

便携式近红外茶叶品质快速检测仪设计与试验

李文萃¹, 周新奇², 范起业¹, 王家鹏¹, 郑启伟², 唐小林¹

(1. 中华全国供销合作总社杭州茶叶研究院, 浙江省茶资源跨界应用技术重点实验室, 浙江杭州 310016)

(2. 聚光科技(杭州)股份有限公司, 浙江杭州 310052)

摘要: 为满足行业对茶叶品质成分检测设备的便携化、小型化以及快速化的迫切需求, 自主研发出便携式近红外茶叶品质快速检测仪。文章系统介绍了该检测仪的整机结构与工作原理、主要部件设计和配套分析软件。收集全国 13 个不同产茶区不同等级的绿茶样品 252 个, 采用偏最小二乘法(PLS)分别建立绿茶中的水分、茶多酚、氨基酸、咖啡碱和水浸出物含量的快速检测模型, 并对模型预测效果进行验证。结果表明: 游离氨基酸模型的定标标准偏差(SEC)和内部交叉验证标准偏差(SECV)最小, 分别是 0.26、0.30, 定标相关系数(RC)为 0.92, 模型预测值与真实值之间的线性回归系数为 0.84。咖啡碱模型的 SEC 值和 SECV 值分别是 0.36、0.38, RC 为 0.93, 预测值与真实值之间的线性回归系数为 0.87。茶多酚和咖啡碱模型外部验证的预测值与真实值之间的绝对偏差在 0.50%以内。本研究结果为便携式近红外茶叶品质快速检测仪的推广提供技术支撑。

关键词: 便携式; 近红外; 快速检测; 茶叶; 品质成分; 模型

文章篇号: 1673-9078(2021)05-303-309

DOI: 10.13982/j.mfst.1673-9078.2021.5.0961

Design and Experiment of Portable Near-infrared Tea Quality Detector

LI Wen-cui¹, ZHOU Xin-qi², FAN Qi-ye¹, WANG Jia-peng¹, ZHENG Qi-wei², TANG Xiao-lin¹

(1. Hangzhou Tea Research Institute, China Coop, Zhejiang Key Laboratory of Transboundary Applied Technology for Tea Resources, Hangzhou 310016, China) (2. Focused Photonics Science and Technology Co. Ltd., Hangzhou 310052, China)

Abstract: In order to meet the industry's urgent demand for portable, miniaturized and rapid detection equipment for tea quality components, a portable near-infrared tea quality detector was independently developed. This paper systematically introduced the structure, working principle, the main components and the supporting analysis software of the portable near-infrared tea detector. With the method of the partial least squares (PLS), 252 green tea samples of different grades collected from 13 different tea producing areas in China were used to establish the rapid detection models of water, tea polyphenols, amino acids, caffeine and water extracts in green tea, and the prediction effect of the models was verified. The results showed that the calibration standard deviation (SEC) and internal cross validation standard deviation (SECV) of free amino acid model were the smallest, which were 0.26 and 0.30 respectively, the calibration correlation coefficient (RC) was 0.92, and the linear regression coefficient between the predicted value and the real value was 0.84. The SEC value and SECV value of caffeine model were 0.36 and 0.38 respectively, RC was 0.93, and the linear regression coefficient between the predicted value and the real value was 0.87. The absolute deviation between the predicted value and the real value of tea polyphenols and caffeine models was smaller than 0.50%. This study provides technical support for the popularization of portable near-infrared tea quality detector.

Key words: portability; near-infrared; rapid detection; tea; quality components; model

引文格式:

李文萃, 周新奇, 范起业, 等. 便携式近红外茶叶品质快速检测仪设计与试验[J]. 现代食品科技, 2021, 37(5): 303-309

LI Wen-cui, ZHOU Xin-qi, FAN Qi-ye, et al. Design and experiment of portable near-infrared tea quality detector [J]. Modern Food Science and Technology, 2021, 37(5): 303-309

我国茶叶种类多样, 风格各异, 其独特品质风味

收稿日期: 2020-10-20

基金项目: 浙江省重点研发计划项目(2017C02007)

