂苷 D、麦冬皂苷 D'、甲基麦冬二氢高异黄酮 A、甲基麦冬二氢高异黄酮 B 含量的测定 ^[298] ; 总皂苷和总黄酮含量的测定 ^[299] ; 产地鉴别 ^[300] ; 硫熏鉴别 ^[301] ; 在线监测 ^[302]
8	制大黄(大黄)	<i>Rheum palmatum</i> L. <i>Rheum tanguticum</i> Maxim. ex Balf. <i>Rheum officinale</i> Baill.	蒽醌类化合物、水溶性蒽苷类化合物、芪苷类化合物和鞣质类化合物定量分析 ^[303] ; 产地鉴别 ^[304] ; 炮制品鉴别 ^[305] ; 掺假鉴别 ^[306]
9	制何首乌(何首乌)	<i>Polygonum multijiorum</i> Thunb.	水分含量的测定 ^[307] ; 二苯乙烯苷含量的测定 ^[308] ; 2,3,5,4'-二苯乙烯葡萄糖苷含量的测定 ^[309] ; 游离蒽醌含量的测定, 在线监测 ^[310] ; 醇溶性浸出物含量的测定 ^[311] ; 产地鉴别 ^[312] ; 真伪鉴别 ^[313]
0	刺五加	<i>Acanthopanax seuticosus</i> (Rupr. et Maxim.) Harms	紫丁香苷含量的测定 ^[314]
1	泽泻	<i>Alisma orientale</i> (Sam.) Juzep.	道地性鉴别, 不同部位鉴别 ^[18] ; 分类 ^[315]
2	知母	<i>Anemarrhena asphodeloides</i> Bge.	水分含量的测定 ^[316] ; 知母皂苷 BII 含量的测定 ^[317] ; 芒果苷含量的测定 ^[318]
3	罗布麻(叶)	<i>Apocynum venetum</i> L.	总黄酮含量的测定 ^[319]

4	苦丁茶	<i>Ilex latifolia</i> Thunb.	胶含量的测定 ^[320]
5	金樱子	<i>Rosa laevigata</i> Michx.	多糖含量的测定 ^[321]
6	青皮	<i>Citrus reticulata</i> Blanco	真伪鉴别 ^[322]
7	厚朴	<i>Magnolia officinalis</i> Rehd. et Wils. <i>Magnolia officinalis</i> Rehd. et Wils. var. <i>biloba</i> Rehd. et Wils.	酚类成分和水分含量的测定 ^[323] ; 真伪鉴别 ^[324]
8	枳壳	<i>Citrus aurantium</i> L.	柚皮苷和新橙皮苷含量的测定 ^[325]
9	枳实	<i>Citrus aurantium</i> L. <i>Citrus sinensis</i> Osbeck	辛弗林和醇浸出物含量的测定 ^[326]
00	绞股蓝	<i>Gynostemma pentaphyllum</i> (Thunb.) Makino	水分含量的测定 ^[327] ; 产地鉴别 ^[328]
01	香附	<i>Cyperus rotundus</i> L.	水分、灰分、浸出物含量的测定 ^[329] ; α -香附酮、香附烯酮含量的测定 ^[330]
02	党参	<i>Codonopsis pilosula</i> (Franch.) Nannf. <i>Codonopsis pilosula</i> Nannf. var. <i>modesta</i> (Nannf.)L.T.Shen <i>Codonopsis tangshen</i> Oliv.	产地和真伪鉴别, 多糖含量的测定 ^[331] ; 储存条件鉴别 ^[332]
03	浙贝母	<i>Fritillaria thunbergii</i> Miq.	贝母素甲和贝母素乙含量的测定 ^[333] ; 鲜切和硫熏鉴别 ^[334]
04	益母草	<i>Leonurus japonicus</i> Houtt.	盐酸水苏碱含量的测定 ^[335] ; 产地鉴别, 总黄酮和总生物碱含量的测定 ^[336] ; 真伪鉴别 ^[337]
05	积雪草	<i>Centella asiatica</i> (L.)Urb.	积雪草苷含量的测定 ^[338] ; 在线监测 ^[339]
06	淫羊藿	<i>Epimedium brevicomu</i> Maxim. <i>Epimedium sagittatum</i> (Sieb. et Zucc.) Maxim. <i>Epimedium pubescens</i> Maxim. <i>Epimedium koreanum</i> Nakai	水分和灰分含量的测定 ^[10] ; 总黄酮含量的测定 ^[6] ; 蛋白质含量的测定 ^[11] ; 生物碱的含量的测定 ^[12] ; 淫羊藿苷和朝藿定 C 的含量的测定 ^[340] ; 产地鉴别 ^[341] ; 提取过程在线检测 ^[342] ; 浓缩过程在线检测 ^[37]
07	菟丝子	<i>Cuscuta australis</i> R. Br. <i>Cuscuta chinensis</i> Lam.	总黄酮含量的测定 ^[343] ; 真伪鉴别 ^[344]
08	野菊花	<i>Ghrysanthemum indicum</i> L.	水分和蒙花苷含量的测定 ^[345] ; 总黄酮含量的测定 ^[346] ; 木犀草素含量的测定 ^[347] ; 产地鉴别 ^[348] ; 加工方法鉴别 ^[349]

09	银杏叶	<i>Ginkgo biloba</i> L.	水分、浸出物和黄酮醇苷含量的测定, 实时放行检测 ^[350] ; 萜类内酯含量的测定 ^[351] ; 芦丁含量的测定 ^[352] ; 银杏内酯 A、银杏内酯 B、银杏内酯 C、白果内酯、银杏叶总内酯、槲皮素、山柰酚、异鼠李素、银杏叶总黄酮含量的测定 ^[353] ; 在线监控 ^[354]
10	黄芪	<i>Astragalus membranaceus</i> (Fisch.) Bge. var. <i>mongholicus</i> (Bge.) Hsiao <i>Astragalus membranaceus</i> (Fisch.)Bge.	水分、浸出物、黄芪甲苷及毛蕊异黄酮葡萄糖苷含量的测定 ^[355] ; 总皂苷含量的测定, 在线监测 ^[356] ; 产地鉴别 ^[357] ; 含硫量检测 ^[358]
11	蒲黄	<i>Typha angustifolia</i> L. <i>Typha orientalis</i> Presl	总灰分含量的定量分析 ^[359] ; 掺假鉴别 ^[360] ; 炮制品判别 ^[361]
12	熟地黄	<i>Rehmannia glutinosa</i> (Gaert.) Libosch. ex Fisch. et Mey.	还原糖含量的测定 ^[362] ; 质量稳定性考察 ^[363]
13	茶叶籽油	<i>Camellia Sinensis</i> O.Ktze.	掺伪检测 ^[364]
14	夏枯草	<i>Pranella vulgaris</i> L.	水分含量的测定 ^[365] ; 迷迭香酸含量的测定 ^[366] ; 水溶性浸出物含量的测定 ^[367] ; 总灰分和酸不溶性灰分含量的测定 ^[368]
15	布渣叶 (破布叶)	<i>Microcos paniculata</i> L .	表儿茶素、牡荆苷、异牡荆苷和水仙苷含量的测定 ^[369] ; 产地鉴别 ^[370]
16	牡丹籽油	<i>Paeonia suffruticosa</i> Andr.	脂肪酸组成及含量测定 ^[371]
17	玉米须	<i>Zea mays</i> L.	总黄酮和多糖的含量的测定 ^[372] ; 产地鉴别 ^[373]
18	青钱柳叶	<i>Cyclocarya paliurus</i> (Batal.)Iljin. <i>Pterocarya paliurus</i> Batal. <i>P. micropaliurus</i> Tsoong	黄酮含量检测 ^[374]
19	枇杷叶	<i>Eriobotrya japonica</i> (Thunb.) Lindl.	水分含量的测定 ^[375] ; 黄酮、多糖和三萜酸含量的测定, 生长阶段判别 ^[376] ; 齐墩果酸的测定 ^[377] ; 浸出物含量的测定 ^[378]
20	刺梨	<i>Ribes burejense</i> F. Schmidt	品质差异判别与产地溯源 ^[379]
21	松花粉	<i>Pinus massoniana</i> Lamb. <i>Pinus tabulaeformis</i> Carr.	包衣效果评估 ^[380] ; 质量控制 ^[381]
22	肉苁蓉	<i>Cistanche desertico</i> La Y. C. Ma	四种苯乙醇苷 (松果菊苷、管花苷 A、毛蕊花糖苷、异毛蕊花糖苷) 含量的测定 ^[382] ; 甘露

Cistanche tubulosa (Schenk) Wight

醇、果糖、蔗糖和葡萄糖含量的测定^[383]；乙醇提取浓度选择^[384]；真伪鉴别^[385]

中国仪器仪表学会

3 结语

近红外光谱技术作为一种快速、有效、无损的现代检测技术，应用于药食两用植物的资源开发，不仅节约检测时间、缩短实验步骤、减少成本，而且定性定量分析准确可靠。

建议还应该做到以下几点：

(1) 药食两用植物的多组分分析还是不够完善，可以进一步发展基于机器学习算法的模型优化方法，将近红外光谱技术与其他分析技术（如图像处理、化学成分分析）相结合，多模态数据整合可以提供更多的信息维度，以提高近红外光谱技术在药食两用植物中的应用性能。

(2) 通过采集更多的样本数据，并使用先进的算法进行模型训练和优化，建立更完善的光谱数据库和模型，可以获得更全面、准确的药食两用植物分析结果。进一步提高分析的精确性和可靠性。但是这项工作不仅需要大量的样品进行建模，还需要研究者有相对扎实的数理基础。因此应该将化学分析者和软件开发者结合起来研发，这样就能够更加专业的建立有效的软件及模型。

(3) 在药食两用植物生产为各类产品的在线动态监测时，光谱质量的好坏容易受到周围环境的影响，是否能够建立一个相对稳定的环境来分析监测，或者建立一个反馈控制系统来改善整个系统的稳定性。

(4) 近红外光谱技术在实时监测和追溯体系方面具有潜力，将该技术与物联网和区块链等技术相结合，可以实现对药食两用植物产品的产地、加工和供应链的实时监测、溯源和品质保障，从而提高产品的质量和安全性，更好的保护消费者的权益。

(5) 可以结合大数据和人工智能等技术，实现对生产过程中的植物样品的实时监测、质量控制和自动化调节。这将提高生产效率、减少人工误差，并优化药食两用植物产品的生产流程。