作者简介: 李文萃(1988-), 女, 硕士研究生, 助理研究员, 研究方向: 茶叶加工技术及新产品研发

通讯作者: 唐小林(1962-), 男, 正高级工程师, 研究方向: 茶叶加工和装备

的形成, 与茶叶中的品质成分在一定工艺技术条件下发生一系列复杂的理化变化有关。茶叶中的化学成分, 经过分离鉴定的已有 700 多种^[1], 其中水分、茶多酚、咖啡碱、氨基酸和水浸出物等, 是决定茶叶品质高低的重要指标。茶叶品质成分的含量测定通常凭借专门仪器设备, 并通过不同化学检测方法来完成, 操作繁琐、成本高, 样品需要前处理, 部分试剂污染性强。

由于检测周期长, 检测结果对生产加工指导存在一定滞后性。

近年来, 近红外光谱 (NIRS) 技术得到迅速发展, 在茶叶上的应用范围越来越广。大量国内外学者应用近红外技术结合化学计量学方法建立茶叶类别、等级和不同品质成分含量的预测模型, 对茶叶进行定性和定量分析, 并通过分析茶叶中的多酚类、氨基酸、咖啡碱、儿茶素组分以及茶汤中的内含成分含量来判别茶叶品质高低和滋味品质特征^[2-8]。可见, 应用近红外光谱技术快速检测茶叶中的化学成分含量是可行的。目前, 市场上已有多种近红外快速检测设备, 不少高校和科研机构也研发了专门用于茶叶品质成分快速检测的近红外设备, 但均存在以下问题: (1) 功能单一, 价格昂贵; (2) 待检测的茶叶样品需磨碎, 操作繁琐; (3) 仪器笨重, 不便于携带, 多在实验室内使用。在近红外茶叶品质快速检测模型建立方面, 多数研究侧重于对某一地区某一特定茶类进行建模, 如信阳毛尖、大佛龙井、茉莉花茶等^[9-11], 此类模型具有局限性, 不适用于全国茶区其他类别茶叶的快速检测。

因此, 研发便携式、小型化、专业化以及价格合理的近红外茶叶品质快速检测设备, 同时建立能够适用于全国不同茶区不同外形茶叶的品质成分快速检测模型, 模型数据在应用过程中不断扩大和完善, 从而形成应用范围广、检测准确度高的茶叶品质专家数据库, 对于实现茶叶品质成分的准确、快速、简便、无损测定具有重要实际意义。

1 整机结构与工作原理

1.1 整机结构

便携式近红外茶叶品质快速检测仪是基于近红外光谱技术和化学计量学分析方法的光谱分析仪器, 支持对茶叶品质成分的快速分析。整机结构组成如图 1, 主要由检测附件、分析仪器主机和相应的软件构成。

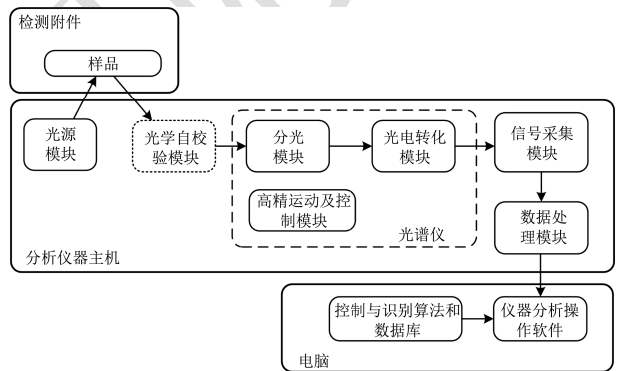


图 1 便携式近红外茶叶品质快速检测仪的主要结构组成图
Fig.1 Main structure of portable near-infrared tea detector

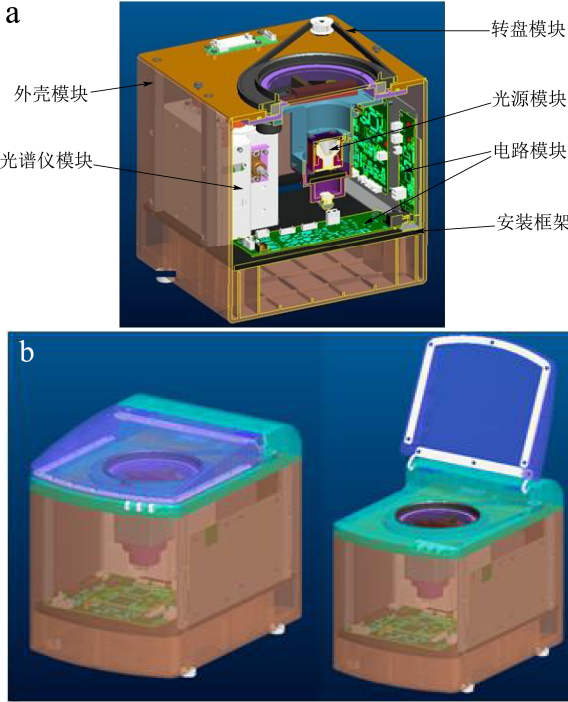


图 2 便携式近红外茶叶品质快速检测仪样机结构图
Fig.2 The prototype structure of portable near-infrared tea detector

注: a: 内部结构; b: 外观结构。

样机结构如图 2 所示, 其中, 内部结构主要包括转盘模块、光源模块、电路模块和光谱仪模块等。主要性能参数见表 1, 外观尺寸 220×310×310 mm, 重量约 10 kg, 轻巧便携。波长范围 1000.00~1799.00 nm, 分析速度约 10.00 s/次, 检测快速便捷。

表 1 便携式近红外茶叶品质快速检测仪主要性能参数

Table 1 Main performance parameters of portable near-infrared tea detector	
项目	指标
波长范围	1000.00~1799.00 nm
吸光度噪声	$<1.00 \times 10^{-4}$ Au
信噪比	>3000.00
波长准确性	± 0.20 nm
波长重复性	<0.01 nm
分析速度	约 10.00 s/次
待机时长	2.00~4.00 h
尺寸 (长×宽×高)	220.00 mm×310.00 mm× 310.00 mm

1.2 工作原理

检测附件主要用于样品光谱信息的获取, 通过检测附件, 近红外光与茶叶样品产生作用, 茶叶样品对光进行吸收, 从而产生茶叶的光吸收信号。检测附件获取的茶叶光信号导入分析仪主机模块。在分析仪主机中, 先通过光学自校验模块进入光谱仪分光模块,

通过光栅分光作用得到样品光信号的波长色散强度信息,被探测器探测到后形成样品光谱信号,该信号经过AD转换、滤波放大等处理后,经过数据处理模块处理,最后形成可识别的光谱图。光谱通过下位机上传到电脑,由光谱分析软件进行分析处理,分析结果及图谱保存在电脑的MySQL数据库(分析数据库)中,便于本地计算机对结果进行总结。

2 主要部件设计

2.1 光源结构

便携式近红外茶叶品质快速检测仪的光源模块,采用的是具有高稳定、低热辐射特性的冷光源系统,该系统利用了全息数字式光栅扫描光谱技术和高灵敏度铟镓砷检测器(TEC 制冷恒温)相结合的光学设计,不仅能够保证仪器的稳定性和更好的信噪比,还可以提供稳定的光源辐射,降低或消除热辐射对茶叶样品的影响。