(6) 不断提高近红外光谱仪器的便携性，使其能够更好的在现场或实验室外进行实时监测和检测。

(7) 尽管该技术具有许多优势，但仍需与其他传统分析方法相结合，并遵循相关的法规和标准，以确保分析结果更加准确可靠，也有利于更好的将其推广到市场。

随着科学的发展和技术的创新，近红外光谱技术在药食两用植物资源开发中的应用将持续验证和改进，并进行不断的拓展和完善。未来有望实现该技术在该领域的应用范围更

广泛、效益更高，为该领域的质量控制、安全性检测和生产管理带来更多的机遇和挑战。

中国仪器仪表学会

参考文献:

- [1] 张华峰.药食同源相关术语问题与对策[J].中国科技术语,2019,21(4):65-71.
- [2] Zhang H F, Yang X H. Asian medicine: protect rare plants[J]. Nature, 2012, 482(7383): 35.
- [3] Ernst E. Toxic heavy metals and undeclared drugs in Asian herbal medicines[J]. Trends in Pharmacological Sciences, 2002, 23(3): 136-139.
- [4] 张华峰,杨晓华.淫羊藿药材质量控制的问题与对策[J].中草药,2009,40(1):160-163.
- [5] 张华峰,牛丽丽,杨晓华.植物次生代谢产物定量分析方法研究进展[J].食品工业科技,2012,33(15):405-408.
- [6] 薛耀碧,张华峰,杨晓华,等.近红外漫反射光谱法快速测定药用植物淫羊藿总黄酮含量[J].植物学报,2013,48(1):65-71.
- [7] Lu H Y, Wang S S, Cai R, et al. Rapid discrimination and quantification of alkaloids in *Corydalis Tuber* by near-infrared spectroscopy[J]. Journal of Pharmaceutical and Biomedical Analysis, 2012, 59: 44-49.
- [8] Workman J, Weyer L. Practical guide to interpretive near-infrared spectroscopy[M]. Boca Raton: CRC Press, 2007: 344.
- [9] Yan H, Ma Y, Han B X. Rapid detection of the component contents in caryophylli flos by a handheld near infrared spectrometer based on digital light processing technology[J]. 1st Edition. Journal of Near Infrared Spectroscopy, 2018, 26(6): 389-397.
- [10] 陈乐,张华峰,郝淼,等.淫羊藿水分和灰分的近红外快速检测[J].中草药,2015,46(9):1368-1373.
- [11] 牛丽丽,张华峰,陈乐,等.基于近红外漫反射光谱快速测定淫羊藿蛋白质含量[J].植物学报,2014,49(5):611-617.
- [12] 孙晨倩,陈乐,张华峰,杨晓华,杨娟.一种快速定量分析药用植物淫羊藿生物碱的方法[J].植物学报,2015,50(6):746-753
- [13] 汤丽华,刘敦华.基于近红外光谱的枸杞化学成分定量分析[J].现代食品科技,2013,29(9):2306-2310.
- [14] Chen Y, Zhong Y C, Qi Y, et al. Near-infrared spectroscopy for rapid evaluation of different processing products of *Sophora japonica* L.[J]. Spectroscopy Letters, 2018, 51(1): 37-44.
- [15] 黄亚伟,王加华,JACQUELINE J. SHAN,等.近红外光谱测定人参与西洋参的主要皂甙总量[J].分析化学,2011,39(3):377-381.
- [16] 牛丽丽,张华峰,杨晓华,等.4种小檗科植物叶片的蛋白质及氨基酸组成分析[J].植物资源与环

境学报,2013,22(4):105-107.

- [17] Zhang H F, Yang T S, Li Z Z, et al. Simultaneous extraction of epimedin A, B, C and icariin from *Herba Epimedii* by ultrasonic technique[J]. *Ultrasonics Sonochemistry*, 2008, 15(4): 376-385
- [18] Lee D Y. Discrimination of *Alismatis Rhizoma* according to geographical origins using near infrared spectroscopy[J]. *Korean Journal of Pharmacognosy*, 2013, 44(4): 344-349.
- [19] Li B X, Wei Y H, Duan H G, et al. Discrimination of the geographical origin of *Codonopsis pilosula* using near infrared diffuse reflection spectroscopy coupled with random forests and nearest neighbor methods[J]. *Vibrational Spectroscopy*, 2012, 62 (9): 17-22.
- [20] Woo Y A, Kim H J, Ze K R, et al. Near-infrared (NIR) spectroscopy for the non-destructive and fast determination of geographical origin of *Angelicae gigantis Radix*[J]. *Journal of Pharmaceutical and Biomedical Analysis: An International Journal on All Drug-Related Topics in Pharmaceutical, Biomedical and Clinical Analysis*, 2005(5): 36, 955-959.
- [21] 刘秀明,李涛,李源栋,等.基于 NIR 分析和模式识别技术的葛根品种及产地判别[J].食品工业科技,2018,039(022):247-251.
- [22] 吴永军,陈勇,杨越,等.近红外光谱技术快速鉴别淫羊藿药材产地[J].时珍国医国药,2017,28(8):1902-1905.
- [23] 高鸿彬,宋洪杰.甘草及其伪品刺果甘草的近红外光谱法快速无损鉴别[J].时珍国医国药,2021,32(1):97-99.
- [24] 吴习宇,祝诗平,王谦,等.DPLS 和 SVM 的掺假花椒粉近红外光谱定性鉴别[J].光谱学与光谱分析,2018,38(8):2369-2373.
- [25] 谢梦迪,田亮玉,桂新景,等.近红外光谱技术结合化学计量学应用于川贝母真伪与规格的快速辨识研究[J].中草药,2022,53(08):2490-2498.
- [26] 郑训培,董怡青,杨清华,等.基于近红外光谱技术的陈皮粉真伪无损鉴别[J].中国果菜,2022,42(07):36-41,56.
- [27] 方嘉雯,麦淑仪,孟江,等.基于近红外光谱的陈皮炮制品快速质量评价研究[J].广东药科大学学报,2023,39(1):79-87.
- [28] 敬小丽,唐杰,王雪梅,等.紫外-可见-短波近红外漫反射光谱技术测定白芷中二氧化硫残留量的研究[J].化学研究与应用,2019,31(1):15-21.
- [29] 吴志生,杜敏,潘晓宁,等.硫磺熏蒸的葛根横纵截面快速判别分析[J].中国中药杂志,2015,40(12):2336-2339.

- [30] 吕萍.基于近红外光谱技术的块茎类蔬菜中有机磷农药残留的无损检测研究.江西农业大学,2012.
- [31] 侯超逸,段凌瑶,李芸玲,等.基于近红外光谱的女贞子评价方法研究[J].河南科技学院学报(自然科学版),2019,47(1):47-52.
- [32] 刘聪,郭康权,张强,等.基于近红外光谱的室温贮藏下鲜枣霉菌污染动力学模型[J].农业工程学报,2013,29(1):278-284.
- [33] 胡耀华,刘聪,何勇.近红外光谱检测鲜枣酵母菌的动力学模型[J].光谱学与光谱分析,2014,34(4):922-926.
- [34] Wu Y J, Jin Y, Li Y R, et al. NIR spectroscopy as a process analytical technology (PAT) tool for on-line and real-time monitoring of an extraction process[J]. *Vibrational Spectroscopy*, 2012, 58: 109-118.
- [35] Li J Y, Xu B, Zhang Y, et al. Determination of geniposide in *Gardenia jasminoides* Ellis fruit by near-infrared spectroscopy and chemometrics[J]. *Analytical Letters*, 2016, 49(13): 2063-2076.
- [36] 陈雪英,陈勇,王龙虎,等.红花醇沉液浓缩除醇过程中多元质控指标的近红外快速检测[J].药物分析杂志,2010,30(11):2086-2092.
- [37] 杨丽,李菁,刘翠红,等.AOTF 近红外光谱技术在淫羊藿浓缩过程在线检测中的应用[J].中国医药导报,2014,11(24):111-114.
- [38] 郭丽.基于近红外光谱技术对中药天麻炮制过程中质量控制的研究[J].贵州师范大学,2017.
- [39] 李颖,马雨辰,刘萌,等.近红外光谱技术结合偏最小二乘判别分析检测三七品质[J].食品安全质量检测学报,2022,13(12):3923-3929.
- [40] 蔡佳良,黄洁燕,李蕾蕾,等.运用近红外光谱法建立广藿香含叶量定量分析模型[J].中国现代应用药学,2013,30(3):260-263.
- [41] 陈红光,王健,中野和弘,敖长林.基于支持向量机的大枣内部虫害无损检测[J].东北农业大学学报,2014,45(2):94-102.
- [42] 蒲登鑫,王文茂,李军会,等.近红外在线质量监控技术在中药葛根素生产中的应用[J].现代仪器,2003,9(5):27-29.
- [43] Yan H, Ma Y, Liang M X, et al. A study on rapid non-destructive detection of eugenol in *Caryophylli flos* by NIR spectroscopy and partial least square[J]. *Indian journal of pharmaceutical sciences*. 2018, 80(6): 1136-1142.
- [44] 李冬云,张晓娟,莫贵情,等.八角茴香中芦丁的近红外光谱分析[J].中南农业科

技,2023,44(2):41-44.