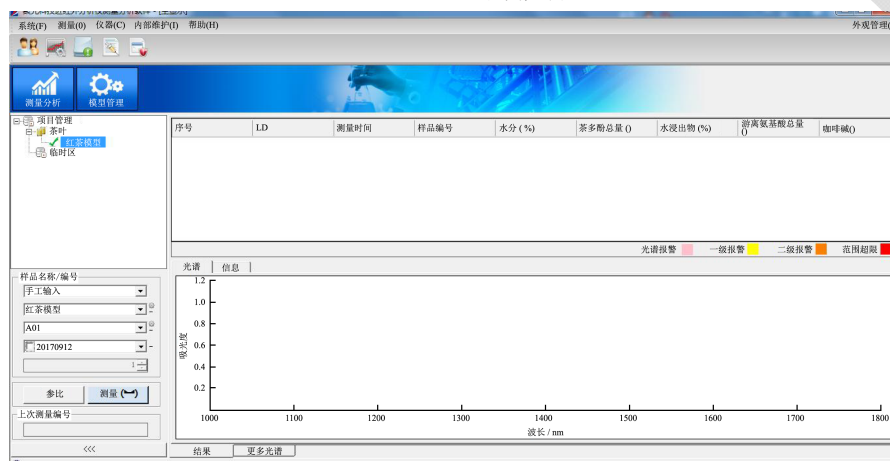


图3 RIMP分析软件测量分析界面

Fig.3 Measurement and analysis interface of RIMP software

2.2 配套分析软件

2.2.1 RIMP 分析软件

RIMP 软件,是通过USB线连接电脑端的测量分析软件,主要用于满足仪器操作、光谱采集、模型建立以及数据处理,测量分析界面如图3所示。该软件支持用于定量分析的PLS偏最小二乘法回归分析、ANN神经网络法,用于定性分析的SIMCA法以及聚类分析等化学计量学算法。软件的主要功能特点:(1)采用项目管理方式的产品树结构,便于茶叶产品分类;(2)通过数据库管理,可实现测量数据存储、查看、交换、统计分析和报表输出等;(3)在建立模型时,可进行茶叶性质的新增、替换、删除等;(4)具有性质值平均和光谱的平均功能,可随时查看光谱和性质趋势图;(5)三级报警功能:范围超限报警。

2.2.2 手机APP应用软件

为适应近红外茶叶品质快速检测仪的便携化要求,设计出一款通过蓝牙连接手机使用的APP应用程序,软件名称为:近红外分析仪,测量界面如图4所示。该软件的主要功能特点:(1)测量界面:直接显示测试值,支持历史数据浏览;(2)模型管理:支持联网下载模型,当云端模型更新时,APP端联网可同步更新下载;(3)样品名称:支持连续自动增加及手

动输入等多种命名方式;(4)历史数据:查看历史测试数据及详情;(5)报警信息:查看报警信息;(6)仪器信息:查看仪器信息,如设备号、内部温湿度、光源已使用时间、软件版本等;(7)BS校正:支持模型修正;(8)性能自检:仪器性能自检。



图4 APP软件的测量界面和菜单界面

Fig.4 Measurement and menu interface of APP software

3 茶叶品质快速检测模型建立

3.1 实验材料

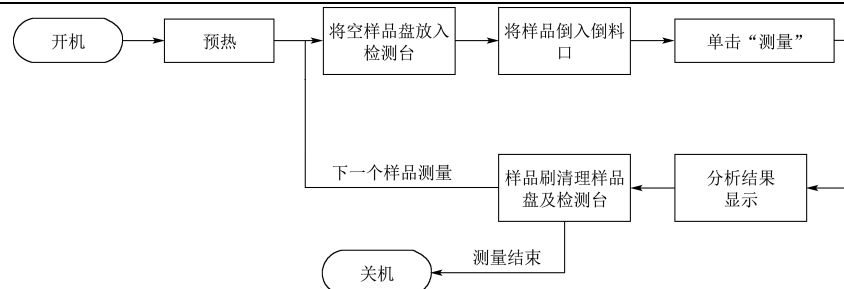


图5 茶叶近红外光谱采集操作流程

Fig.5 Operation flow of tea near-infrared spectrum collection

表2 不同品质成分所建模型的参数

Table 2 Parameters of the model for different quality components

性质名称	SEC	RC	SECV	RPDC	PRESS	校正样本个数	性质值范围/%
水分	0.66	0.86	0.69	1.81	9	245	[1.31, 8.72]
茶多酚	0.92	0.85	0.98	1.77	9	238	[15.10, 23.50]
游离氨基酸	0.26	0.92	0.30	2.10	9	146	[1.60, 4.90]
水浸出物	2.04	0.76	2.08	1.49	7	234	[36.14, 52.20]
咖啡碱	0.36	0.93	0.38	2.51	10	252	[1.79, 5.30]

共收集各类绿茶样品 252 个用于模型建立, 为保证样品的广泛性和代表性, 样品选自全国 13 个不同茶叶主产区, 包括浙江、福建、安徽、贵州、广东、江西、山东、四川、湖北、江苏、河南、云南、陕西等, 且每类茶叶包含 2~4 个不同等级。另外, 选择其他 20 个绿茶样品用于模型的外部预测效果验证。

3.2 实验方法

3.2.1 茶叶品质成分检测方法

所有茶叶样品 (包括用于建模的绿茶和模型外部预测效果验证的绿茶) 交由具有资质的国家级检测机构, 按照相应国家标准对茶叶含水率、茶多酚、游离氨基酸总量、咖啡碱和水浸出物含量进行品质成分的检测^[12-15]。

3.2.2 茶叶近红外光谱采集方法

使用研发的便携式近红外茶叶品质快速检测仪, 开机预热 30 min, 用参比盘进行校准, 然后将茶叶样品 (无需粉碎) 直接放入旋转样品盘中, 装满后用压样器压实、压平, 以遮挡住样品盘底部, 确保不透光为宜。将样品盘放置在检测台上, 进行光谱采集。每个样品重复操作 3 次, 每次重复前, 需将茶叶样品混合均匀后再取样检测。检测完毕后, 需用软毛刷清理样品盘, 再进行下一个样品检测。光谱采集参数: 光谱波长范围为 1000.00~1799.00 nm, 循环测量次数为 10 次, 光谱采集间隔 10 s, 系统自动计算 10 条光谱平均值作为所测样品的光谱。具体操作流程如图 5。

3.2.3 光谱数据分析方法

光谱预处理: 采用标准正态变量变换 (SNV)、

去趋势校正 (DT)、Savitzky-Golay 平滑、Savitzky-Golay 一阶导数、均值中心化等方法对光谱进行预处理。

模型建立方法: 对收集的所有样品进行光谱扫描后, 对应输入各样品的化学检测值。利用 RIMP 软件, 采用偏最小二乘法 (PLS) 通过交叉验证, 分别建立茶叶的含水率、茶多酚、氨基酸、咖啡碱和水浸出物等成分的近红外快速检测模型。

3.3 结果与分析

3.3.1 茶叶品质成分快速检测模型评价

所建模型的评价指标主要包括定标标准偏差 (SEC)、定标相关系数 (RC)、内部交互验证标准偏差 (SECV)、性质值方差与 SECV 的比值 (RPDC) 和主因子数 (PRESS, 选择预测残差平方和的最小值) 等, 模型评价参数详见表 2。其中, 定标标准偏差 (SEC) 和内部交互验证标准偏差 (SECV) 越小, 且二者数值越接近, 相关系数 (RC) 越接近 1, RPDC 值大于 2, 说明近红外分析结果与化学分析结果越吻合、相关性越强, 则模型预测效果越好^[16]。

从表 2 中看出, 所选择绿茶样品的水分、茶多酚、游离氨基酸、水浸出物和咖啡碱含量范围分别为 1.31%~8.72%, 15.10%~23.50%, 1.60%~4.90%, 36.14%~52.20%, 1.79%~5.30%, 数值范围较大, 说明所选择的绿茶样本来源广, 具有一定的代表性。研究表明, 茶叶中的茶多酚含量一般占干物质总量的 18%~36%, 游离氨基酸总量约 1%~4%, 水浸出物含量约 35%~45%, 咖啡碱含量约 2%~5%^[1], 这与本研究结果基本一致。

游离氨基酸模型的 SEC 值和 SECV 值最小, 分别是 0.26、0.30, 两者偏差为 0.04, 比较接近; RC 值为 0.92, 接近于 1; RPDC 值为 2.10; 主因子数为 9。咖啡碱模型的 SEC 值和 SECV 值比较接近, 分别是 0.36、0.38, 两者偏差仅为 0.02; RC 值为 0.93, 接近于 1; RPDC 值为 2.51; 主因子数为 10。水分模型的 SEC 值和 SECV 值分别是 0.66、0.69, 两者偏差为 0.03, 比较接近; RC 值为 0.86; RPDC 值 1.81。茶多酚模型的 SEC 值和 SECV 值分别是 0.92、0.98, 偏差为 0.06; RC 值为 0.85; RPDC 值 1.77。水浸出物模型的 SEC 值和 SECV 值最大, 分别是 2.04、2.08; RC 和 RPDC 值均最小, 分别为 0.76、1.49。

可见, 建立的游离氨基酸模型和咖啡碱模型的近红外分析结果与化学分析结果最接近、相关性最强, 模型预测效果最好; 其次是水分模型和茶多酚模型, 预测效果较好; 水浸出物模型的预测效果相对较差。