- [45] 王伟,赵昕,褚璇等.基于可见/近红外高光谱的八角茴香与莽草无损鉴别[J].农业机械学报,2019,50(11):373-379.
- [46] 白雁,龚海燕,宋瑞丽,等.近红外漫反射光谱法快速测定山药药材中多糖的含量[J].中成药,2010,32(1):110-112.
- [47] 白雁,龚海燕,宋瑞丽,等.近红外漫反射光谱法快速测定山药药材中水、醇浸出物含量[J].中国现代应用药学,2010,27(2):163-166.
- [48] 白雁,龚海燕.近红外漫反射光谱法测定山药中尿囊素的含量[C].2009年中华中医药学会中药药效提高与中药饮片质量控制交流研讨会论文集.2009:252-256.
- [49] 杜敏,吴志生,巩颖,等.基于近红外光谱技术的道地山药快速无损分析[J].世界中医药,2013,8(11):1277-1279
- [50] 李长滨,牛畅炜,苏丽,等.不同产地山药的近红外鉴别和差异分析[J].食品研究与开发,2022,43(15):175-181.
- [51] 郭琰,倪永年.近红外光谱法结合化学计量学方法鉴别山药粉及其掺杂品[C].中国化学会第30届学术年会摘要集-第二十五分会:化学信息学与化学计量学,2016:1-1.
- [52] 龚海燕,宋瑞丽,李珊,等.近红外光谱结合一致性检验对铁棍山药的鉴别研究[J].计算机与应用化学,2010,27(7):967-969.
- [53] 王世伟,席啸虎,张小慧.近红外光谱技术快速鉴别山药硫熏情况模型的建立[J].时珍国医国药,2018,29(8):1888-1890.
- [54] Dong W J, Ni Y N, Kokot S. A near-infrared reflectance spectroscopy method for direct Analysis of several chemical components and properties of fruit, for example, Chinese Hawthorn[J]. Journal of Agricultural and Food Chemistry, 2013, 61(3): 540-546.
- [55] 赵艳茹,张淑娟,余克强.基于近红外光谱的山楂SSC动态检测研究[C].中国农业工程学会2011年学术年会论文集,2011:1-3.
- [56] 刘冬冬,李春花,滕佳鑫,等.基于SVM和PLS的山楂果实硬度的近红外光谱预测模型[J].食品工业,2022,43(8):296-299.
- [57] 张晶.近红外光谱分析技术在山楂质量控制的研究[D].济南:山东大学,2013:54.
- [58] 王馨,张娜,石国琳,等.乌梅粉末中糊精含量近红外的快速测定方法的建立和验证[C].中华中医药学会.中华中医药学会,2017:232-237.
- [59] 杨婵,徐冰,张志强,等.基于移动窗F检验法的中药配方颗粒混合均匀度近红外分析研究[J].中

国中药杂志,2016,41(19):3557-3562.

- [60] 雍婧姣,王霞,石思佳,等.基于 R 语言的近红外光谱对甘草中指标成分定量分析[J].中国实验方剂学杂志,2019,25(9):176-181.
- [61] 杨天鸣,张璐,付海燕,等.不同产地甘草的近红外指纹图谱模式识别鉴别方法[J].亚太传统医药,2015,11(14):11-14.
- [62] 王海霞,所同川,余河水,李正.基于近红外光谱技术的甘草提取过程最优建模方法研究[J].中国中药杂志,2016,41(19):3537-3542.
- [63] 荆淼,金兴良,庄峙厦,等.近红外漫反射光谱技术在甘草指纹图谱中的研究[J].现代中药研究与实践,2004,18(B12):6-9.
- [64] 雷萌,於鑫慧,邹亮,等.基于核函数优化的甘草近红外光谱分析模型构建方法及甘草质量评价方法:CN110296955A[P].2019-10-01.
- [65] 刘沐华,张学工,周群,孙素琴.近红外漫反射光谱法和模式识别技术鉴别中药材产地[J].光谱学与光谱分析,2006,26(4):629-632.
- [66] 丁念亚,黎薇,冯昕韡,等.近红外漫反射光谱在中药分类及真伪鉴别中的应用[J].计算机与应用化学,2008,25(4):499-502.
- [67] 杨珂,薛淑娟,王利丽,等.基于近红外光谱技术对白芷饮片的定性及定量分析[J].中华中医药学刊,2021,39(5):147-151.
- [68] 朱丽伟,黄艳艳,杨丽明,等.用近红外光谱法快速无损检测苦豆子和决明子单粒种子生活力的研究[J].红外,2011,32(4):35-39.
- [69] 朱丽伟,黄艳艳,王庆,等.基于近红外光谱技术的三种硬实种子无损鉴定(英文)[J].农业工程学报,2012,28(S2):237-242.
- [70] 廉小亲,陈群,汤燊淼,等.基于 NIR 和 SOM-RBF 网络的兰州百合关键营养物质定量分析方法[J].光谱学与光谱分析,2022,42(7):2025-2032.
- [71] Huang J H, Zhou R R, He D, et al. Rapid identification of Lilium species and polysaccharide contents based on near infrared spectroscopy and weighted partial least square method[J]. International Journal of Biological Macromolecules, 2020, 154: 182-187.
- [72] 秦斌,闫研,殷果,等.近红外光谱法快速测定肉桂药材的水分[J].中国药房,2018,29(14):1949-1953.
- [73] 解育静,张家楠,朱冬宁,等.肉桂中 4 种成分近红外定量分析模型的建立[J].中国实验方剂学杂志,2020,26(2):119-123.

- [74] 熊陈诚,李莉,王婷媛.基于近红外光谱技术不同产地肉桂子模型的建立[J].西北药学杂志,2016,31(3):221-225.
- [75] 毛胜楠,齐路明,钟芙蓉等.基于 HPLC-UV 和 FT-NIR 的不同贮藏年限余甘子质量评价与鉴别[J].中国实验方剂学杂志,2019,25(12):181-186.
- [76] 吴春蓉.佛手物质基础及质量评价研究[D].广州:广东药科大学,2018:71-80.
- [77] 郑洁.基于近红外高光谱成像技术对不同产地苦杏仁和桃仁药材的鉴别[J].中国中药杂志,2021,(10):2571-2577.
- [78] 叶利明,周旻,张浩,等.近红外漫反射光谱法测定川西高原产沙棘中异鼠李素含量[J].光谱学与光谱分析,2008,28(2):324-326.
- [79] 王泽祥.沙棘汁品质近红外快速检测技术[D].呼和浩特:内蒙古农业大学,2021:42-45.
- [80] 张海红,张淑娟,王凤花,等.应用可见-近红外光谱快速识别沙棘汁品牌[J].光学学报,2010,30(2):574-578.
- [81] 陈蓉,陈伟,吴启南.基于近红外指纹图谱的芡实药材快速分析[J].医药导报,2014(5):653-657.
- [82] 李洋,魏安智,杨途熙,等.花椒生物碱和挥发油含量的近红外光谱无损检测[J].食品工业,2012,33(5):122-125.
- [83] 吉卉,郭康权,胡耀华.基于红外光谱的花椒蛋白质含量的快速检测[J].食品工业科技,2010,31(6):339-340.
- [84] 祝诗平,王刚,杨飞,等.基于近红外光谱的花椒麻味物质快速检测方法[J].红外与毫米波学报,2008,27(2):129-132.
- [85] 闫晓剑,张瀚云,范林宏,闫麟鹏.便携式近红外光谱仪云端智能快速检测花椒饮片[J].中南药学,2019,17(9):1436-1439.
- [86] 吴习宇.花椒产地、新陈度及掺伪的近红外光谱鉴别方法研究[D].重庆:西南大学,2018:63-77.
- [87] 周青梅,郭立芸,林智平.近红外光谱法测定麦芽中的 β -葡聚糖[J].食品与发酵工业,2013,39(10):223-226.
- [88] 周青梅.利用近红外光谱法快速检测麦芽总氮和可溶性氮的研究[J].啤酒科技,2013(08):36-42.
- [89] 赵楠,谢鑫,郭立芸,等.一种基于近红外光谱技术定性识别麦芽表面常见真菌污染微生物的方法:CN114136889A[P].2022-03-04.
- [90] 杨华生,吴维刚,谭丽霞,等.麦芽炒制过程中近红外在线监测模型的建立及“炒香”终点判断研究[J].中国中药杂志,2017,42(3):478-485.
- [91] 张淑娟,王凤花,张海红,等.鲜枣品种和可溶性固形物含量近红外光谱检测[J].农业机械学

报,2009,040(004):139-142.

- [92] 罗华平,卢启鹏,丁海泉,等.南疆红枣品质近红外光谱在线模型参数的实验研究[J].光谱学与光谱分析,2012,32(5):1225-1229.
- [93] 彭云发.近红外光谱技术在南疆红枣品质快速无损检测中的应用研究[D].阿拉尔:塔里木大学,2015:35-56.
- [94] 石鲁珍,张景川,蒋霞,等.光谱测定南疆鲜冬枣 Vc 含量方法的研究[J].塔里木大学学报,2015,27(4):93-98.
- [95] 任水英,闫文丽,吕小毅,等.快速检测红枣中环磷酸腺苷 cAMP 含量的方法:CN108956527B[P].2020-12-15.
- [96] 王婉娇,贺晓光,杨晓忱,等.近红外光谱技术对圆枣产地的判别分析[J].食品科技,2015,40(6):344-347.
- [97] 刘聪,郭康权,张强,胡耀华.基于近红外光谱的室温贮藏下鲜枣霉菌污染动力学模型[J].农业工程学报,2013,29(1):278-284.
- [98] 陈红光,王健,中野和弘,敖长林.基于支持向量机的大枣内部虫害无损检测[J].东北农业大学学报,2014,45(2):94-102.
- [99] 杨一,张淑娟,薛建新.轻微损伤郎枣近红外光谱检测[J].山西农业科学,2014,42(11):1175-1177.
- [100] Yan J, Huang X P, Zhu W W. Simultaneous determination of antioxidant properties and total phenolic content of *Siraitia grosvenorii* by near infrared spectroscopy[J]. Journal of Food Measurement and Characterization, 2020, 14(4): 2300-2309.
- [101] 白雁,李珊,张威,陈志红.近红外光谱法快速检测金银花中水分的含量[J].中国现代应用药学,2011,28(11):1024-1027.
- [102] Luo G A, Zhang X D, Wang Y M, et al. Application of near-infrared spectroscopy for the rapid analysis of *Lonicerae Japonicae Flos* solution extracted by water[J]. Journal of Innovative Optical Health Sciences, 2014, 7(4): 1350063.1-1350063.9.
- [103] 陈璐,张惠,张丙春,范丽霞.基于近红外光谱技术快速鉴别不同产地金银花[J].农产品质量与安全,2019(4):41-44.
- [104] 刘征辉,魏静娜,赵琳琳,等.近红外光谱技术在金银花和山银花判别中的应用研究[J].中国现代中药,2020,22(1):58-64.
- [105] 辛妮,孟庆华,李益振,et al. Near infrared spectral similarity combined with variable selection method in the quality control of flos *Lonicerae*: A preliminary study[J].中国化学:英文版,

2011,29(11):2533-2540.