3.3.2 茶叶品质成分快速检测模型内部验证的回归分析

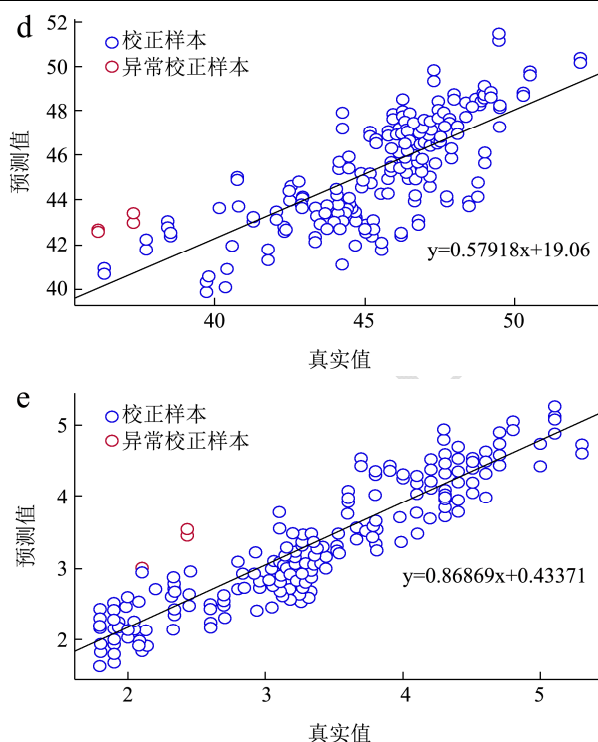
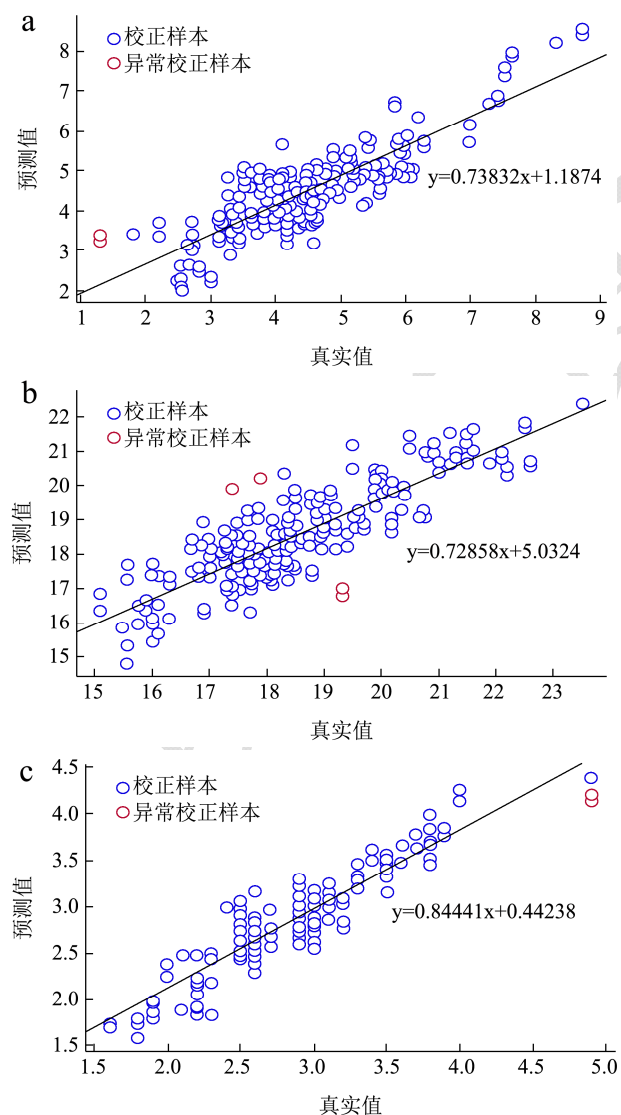


图6 茶叶各品质成分的模型预测值与真实值关系图

Fig.6 Relationship between predicted and true values of tea quality components

注: a: 水分; b: 茶多酚; c: 游离氨基酸; d: 水浸出物; e: 咖啡碱。

以茶叶各品质成分的真实值(实际化学检测值)为横坐标, 预测值(近红外模型分析值)为纵坐标作图, 剔除异常样本后建立线性方程, 结果如图6所示。从图中看出, 定标集样品的真实值与预测值之间存在一定关系, 其中游离氨基酸和咖啡碱的线性回归系数均在 0.80 以上, 分别是 0.84 和 0.87; 其次是水分和茶多酚, 回归系数分别是 0.74、0.73; 水浸出物的回归系数最小, 为 0.58。说明游离氨基酸和咖啡碱的真实值与预测值间的吻合度最高, 水浸出物的真实值与预测值间的吻合度较差。刘洋等^[9]研究发现, 所建立的茶多酚预测模型中, 理论值与预测值之间的相关系数为 0.994, 与本研究结果不一致, 这与选择的茶叶样品不同有关。