- [106] 杜晨朝,赵安邦,吴志生,等.近红外光谱结合不同变量筛选方法用于金银花提取过程中绿原酸量的在线监测[J].中草药,2017(16):3317-3321.
- [107] Xue J T, Yang Q W, Li C Y, et al. Rapid and simultaneous quality analysis of the three active components in *Lonicerae Japonicae Flos* by near-infrared spectroscopy[J]. Food Chemistry, 2020, 342(16): 128386.1-128386.8.
- [108] 吕萍,薛龙,何秀文,等.生姜水分含量的可见-近红外光谱检测[J].江西农业大学学报,2011,33(3):602-607.
- [109] 严辉,李鹏辉,周桂生,等.一种基于近红外光谱技术的干姜药材质量评价方法:CN109738391B[P].2021-06-22.
- [110] 余代鑫,郭盛,张霞等.近红外光谱技术结合化学计量学和机器学习算法的干姜产地溯源研究[J].中国中药杂志,2022,47(17):4583-4592.
- [111] 吕萍.基于近红外光谱技术的块茎类蔬菜中有机磷农药残留的无损检测研究[D].南昌:江西农业大学,2012:19-42.
- [112] 杜敏,巩颖,林兆洲,等.样品表面近红外光谱结合多类支持向量机快速鉴别枸杞子产地[J].光谱学与光谱分析,2013,33(5):1211-1214.
- [113] Li J Y, Xu B, Zhang Y, et al. Determination of geniposide in *Gardenia jasminoides* ellis fruit by near-infrared spectroscopy and chemometrics[J]. Analytical Letters, 2016, 49(13): 2063-2076.
- [114] 周聪,王慧,杨健,张小波.基于高光谱成像技术的中药栀子产地识别[J].中国中药杂志,2022,47(22):6027-6033.
- [115] 严诗楷,罗国安,王义明,程翼宇.栀子药材提取工艺的近红外光谱实时控制方法研究[J].光谱学与光谱分析,2006,26(6):1026-1030.
- [116] 覃炳达.中药关键生产过程在线近红外质量监控系统的设计与实现[D].桂林:桂林电子科技大学,2011:32-40.
- [117] 梁生旺,钟永翠,王淑美,等.一种鉴定栀子品质的近红外光谱分析方法:CN107449754B[P].2020-04-17.
- [118] 赵红宁,刘喜乐,曹庆玺,等.近红外光谱法快速测定砂仁中的水分[J].中国实验方剂学杂志,2016,22(15):33-36.
- [119] 樊明月,白雁,雷敬卫,等.近红外光谱技术结合偏最小二乘法快速测定砂仁中乙酸龙脑酯的含量[J].南京中医药大学学报,2015(5):449-452.

- [120] 刘燎原,梁志毅,刘丽萍,钟如帆.基于近红外光谱技术的砂仁提取物混合工艺研究[J].中国现代中药,2020,22(1):85-88,93.
- [121] 曾海松,李伟,顾东华.香橼药材水分和柚皮苷近红外快速定量分析模型的建立[J].中国药师,2019,22(9):1753-1756.
- [122] 郑洁,茹晨雷,张璐,等.基于近红外高光谱成像技术对不同产地苦杏仁和桃仁药材的鉴别[J].中国中药杂志,2021,46(10):2571-2577.
- [123] 颜辉,韩邦兴,吴琼英,等.近红外光谱结合 PLS-DA 鉴别桑叶收获时间[C].中华中医药学会第十届中国药鉴定学术会议暨 WHO 中药材鉴定方法和技术研讨会论文集.2010:565-568.
- [124] 张梅霞.基于高光谱成像技术的桑叶农药残留检测研究[D].镇江:江苏大学,2015:23-31.
- [125] 颜辉,郭成,第丹丹,等.应用手持式近红外光谱仪检测桑椹可溶性固形物含量的偏最小二乘回归模型建立[J].蚕业科学,2016,42(6):1077-1084.
- [126] 孟留伟.基于光谱技术的桑椹安全品质快速检测方法研究[D].杭州:浙江大学,2018:35-53.
- [127] 刘雯雯,刘晓凤,董航.近红外光谱检测技术快速测定桔梗总皂苷的研究[J].成都大学学报:自然科学版,2021,40(1):20-24.
- [128] 华梦丹,吴凌云,於江华,等.一种桔梗药材的近红外光谱检测方法:CN108562556A[P].2018-09-21.
- [129] 李妮娜.丹参,黄芪,桔梗及绵草薜四种根及根茎类药材的质量评价研究[D].合肥:安徽中医药大学,2015:107-113.
- [130] 李荣,李俊妮,温金凤,等.近红外光谱法快速测定益智不同药用部位的水溶性浸出物含量[J].药物分析杂志,2020,40(4):740-749.
- [131] Li R, Zeng C B, Li J N, et al. Characterization of the fruits and seeds of *Alpinia Oxyphylla* miq by high-performance liquid chromatography (HPLC) and near-infrared spectroscopy (NIRS) with partial least-squares (PLS) regression[J]. Analytical Letters, 2020, 53(10/12): 1667-1682.
- [132] Ahn C K, Mo C Y, Kang J S, et al. Nondestructive classification of viable and non-viable radish (*Raphanus sativus* L) seeds using hyperspectral reflectance imaging[J]. Journal of Biosystems Engineering, 2012, 37(6): 411-419.
- [133] 崔蕴涵,许金钗,方智毅,等.莲子含水率近红外光谱检测模型构建[J].食品研究与开发,2021, (18) : 130-135
- [134] 朱亨银,傅霞萍,游贵荣,何金成.近红外光谱定性定量分析技术在莲子无损检测中的应用[J].光谱学与光谱分析,2015,35(10):2752-2756.

- [135] 许祯毅,李枚,林露,等.近红外光谱技术对莲子粉主要成分快速检测和掺杂鉴别研究[J].食品科技,2021,46(10):265-270.
- [136] 周婷婷,张仲平,孙文闪,等.最小偏二乘方法和近红外技术快速测定莲子多糖及抗氧化活性[J].食品安全质量检测学报,2020,11(11):3435-3440.
- [137] 胡仁伟,俞玥,倪明龙,等.基于深度信念网络的近红外光谱鉴别莲子粉掺假[J].食品科学,2020,41(6):298-303.
- [138] 林萍,王海霞,周文婷,等.利用近红外光谱分析技术快速测定高良姜中水分含量.中国调味品,2014,39(8):99-103.
- [139] 龙琴.基于电子感官与近红外光谱技术的高良姜品质数字化评价[D].广州:广东药科大学,2019:54-63.
- [140] 邵莹.淡竹叶品质评价及心血管药理作用研究[D].南京:南京中医药大学,2012:75-81.
- [141] 郭文勇.中药淡豆豉的质量评价方法及其“解表除烦”作用机制研究[D].上海:第二军医大学,2004:34-40.
- [142] 毛佩芝,杨凯,金叶,等.近红外光谱法快速测定野菊花药材中水分及蒙花苷含量[J].中国现代应用药学,2015,32(12):1428-1432.
- [143] 胡小莉.河南野菊花质量分析研究[D].郑州:河南中医药大学,2016:33-63.
- [144] 胡小莉,白雁,雷敬卫,等.NIRS结合TQ软件对不同产地野菊花定性定量分析[J].中国实验方剂学杂志,2016,22(15):37-41.
- [145] 李嘉仪,余梅,李脉泉,等.近红外光谱和模式识别的菊花品种无损鉴别[J].光谱学与光谱分析,2022,42(4):1129-1133.
- [146] Ding G Y, Li B Q, Han Y Q, et al. A rapid integrated bioactivity evaluation system based on near-infrared spectroscopy for quality control of *Flos Chrysanthemi*[J]. Journal of Pharmaceutical and Biomedical Analysis, 2016, 131: 391-399.
- [147] Francois I J C, Marien E, Brijs K, et al. The use of Vis/NIR spectroscopy to predict the optimal root harvesting date of chicory (*Cichorium intybus* L.)[J]. Postharvest Biology & Technology, 2009, 53(1): 77-83.
- [148] 吕悦,吴杭莎,韦飞扬,等.黄精多指标成分近红外光谱快速定量分析模型建立[J].中成药,2022,44(9):2878-2884.
- [149] 商志伟,赵云,沈奇,等.紫苏种子品质的近红外光谱分析[J].光谱学与光谱分析,2017,37(12):3719-3724.

- [150] 吕长鑫,李萌萌,徐晓明,等.利用 Turbiscan 稳定性分析仪检测紫苏酸性乳饮料乳化稳定性[J].中国食品学报,2014,14(04):239-245.
- [151] 陈斌,赵龙莲,李军会,严衍禄.近红外光谱法快速分析葛根中的有效成分[J].光谱学与光谱分析,2002,22(6):976-979.
- [152] 陈斌,李军会,赵龙莲,严衍禄.近红外光谱法快速测定葛根中的五种成分[J].现代仪器,2001,(5):21-22,16.
- [153] 崔建新,高海波,洪文学.基于雷达图特征提取和近红外光谱技术的葛根粉鉴别方法研究[J].高技术通讯,2015,25(7):719-724.
- [154] 郭蕊.基于近红外光谱的芝麻品质快速检测研究[D].郑州:河南工业大学,2012:20-34.
- [155] 陈曦,牛晓颖,邵利敏.近红外光谱技术在黑芝麻糊品牌鉴别中的应用研究[J].河北农业大学学报,2013,36(1):118-122.
- [156] 梁生旺,钟永翠,王淑美,等.一种鉴定槐花品质的近红外光谱分析方法:CN107389598B[P].2020-10-09.
- [157] Li Y, Shi X Y, Wu Z S, et al. Near-infrared for on-line determination of quality parameter of *Sophora japonica* L. (formula particles): From lab investigation to pilot-scale extraction process[J]. Pharmacognosy Magazine, 2015, 11(41): 8-13.
- [158] Lu X, Yan S M, Cai C B, et al. Rapid analysis of geographical origins and age of *torreya grandis* seeds by NIR spectroscopy and pattern recognition methods[J]. Journal of Spectroscopy, 2013: 67-80.
- [159] 张璐.基于近红外高光谱成像结合分水岭算法鉴别酸枣仁药材的产地[J].药物分析杂志,2021,(4):726-734.
- [160] 赵昕,刘鑫,王韵彭,等.基于近红外光谱的酸枣仁不同伪品掺假检测[J].食品工业科技,2022,43(21):294-301.
- [161] 陈美君,陈鸿平,丁龙,等.陈皮中 3 种黄酮成分近红外定量分析模型的建立[J].时珍国医国药,2016,27(7):1614-1619.
- [162] 巩珺.利用药物分析的组合技术研究“广陈皮”的道地性内涵[D].广州:广州中医药大学,2015:16-24.
- [163] 闫珂巍,王福,梅国荣,etal.基于近红外光谱技术快速定性鉴别广陈皮模型的建立[J].中草药,2015,046(020):3096-3099.
- [164] Pan S W, Zhang X, Xu W B, et al. Rapid on-site identification of geographical origin and

- storage age of tangerine peel by near-infrared spectroscopy[J]. *Spectrochimica Acta Part A: Molecular and Biomolecular Spectroscopy*, 2022, 271: 120936.
- [165] 郑训培,董怡青,杨清华,等.基于近红外光谱技术的陈皮粉真伪无损鉴别[J].*中国果菜*,2022,42(7):36-41,56.
- [166] 姬生国,王东,郭念欣,等.陈皮及广陈皮药材质量的近红外光谱监控方法:CN103033486A[P].2013-04-10.
- [167] 张玉洁,甘国峰,於江华.一种快速的薄荷药材质控检测方法:CN109580539A[P].2019-04-05.
- [168] 倪永年.化学计量学结合光谱和色谱技术在生命科学中的应用[C].中国化学会.中国化学会第29届学术年会摘要集——第19分会:化学信息学与化学计量学.2014:7.
- [169] 张佳欢,罗云云,杜伟锋,等.薏苡仁近红外光谱快速定性定量模型的建立[J].*时珍国医国药*,2019,0(6):1325-1327.
- [170] 吴春艳,赵国富,孔庆然,等.一种近红外光谱快速检测覆盆子成分的方法:CN115615947A[P].2023-01-17.
- [171] 高鸿彬,瞿敏,刘浩,等.不同产地覆盆子的近红外漫反射快速无损鉴别[J].*世界中医药*,2020,15(10):1386-1390.
- [172] 蔡佳良,李蕾蕾,姬生国.近红外光谱法快速测定广藿香中水分含量[J].*医药导报*,2012,31(11):1468-1470.
- [173] 蔡佳良,黄洁燕,邓婉婷,姬生国.近红外光谱法快速测定广藿香中醇溶性浸出物含量[J].*中国药学杂志*,2012,47(24):2026-2028.
- [174] 蔡佳良,郭念欣,姬生国.不同干燥方法对广藿香中百秋李醇含量影响的近红外光谱分析[J].*云南中医中药杂志*,2013,34(1):53-54.
- [175] Diego M C R, Purwanto Y A, Sutrisno S M, et al. Determination of the characteristics and classification of near-Infrared spectra of Patchouli Oil (*Pogostemon Cablin Benth.*) from different origin[J]. *IOP Conference Series Earth and Environmental Science*, 147(1): 1-11.
- [176] 蔡佳良,郭念欣,姬生国.广藿香和藿香近红外光谱鉴别方法的建立[C].广东省植物学会2012年年会论文集.2012:21.
- [177] 张瑞,曲正义,张浩,等.人参产品中总皂苷、水分、灰分近红外光谱快速分析技术研究[J].*特产研究*,2015,000(3):43-46.
- [178] 丁海泉,温江北,高洪智,等.最小二乘支持向量机用于人参皂苷近红外光谱分析研究[J].*现*

代农业装备,2021,42(5):17-22.

- [179] Bo H B, Nie L X, Wang D, et al. Rapid determination of *Panax ginseng* by near-infrared spectroscopy[J]. Analytical Methods, 2013, 5(23): 6715-6721.
- [180] 芦永军,曲艳玲,曹志强,等.人参总糖的近红外光谱定量分析[J].光谱学与光谱分析,2006,26(8):1457-1459.
- [181] 武艳红,杜一平,郑翌等.利用近红外和红外光谱技术无损研究人参不同位点的差异[C].中国化学会计算机化学专业委员会.第十届全国计算(机)化学学术会议论文摘要集.2009:225-226.
- [182] 何淑华,张大方,孙瑞岩等.吉林人参近红外漫反射光谱分类研究[C].中华人民共和国国家中医药管理局,世界卫生组织.国际传统医药大会论文摘要汇编.2000:464.
- [183] 王英平,张瑞,孙成贺,等.人参加工生产中的近红外在线检测方法:CN102183483A[P].2011-09-07.
- [184] 刘桦,赵鑫,齐天,等.人参叶总皂苷大孔树脂分离纯化工艺的红外光谱在线监测模型及其含量测定[J].光谱学与光谱分析,2013(12):3226-3230.
- [185] 周雨枫,杨哲萱,董林毅,等.近红外光谱技术快速测定三七水分和醇溶性浸出物[J].药物评价研究,2018,41(11):1994-1999.
- [186] 杨晓丽,何琼.共识径向基神经网络应用于近红外光谱法测定三七中总黄酮[J].理化检验(化学分册),2016,52(6):635-638.
- [187] 周雨枫,董林毅,杨哲萱,等.三七近红外多指标快速质量评价[J].中成药,2019,41(3):613-619.
- [188] 周玉厚.光谱指纹图谱结合化学计量学对不同产地三七的鉴别[J].云南中医药大学,2020.
- [189] 叶水利,晏红星.三七片近红外定性模型的建立[J].医药导报,2015,34(z1):111-112.
- [190] 余梅.一种基于近红外光谱技术的不同品种及掺假三七的无损鉴别分析研究[J].分析测试学报,2021,(9):1374-1379.
- [191] 瞿海斌,阎续,李文龙,等.一种三七总皂苷柱层析过程的近红外光谱在线检测系统和方法:CN107153048A[P].2017-09-12.
- [192] 邱昌桂,刘静,周文忠,等.三七质量等级的近红外定性鉴别方法:CN115656088A[P].2023-01-31.
- [193] 郭换,梁乙川,刘珈羽,等.基于近红外光谱技术快速定性判别市售三七粉末饮片部位来源的研究[J].中药材,2017,40(11):2537-2540.

- [194] 张迪文,白雁,谢彩侠,等.近红外光谱法快速测定女贞子药材中女贞苷的含量[J].中国药房,2016,27(36):5140-5143.
- [195] 段凌瑶,侯超逸,李芸玲,等.女贞子中蛋白质、脂肪和多糖的快速测定方法[J].河南科技学院学报(自然科学版),2018,46(1):54-58.
- [196] Wang S S, Luo L J, Li Y Q, et al. Qualitative and quantitative analysis of effective components in *Fructus Ligustri Lucidi* by near infrared spectroscopy[J]. Analytical Methods, 2013, 5(12): 3045-3049.
- [197] 周颖,刘佳明,李秀芸.近红外光谱技术对女贞子进行快速检测方法的研究[J].中国药师,2020,23(1):172-175.
- [198] 刘雪松,孙芬芳,金叶,等.近红外光谱技术结合粒子群最小二乘支持向量机算法在山茱萸药材质量控制中的应用研究[J].药学学报,2015,50(12):1645-1651.
- [199] 张铮.近红外漫反射光谱快速测定山茱萸醇提物马钱苷和熊果酸含量方法[J].安徽医药,2011,15(8):955-957.
- [200] 桑育黎,于世海,朱璐,等.近红外光谱技术在中药鉴别中的应用[J].辽宁大学学报:自然科学版,2014.
- [201] 范晓东.近红外光谱技术对山茱萸炮制程度的质量评价[J].医学食疗与健康,2020,18(8):2.
- [202] 武卫红,杨复森,孙岱,等.声光可调-近红外光谱技术即时快速检测川贝母中总生物碱含量方法研究[J].药物资讯,2020(3):103-108.
- [203] 谢梦迪,田亮玉,桂新景,等.近红外光谱技术结合化学计量学应用于川贝母真伪与规格的快速辨识研究[J].中草药,2022,53(8):2490-2498.
- [204] 齐明辉,胡雪婷,赵静,等.贝母混合品中川贝母含量近红外光谱检测方法优化[J].天津中医药大学学报,2022,41(6):767-773.
- [205] 陈佳乐,金叶,陈红英,等.川芎药材的近红外多指标快速质量评价[J].中草药,2016,47(6):1004-1009.
- [206] 吕非非,胡昌江,熊瑞,等.近红外光谱技术快速测定川芎中阿魏酸及藁本内酯含量[J].成都中医药大学学报,2014,37(3):8-10,22.
- [207] 郝磊,李军山,彭新华,等.丹参药材水分近红外定量模型的建立[J].中国药物警戒,2016,13(8):464-467.
- [208] 章顺楠,叶正良,周立红,等.一种采用近红外光谱法测定丹参药材中多成分含量的方法:CN108732126A[P].2018-11-02.

- [209] 李冰.近红外光谱法用于丹参中原儿茶醛含量定量预测研究[D].长春:吉林大学,2004:37-47.
- [210] 瞿海斌,程翼宇,黄红霞.一种近红外光谱测定丹参提取液中鞣质含量的方法:CN101780141A[P].2010-07-21.
- [211] 刘荔荔,李力,邢旺兴,等.不同种丹参药材的近红外漫反射光谱模式识别法鉴别[J].药学服务与研究,2002,2(1):23-25.
- [212] 张金巍,张延莹,刘岩,等.丹参的近红外光谱鉴别方法:CN101961379A[P].2011-02-02.
- [213] 程世娟,周万辉,曾英姿,等.一种丹参提取液的近红外在线检测方法:CN109297926A[P].2019-02-01.
- [214] Gao L L, Zhong L, Zhang J, et al. Water as a probe to understand the traditional Chinese medicine extraction process with near infrared spectroscopy: A case of Danshen (*Salvia miltiorrhiza* Bge) extraction process[J]. Spectrochimica Acta Part A: Molecular and Biomolecular Spectroscopy, 2020, 244: 118854.
- [215] Sun Y, Yuan M, Liu X Y, et al. Comparative analysis of rapid quality evaluation of *Salvia miltiorrhiza* (Danshen) with Fourier transform near-infrared spectrometer and portable near-infrared spectrometer[J]. Microchemical Journal, 2020, 159(3): 105492.
- [216] 张雯雯,刘绍光,丛晓东,等.近红外光谱法快速测定五加皮酒提取液特征性成分[J].中国实验方剂学杂志,2015,21(11):61-64.
- [217] 刘浩,相秉仁,屈凌波,徐建平.香加皮和五加皮的二维相关近红外光谱快速无损鉴别[J].中国药科大学学报,2006,37(2):181-184.
- [218] 张继丹,李化,柯华香,等.近红外漫反射光谱法快速测定五味子中五味子醇甲和水分的含量[J].中国实验方剂学杂志,2015,21(22):68-71.
- [219] 仲恂,潘万芳,朱捷强,等.基于近红外光谱的五味子提取过程在线检测方法研究[J].药学与临床研究,2014(4):332-335.
- [220] 姜健,杨宝灵,苏明,等.基于主成分分析和人工神经网络的五味子质量鉴定方法研究[J].红外,2009,30(12):39-43.
- [221] 黄得栋,何微微,马晓辉,等.近红外光谱法鉴别不同产地的南五味子[J].中兽医医药杂志,2018,037(002):47-50.
- [222] 孙莉寒,王艺蓓,武剑栋,马春慧.基于近红外光谱抗氧化活性分析微波辅助蒸馏五味子挥发油[J].植物学研究,2018,7(3):241-250.

- [223] 苏阳,任文晨,于浩然,等.近红外光谱法快速测定升麻中皂苷含量[J].辽宁中医药大学学报,2018,20(6):36-40.
- [224] 苏阳,于浩然,祝清炜,等.近红外光谱法快速测定升麻中异阿魏酸含量[J].现代中药研究与实践,2017,31(6):56-60.
- [225] 肖浩,严小红,江英桥,等.近红外光谱法快速分析广升麻药材[J].中药新药与临床药理,2013,24(5):506-509.
- [226] 彭璐,钟淑梅,廖鹏程,等.基于近红外光谱技术快速定量分析天麻有效成分[J].医药导报,2022,41(6):858-862
- [227] 彭佳华,余显伦,杨宝钦,等.基于 NIR-近红外光谱法的乌天麻鉴别研究[J].云南化工,2018,45(6):66-67.
- [228] Li G F, Yin Q B, Zhang L, et al. Fine classification and untargeted detection of multiple adulterants of *Gastrodia elata* Bl. (GE) by near-infrared spectroscopy coupled with chemometrics[J]. Analytical Methods, 2017, 9(12): 1897-1904.
- [229] Chen H, Tan C, Li H J. Discrimination between wild-grown and cultivated *Gastrodia elata* by near-infrared spectroscopy and chemometrics[J]. Vibrational Spectroscopy, 2021, 113: 103203.
- [230] 周文婷,王海霞,林萍,等.近红外光谱法对巴戟天药材中水分含量的快速测定[J].湖北农业科学,2014,53(21):5253-5255,5259.
- [231] 周文婷,林萍,王海霞,等.巴戟天药材中耐斯糖含量近红外光谱测定方法的建立[J].井冈山大学学报(自然科学版),2015,036(005):94-99.
- [232] 周文婷,王海霞,林萍,等.巴戟天水溶性浸出物近红外光谱测定方法的建立[J].计算机与应用化学,2014,31(6):709-712.
- [233] 雷敬卫,樊明月,白雁,等.近红外光谱法结合 PLS 快速测定木香药材中水分[J].中国实验方剂学杂志,2014,20(19):89-92.
- [234] 雷敬卫,樊明月,郭艳利,等.近红外光谱法快速测定木香中木香烯内酯与去氢木香内酯的含量[J].天然产物研究与开发,2014,26(7):1062-1066.
- [235] 白雁,郭艳利,雷敬卫.木香药材中醇浸出物含量 NIR 定量分析模型的建立[C].中国仪器仪表学会.全国第四届近红外光谱学术会议论文集.2012:343-347.
- [236] 蒙杰丹.近红外光谱快速无损分析测定中药活性成分的研究[D].重庆:西南大学,2012:79-84.
- [237] 张舒娜,张浩,马琳,等.近红外光谱法测定平贝母中总生物碱含量[J].医药导

报,2016,35(S1):111-113.

- [238] 高越,柴逸峰,吴玉田.近红外漫反射光谱法鉴别贝母药材的研究[J].中成药,2005,027(12):1440-1443.
- [239] 徐志伟,李喜香,王宝才,杨小源.近红外光谱法快速测定玄参中4种成分[J].西部中医药,2020,33(4):52-54.
- [240] 蔡宝昌,刘晓,王天舒,等.一种地黄的近红外在线质量检测方法:CN113376116A[P].2021-09-10.
- [241] 李雯霞.近红外光谱技术在地黄质量控制中的应用[D].郑州:河南中医药大学,2011:43-47.
- [242] 白雁,李雯霞,谢彩霞,等.3种不同产地生地黄的近红外图谱的判别分析[J].计算机与应用化学,2011,28(3):311-313.
- [243] 王东,贾永,姬生国.近红外光谱法对不同蒸制时间地黄的鉴别研究[J].光谱实验室,2010,27(4):1356-1360.
- [244] 薛淑娟,陈随清,王利丽,等.基于近红外光谱法对不同商品规格地黄进行定性及定量研究[J].中华中医药杂志,2017,32(5):2055-2059.
- [245] 贾灿潮,卢慧娟,林丹,等.近红外光谱技术快速测定何首乌中水分的含量[J].医药导报,2015,34(12):1633-1636.
- [246] 韩莹,毕福钧,侯惠婵,等.近红外光谱法鉴别何首乌真伪的应用研究[J].中国中药杂志,2014,39(22):4394-4398.
- [247] 鄢玉芬,李峰庆,刘珈羽,等.近红外光谱技术鉴别白及粉及其混伪品[J].天然产物研究与开发,2018,30(7):1219-1225.
- [248] Chen X Y, Sun X F, Hua H M, et al. Quality evaluation of decoction pieces of *Rhizoma Atractylodis Macrocephalae* by near infrared spectroscopy coupled with chemometrics[J]. Spectrochimica Acta Part A: Molecular and Biomolecular Spectroscopy, 2019, 221: 117169.
- [249] 宋佳航,李斌,田炎成,等.近红外漫反射光谱法用于不同产地白术的鉴别[J].时珍国医国药,2017,28(6):1370-1372.
- [250] 蔡宝昌,刘晓,王天舒,等.一种白术的近红外在线质量检测方法:CN113376119A[P].2021-09-10.
- [251] 陈晓艺.近红外光谱法和色差计法用于白术饮片的快速质量评价研究[D].广州:广东药科大学,2019:23-43.
- [252] 魏惠珍,方少敏,饶毅,等.近红外光谱技术快速测定白芍药材烘干过程中水分[J].中草药

药,2011,42(10):1994-1997.

- [253] Hu T, Li T T, Nie L, et al. Rapid monitoring the water extraction process of *Radix Paeoniae Alba* using near infrared spectroscopy[J]. *Journal of Innovative Optical Health Sciences*, 2017, 10(3): 1750002.
- [254] 白雁,郝敏,雷敬卫,等.近红外光谱法快速测定白芍中水分及浸出物含量[J].*中华中医药杂志*,2016,31(4):1464-1467.
- [255] 臧恒昌,曾英姿,聂磊,等.一种基于近红外分析技术的白芍产地判别的方法:CN104713848A[P].2015-06-17.
- [256] 张金巍,张延莹,刘岩,等.近红外光谱法在线质量监控白芍工业化提取[J].*中草药*,2011,42(12):2459-2461.
- [257] 李杰,叶广英,刘海林,等.一种基于近红外光谱的金钗石斛甘露糖含量检测方法:CN114813627A[P].2022-07-29.
- [258] 顾玉琦,刘瑞婷,寿国忠,等.应用近红外光谱技术快速鉴别铁皮石斛的产地[J].*江苏农业科学*,2016,45(5):365-368.
- [259] 丁长春,方向京,赵艳丽,等.近红外漫反射光谱法快速鉴别石斛属植物[J].*光谱学与光谱分析*,2014(1):82-86.
- [260] 沈海龙.近红外漫反射光谱法快速鉴别地骨皮和伪品莖皮大青根皮[J].*辽宁中医杂志*,2010,37(6):1103-1104.
- [261] 顾志荣,张亚亚,丁军霞,等.近红外漫反射光谱法快速测定当归中阿魏酸及亚油酸[J].*天然产物研究与开发*,2015,27(5):849-853,889.
- [262] 雷晓晴,王秀丽,李耿,等.近红外光谱法快速测定当归中7种成分的含量[J].*中草药*,2019,50(16):3947-3954.
- [263] 张亚亚,顾志荣,王亚丽,等.近红外漫反射光谱法快速测定当归中正丁基苯酞含量[J].*中国中医药信息杂志*,2015(3):90-93.
- [264] Li B X, Wang C Q, Xi L L, et al. Qualitative and quantitative analysis of *Angelica sinensis* using near infrared spectroscopy and chemometrics[J]. *Analytical Methods*, 2014, 6(24): 9691-9697.
- [265] 李波霞,魏玉辉,席莉莉,等.近红外光谱和化学计量学对不同产地不同产期当归的定性研究[J].*光谱实验室*,2011,28(4):2128-2134.
- [266] 蔡宝昌,刘晓,王天舒,等.一种当归的近红外在线质量检测方

法:CN113376117A[P].2021-09-10.

- [267] 张亚亚,顾志荣,丁军霞,等.当归不同药用部位近红外漫反射光谱指纹图谱研究[J].中药材,2015,38(7):1413-1416.
- [268] 闫孟琳,丛龙飞,张子玥,等.基于质量标志物的当归抗炎功效近红外快速评价[J].分析测试学报,2020,39(11):1320-1326.
- [269] 侯嘉,郭鸿儒,杜弢,等.基于指标成分与近红外光谱对不同贮藏期新品种当归的质量研究[J].中药材,2020,43(3):564-568.
- [270] 拱健婷,李莉,邹慧琴,等.基于近红外光谱和梯度提升决策树建立当归药材及伪品的定性判别模型[J].世界科学技术-中医药现代化,2019,21(10):2237-2243.
- [271] 黄瑶,沈斌斌,纪玉华,等.当归和酒当归的近红外定性鉴别模型的构建方法及鉴别方法:CN114896863A[P].2022-08-12.
- [272] 陈雪英,李页瑞,陈勇,等.近红外光谱快速测定红花逆流提取过程中羟基红花黄色素 A 的含量[J].分析化学,2009,37(10):1451-1456.
- [273] 文元新,祝子喻,陈江,等.基于近红外光谱结合多元分析方法的红花定性定量模型建立及含量差异比较[J].中华中医药学刊,2022,40(8):200-204.
- [274] 刘攀颜.染色增重红花及不同产地红花的鉴别研究[D].成都:成都中医药大学,2019:5-24.
- [275] 姚小青,孙长海,张坤,等.一种红花浓缩过程近红外在线监测装置:CN204188515U[P].2015-03-04.
- [276] 牟倩倩,贺敬霞,张建琪,等.近红外漫反射光谱法结合 PLS 法快速测定红景天药材中水分和红景天苷的含量[J].中国药房,2017,28(30):4260-4264.
- [277] 钟玉琴,李涛,曲明亮.大花红景天和长鞭红景天的无损鉴别[J].华西药学杂志,2021,36(1):51-54.
- [278] 唐艳,王维皓,刘江弟,等.基于近红外技术的西洋参质量评价及产地鉴别[J].中药材,2018,41(3):540-545.
- [279] 刘荔荔,邢旺兴,贾暖,等.近红外漫反射光谱法测定西洋参中人参的掺入量[J].中国中药杂志,2003,28(2):178-179.
- [280] 梁献葵,雷敬卫,纪亮,等.基于近红外光谱法对怀牛膝的定性及定量研究[J].中国医院药学杂志,2019,39(10):1021-1026.
- [281] 李方飞,彭应枝,许雄博,等.近红外光谱技术结合化学计量学快速测定杜仲中松脂素二葡萄糖苷和京尼平苷酸的含量[J].光谱学与光谱分析,2016,36(12):3945-3950.

- [282] 刘庭恺,胡子康,龙婉君,等.基于近红外和中红外光谱的杜仲产地溯源[J].化学试剂,2022,44(7):952-959.
- [283] 孙波,郑联喜.杜仲中有机成分含量的近红外快速测定方法[J].天然产物分离,2003,1(2):11-14
- [284] 王美慧,姜文月,边雨,等.声光可调-近红外光谱技术快速评价牡丹皮药材质量[J].药物分析杂志,2020,40(2):382-387
- [285] 萧伟,王振中,毕宇安,等.一种检测牡丹皮的方法:CN103234935A[P].2013-08-07.
- [286] 张海波,张瑞,傅禹珩,等.关苍术提取过程中近红外在线检测模型建立研究[J].特产研究,2013(3):39-43.
- [287] Shao Q S, Zhang A L, Ye W W, et al. Fast determination of two atractylenolides in *Rhizoma Atractylodis Macrocephalae* by Fourier transform near-infrared spectroscopy with partial least squares[J]. Spectrochimica Acta Part A, 2014, 120: 499-504.
- [288] Lei L, Ke C, Xiao K Y, et al. Identification of different bran-fried *Atractylodis Rhizoma* and prediction of atractylodin content based on multivariate data mining combined with intelligent color recognition and near-infrared spectroscopy[J]. Spectrochimica Acta Part A: Molecular and Biomolecular Spectroscopy, 2021, 262: 120119.
- [289] 姜博海.补骨脂及伤疔膏的 CPC 分离与近红外分析[D].大连:大连理工大学,2012:22-29.
- [290] 周厚成,胡昌江,张秀环,等.补骨脂及其衍生产品的近红外漫反射测定方法:CN103698281A[P].2014-04-02.
- [291] 黄少伟,刘纯鑫,刘天颐,等.诃子中没食子酸含量的近红外快速测定方法:CN104132909A[P].2014-11-05.
- [292] 索彩仙,曹斯琼,潘礼业,等.诃子药材的近红外鉴别模型的构建方法及鉴别方法:CN115541530A[P].2022-12-30.
- [293] 李静怡,李文兰,马芳,等.诃子不同提取物的近红外光谱研究[J].中国实验方剂学杂志,2016,22(11):72-76.
- [294] 战皓.近红外光谱技术在赤芍等中药材中定量分析应用研究[D].北京:中国中医科学院,2017:19-35.
- [295] 陈雪英,李页瑞,陈勇,等.近红外光谱分析技术在赤芍提取过程质量监控中的应用研究[J].中国中药杂志,2009,34(11):1355-1358.
- [296] 张会梅,刘雪,李德坤,等.近红外光谱技术快速测定麦门冬药材中水分的含量[J].天津中医

药大学学报,2018,37(5):416-419.

- [297] 王远,秦民坚,戚近,等.近红外漫反射光谱法测定麦冬的多糖含量[J].光谱学与光谱分析,2009,29(10):2677-2680.
- [298] 祁梅,顾志荣,李芹,等.近红外漫反射光谱法快速测定麦冬多指标成分含量[J].中国中医药信息杂志,2023,30(3):114-120
- [299] 张娟娟,王远.近红外光谱测定麦冬中的总皂苷和总黄酮[J].光谱实验室,2012,29(1):551-556.
- [300] 孙岚萍,顾志荣,马转霞,等.不同产地麦冬的近红外光谱鉴别分析[J].时珍国医国药,2020,31(11):2675-2677
- [301] 张加余,戴胜云,尚展鹏,等.一种区分麦冬药材是否经过硫熏的方法:CN106769987A[P].2017-05-31.
- [302] 李军山,陈钟,高晗,等.麦冬提取工艺近红外光谱与液相色谱比较研究[J].西部中医药,2017,30(1):20-23.
- [303] 于晓辉.高效液相色谱指纹图谱与近红外光谱在大黄活性成分研究中的应用[D].北京:首都师范大学,2006:40-52.
- [304] 汤彦丰,王志宝,唐恩松,等.中草药大黄小波变换的近红外光谱聚类分析[J].湖北农业科学,2013,52(16):3971-3973.
- [305] 马丹,顾志荣,甘玉伟,等.唐古特大黄及其不同炮制品的近红外光谱分析[J].中药材,2015,38(9):1842-1845.
- [306] 汤彦丰,侯占忠,王志宝,等.中草药大黄小波变换的近红外光谱的聚类分析[J].安徽农业科学,2012(30):14726-14727,14747.
- [307] 贾灿潮,卢慧娟,姬生国.NIRS 快速测定制何首乌中的水分[J].中国实验方剂学杂志,2015,21(16):52-55.
- [308] 向飞军,吴小明,董海平,冀文浩. AOTF 近红外光谱技术定量分析制何首乌中低含量有效成分[C].全国第四届近红外光谱学术会议.2012:367-370.
- [309] 贾灿潮,卢慧娟,黄柳芳,等.何首乌中 2,3,5,4'-二苯乙烯葡萄糖苷的 NIRS 法测定[J].中国医药工业杂志,2015,46(8):833-836.
- [310] 赖秀娣,贾灿潮,林晓菁,等.利用 NIRS 技术快速测定制何首乌中游离蒽醌含量[J].药物分析杂志,2016,36(12):2215-2220.
- [311] 贾灿潮,卢慧娟,刘喜乐,等.NIRS 法快速测定制何首乌中醇溶性浸出物的含量[J].药物分

析杂志,2016,36(3):554-558.

- [312] 陈伟,高直.一种基于近红外漫反射光谱法的首乌粉产地鉴别方法:CN108444944A[P].2018-08-24.
- [313] 韩莹,毕福钧,侯惠婵,等.近红外光谱法鉴别何首乌真伪的应用研究[J].中国中药杂志,2014,39(22):4394-4398.
- [314] 许世泉,张瑞,刘宏群,等.近红外测定刺五加中紫丁香苷含量模型探讨[J].特产研究,2012(4):54-57.
- [315] 王丽,王小如.泽泻与窄叶泽泻样本近红外光谱聚类分析[C].中国食品科学技术学会.中国食品科学技术学会第五届年会暨第四届东西方食品业高层论坛论文摘要集,2007:79-80.
- [316] 时博,谢惠英,雷敬卫,等.近红外光谱法在知母和黄柏饮片水分分析中的应用[J].中华中医药学刊,2017,35(3):669-672.
- [317] 谢惠英,时博,王丰青,等.NIRS与HPLC结合快速测定知母中知母皂苷BII的含量[J].世界科学技术-中医药现代化,2015(11):2306-2311.
- [318] 谢彩侠,谢惠英,白雁,等.近红外光谱法快速测定知母中芒果苷的含量[J].中国实验方剂学杂志,2015,21(10):59-62.
- [319] 阿依古丽.塔什波拉提,海热尼沙.黑提甫,李慕春,王爱霞.近红外光谱法快速测定罗布麻叶中总黄酮含量[J].中南药学,2015,13(6):634-637.
- [320] 张燕燕,巩继贤,张健飞,等.近红外光谱法高通量检测罗布麻纤维胶质含量[J].印染,2019,45(2):51-55.
- [321] Yan H, Han B X, Wu Q Y, et al. Rapid detection of *Rosa laevigata* polysaccharide content by near-infrared spectroscopy[J]. Spectrochimica Acta Part A: Molecular and Biomolecular Spectroscopy, 2011, 79(1): 179-184.
- [322] 涂蓉玲,王建伟.近红外光谱法青皮药材真伪鉴别研究[J].中国民族民间医药,2014,23(24):15-16.
- [323] 李化,柯华香,贺敬霞,等.近红外漫反射光谱结合偏最小二乘法快速测定厚朴中酚类成分和水分含量[J].中国实验方剂学杂志,2015,21(22):72-76.
- [324] 余驰,姜红,刘爱萍.近红外漫反射光谱法建立厚朴药材的定性模型[J].药物分析杂志,2009(4):656-658.
- [325] 许崇瑶,叶正良,李德坤,等.近红外透射光谱法快速测定枳壳提取液中柚皮苷和新橙皮苷含量[J].中国实验方剂学杂志,2014,20(11):86-90

- [326] 雷敬卫,樊明月,白雁,等.基于近红外光谱法的枳实含量测定[J].天然产物研究与开发,2015,27(7):1199-1204.
- [327] 涂瑶生,陈朋,孙冬梅,等.绞股蓝水分近红外定量模型的建立[J].中国实验方剂学杂志,2014,20(16):71-74.
- [328] 刘秀华.平利绞股蓝产地特征识别技术研究[D].保定:河北大学,2014:15-26.
- [329] 乔璐,符佳豪,侯益民,等.傅里叶变换红外光谱结合化学计量法对香附水分、灰分和浸出物的快速测定[J].食品研究与开发,2020,41(21):161-166.
- [330] 邱丽媛,梁泽华,吴鑫雨,等.基于模式识别和遗传神经网络算法的醋香附近红外光谱等级评价和含量预测模型研究[J].中草药,2021,52(13):3818-3830.
- [331] Wang J Y, Li T T, Yang H L, et al. Geographical origin discrimination and polysaccharides quantitative analysis of *Radix codonopsis* with micro near-infrared spectrometer engine[J]. Journal of Innovative Optical Health Sciences, 2017, 11(1): 1850004.
- [332] 侯嘉,郭鸿儒,王明伟,杨扶德.基于指标成分和近红外光谱的不同储存条件下党参质量比较研究[J].中国中医药信息杂志,2020,27(10):69-72.
- [333] 赵耀东,杜伟锋,王胜波,等.基于近红外光谱的浙贝母中贝母素甲和贝母素乙含量快速检测方法的建立[J].中华中医药学刊,2013,31(4):756-758.
- [334] 杜伟锋,张焱新,张浩,等.基于近红外光谱的浙贝母鲜切和硫熏加工饮片的快速鉴别[J].中药材,2014,37(12):2189-2191.
- [335] 张易,马晋芳,彭银,等.近红外光谱法测定益母草提取过程中的盐酸水苏碱含量[J].亚太传统医药,2018,14(11):34-37.
- [336] 李宝辉,赵光,倪永年.近红外光谱联合化学计量学在益母草药材质量控制中的应用[J].山东中医药大学学报,2020,44(6):679-684.
- [337] 闫研,殷果,王铁杰.近红外光谱一致性检验模型快速鉴别益母草片[J].亚太传统医药,2015,11(9):27-29.
- [338] 詹雪艳,赵娜,林兆洲,等.校正集选择方法对于积雪草总苷中积雪草苷 NIR 定量模型的影响[J].光谱学与光谱分析,2014,34(12):3267-3272.
- [339] 刘桦,叶晓岚,杨光,等.近红外光谱技术在线监测积雪草药材活性成分的大孔树脂分离纯化过程[J].光谱学与光谱分析,2013,33(1):98-101.
- [340] 于晓雪,乙引,周宁,等.近红外光谱法快速测定淫羊藿中淫羊藿苷和朝藿定 C[J].光谱实验室,2012,29(3):1379-1383.

- [341] 吴永军,杨越,郑继宇,等.近红外光谱技术快速鉴别淫羊藿药材产地[J].时珍国医国药,2017,28(8):1902-1905.
- [342] 许定舟,李菁,刘翠红,等.AOTF 近红外光谱技术在淫羊藿提取过程在线检测中的应用[J].中国当代医药,2014(23):4-6,10.
- [343] 杨天鸣,李纯,付海燕,等.菟丝子中总黄酮的闪式提取工艺及近红外透射光谱含量分析方法[J].化学与生物工程,2012,29(9):87-90.
- [344] 钟永康.菟丝子的真伪鉴别及质量评价方法研究进展[J].广东药学院学报,2011,27(4):437-440.
- [345] 毛佩芝,杨凯,金叶,等.近红外光谱法快速测定野菊花药材中水分及蒙花苷含量[J].中国现代应用药学,2015,32(12):1428-1432.
- [346] 胡小莉,白雁,雷敬卫,等.NIRS 快速测定不同产地野菊花中总黄酮含量[J].药物分析杂志,2016,36(3):547-553.
- [347] 周琳琳,王艳慧,龚海燕,等.NIRS 快速测定河南产不同加工方法野菊花中木犀草素的含量[J].天然产物研究与开发,2017,29(4):610-615.
- [348] 胡小莉,白雁,雷敬卫,等.NIRS 结合 TQ 软件对不同产地野菊花定性定量分析[J].中国实验方剂学杂志,2016,22(15):37-41.
- [349] 胡小莉,白雁,雷敬卫,等.不同加工方法野菊花 HPLC 与 NIRS 指纹图谱分析[J].中国中药杂志,2015,40(19):3826-3829.
- [350] 金叶,刘雪松,陈勇,等.一种银杏叶药材实时放行检测方法:CN103439288A[P].2016-4-13.
- [351] 何衍钦,宗楚红,王军,等.近红外光谱技术用于银杏叶色谱分离过程多种内酯成分含量预测[J].中国中药杂志,2022,47(5):1293-1299.
- [352] 董毅,朱绍华,张莹,等.银杏叶中芦丁含量快速定量数学模型的建立[J].湖南林业科技,2015(3):45-49.
- [353] 金朱明,姚建标,丁楠,等.银杏叶提取物的近红外光谱的快速分析方法研究[J].中文科技期刊数据库(引文版)医药卫生,2021(6):0067-0072.
- [354] 王钧,付秀,张肖雪,等.基于 MSPC 针对银杏叶聚酰胺洗脱过程研究[J].药物化学,2023,11(2):108-115.
- [355] 陈勇,耿姝,吴永江,等.一种黄芪药材多指标快速检测方法:CN104792652A[P].2015-07-22.
- [356] 李文龙,瞿海斌.黄芪提取过程总皂苷质量浓度的在线监测[J].中草药,2012,43(8):1531-1535.

- [357] Kim E Y, Kim J H, Lee N Y, et al. Discrimination of geographical origin for astragalus root (*Astragalus membranaceus*) by capillary electrophoresis and near-infrared spectroscopy[J]. Korean Journal of Food Science and Technology, 2003, 35(5): 818-824.
- [358] 敬小丽, 梁冰, 唐杰, 等.一种黄芪药材的质量检测方法:CN106769927A[P].2017-05-31.
- [359] 刘薇,肖新月,魏锋,林瑞超.近红外光谱法应用于蒲黄总灰分的定量预测研究[J].药物分析杂志,2011,31(10):1941-1946.
- [360] 钟建理,饶伟文,张治军.蒲黄近红外光谱法鉴别初探[J].中国药业,2009,18(4):32-33.
- [361] 陈承武,王天舒,胡孔法,等.基于卷积神经网络与投票机制的蒲黄炮制品近红外判别方法[J].光谱学与光谱分析,2022,42(11):3361-3367.
- [362] 白雁,贾永,王东,等.应用近红外漫反射光谱技术测定酒炖熟地黄中的还原糖含量[J].中药材,2006,29(10):1035-1038.
- [363] 雷敬卫,白雁,樊克锋.NIR 和 HPLC 指纹图谱在熟地黄饮片质量稳定性考察中的对比研究[J].中国中药杂志,2008,33(18):2052-2055.
- [364] 郑晓,王杰,俞雅茹,等.一种近红外光谱典型相关分析融合的茶籽油多元掺伪检测方法:CN109001148A[P].2018-12-14.
- [365] 卢慧娟,贾灿潮,赵红宁,等.近红外光谱法结合 PLS 测定夏枯草中的水分[J].中国医药工业杂志,2015,46(7):746-749.
- [366] 卢慧娟,贾灿潮,黄柳芳,姬生国.夏枯草中迷迭香酸近红外光谱定量分析模型的建立[J].计算机与应用化学,2015,32(7):855-859.
- [367] 卢慧娟,贾灿潮,曹庆玺,姬生国.近红外光谱技术快速测定夏枯草中水溶性浸出物的含量[J].中国实验方剂学杂志,2016,22(2):43-46.
- [368] Rao Y L, Xiang B R. Determination of total ash and acid-insoluble ash of Chinese herbal medicine *Prunellae Spica* by near infrared spectroscopy[J]. Yakugaku zasshi: Journal of the Pharmaceutical Society of Japan, 129(7): 881-886.
- [369] 孙冬梅,罗文汇,毕晓黎,等.一种基于近红外光谱技术布渣叶中黄酮类成分含量的测定方法:CN103175804A[P].2013-06-26.
- [370] 李洵,罗文汇,毕晓黎,等.布渣叶药材近红外指纹图谱的聚类分析[J].广东药学院学报,2013,29(3):270-272.
- [371] 阮建,孙金月,焦其庆,等.利用变异系数分析‘凤丹’牡丹籽油脂肪酸组分的遗传稳定性[J].山东农业科学,2018,50(8):24-28.

- [372] 谢彩侠,刘蕊,王丰青,等.近红外漫反射光谱法用于玉米须配方颗粒原料药材质量控制的研究[J].药物分析杂志,2015,35(12):2214-2219.
- [373] 谢彩侠,王丽娜,刘蕊,等.NIRS 与 HPLC 指纹图谱技术在玉米须质量分析中的应用[J].药物分析杂志,2016,36(2):356-361.
- [374] 倪超,汪源浩.一种快速检测青钱柳叶中黄酮含量的方法:CN105699324A[P].2016-06-22.
- [375] 李蕾蕾,王海霞,林萍,等.近红外光谱技术在枇杷叶水分含量测定中的应用[J].中国实验方剂学杂志,2013,19(19):104-107.
- [376] 陈武.枇杷叶化学活性成分快速检测及叶面分布特征研究[D].镇江:江苏大学,2016:22-45.
- [377] 李蕾蕾,黄洁燕,周文婷,等.近红外光谱法快速测定枇杷叶中齐墩果酸的含量[J].中国实验方剂学杂志,2014,20(5):86-89.
- [378] 李蕾蕾,林萍,王海霞,姬生国.近红外光谱法快速测定枇杷叶浸出物的含量[J].医药导报,2014,33(2):232-236.
- [379] 陈家敏,李博岩,胡芸,等.刺梨的活性成分含量分布与光谱表征[J].光谱学与光谱分析,2022,42(11):3403-3408.
- [380] 李燕青,郭德慧,丁姗姗.近红外光谱法快速评估松花粉片薄膜包衣效果[J].现代食品科技,2020,36(3):288-295,309.
- [381] 王亚敏.基于 NIR、MIR 光谱和化学计量学的松花粉、大黄质量控制[D].北京:首都师范大学,2005:46-61.
- [382] 李洋,王宇,布比阿加尔·哈依拉提,等.NIRS 快速测定管花肉苁蓉提取物中四种苯乙醇苷的含量[J].化学研究与应用,2023,35(3):552-561.
- [383] 王信宏.管花肉苁蓉品质形成和调控因子研究[D].北京:中国农业大学,2017:51-64.
- [384] Lei Y, Zhou Q, Ya T, et al. The study of *Cistanche deserticola* using fourier transform infrared spectroscopy combined with two-dimensional correlation infrared spectroscopy[J]. Journal of Molecular Structure, 2010, 974(1-3): 156-160.
- [385] 刘友刚,徐江,徐荣,等.近红外反射光谱聚类分析法在肉苁蓉鉴别中的应用[C].2009 年传统医药国际科技大会论文集.2009:469-473.