3.3.3 茶叶品质成分快速检测模型的外部验证效果分析

选择 20 个绿茶样品(已采用国家标准检测方法获得各化学成分的真实值)对所建立的茶叶品质模型进行外部验证, 由便携式近红外茶叶品质快速检测仪对样品进行光谱采集, 导入建立的茶叶品质成分模型可直接获取每个样品的水分、茶多酚、水浸出物、游离氨基酸和咖啡碱含量的预测值, 见表 3。结果显示, 茶多酚和咖啡碱模型外部验证的预测值与真实值之间

的绝对偏差在 0.50%以内, 分别是 0.39%、0.25%; 水分、游离氨基酸和水浸出物模型外部验证的预测值与真实值之间的绝对偏差在 1.00%~1.50%之间。表明利用研发的便携式近红外茶叶品质快速检测仪对任一绿茶进行快速定量分析是可行的, 只是所建模型的预测准确度还需进一步提升。这与王旭等^[16]研究结果基本一致, 均认为在便携式近红外品质快速检测仪基础上建立的模型可用于目标样品的内含成品快速测定。

表 3 用于外部验证的各品质成分预测值与真实值结果

Table 3 Predicted and true value results of each quality

品质成分	平均值/%		
	预测值	真实值	绝对偏差
水分	5.96	4.83	1.13
茶多酚	16.90	17.61	0.39
游离氨基酸	2.51	2.73	1.40
水浸出物	45.50	44.34	1.33
咖啡碱	3.20	3.45	0.25

4 结论

研发的便携式近红外茶叶品质快速检测仪轻巧便携, 具有操作简单、不破坏样品、分析速度快、可同时检测多个品质指标以及多台仪器间可进行模型传递等功能特点。在此设备基础上, 收集全国 13 个不同产区不同等级的绿茶样品 252 个, 采用偏最小二乘法 (PLS), 分别建立了绿茶的含水率、茶多酚、氨基酸、咖啡碱和水浸出物等品质成分的近红外快速检测模型。所选样品的水分、茶多酚、游离氨基酸、水浸出物和咖啡碱含量范围分别为 1.31%~8.72%, 15.10%~23.50%, 1.60%~4.90%, 36.14%~52.20%, 1.79%~5.30%, 数值检测范围较大, 具有较好的代表性。所建模型中, 游离氨基酸模型的定标标准偏差 (SEC) 和内部交叉验证标准偏差 (SECV) 最小, 分别是 0.26、0.30, 定标相关系数 (RC) 为 0.92; 咖啡碱模型的定标标准偏差 (SEC) 和内部交叉验证标准偏差 (SECV) 分别是 0.36、0.38, 定标相关系数 (RC) 为 0.93; 且两者的预测值与化学检测值 (真实值) 间的线性回归系数均在 0.80 以上。因此, 游离氨基酸和咖啡碱的模型预测效果最好, 其次是水分和茶多酚, 水浸出物模型的预测效果相对较差。模型的外部验证结果表明, 便携式近红外茶叶品质快速检测仪对绿茶进行快速定量分析是可行的, 只是所建模型的预测精确度还需进一步提升, 后期随着收集的茶叶样本量增加, 模型数据库可持续进行升级完善。

参考文献

- [1] 宛晓春. 茶叶生物化学[M]. 北京: 中国农业出版社, 2007
WAN Xiao-chun. Biochemistry of Tea [M]. Beijing: China Agricultural Press, 2007
- [2] 王梦东, 王胜鹏. 适用于 3 类茶的定性分类及主要内含成分定量分析的近红外预测模型的建立[J]. 华中农业大学学报, 2015, 34(1): 123-127
WANG Meng-dong, WANG Sheng-peng. Establishment the prediction model for qualitative classification and quantitative analysis of major components for three kinds of tea by near infrared spectroscopy [J]. Journal of Huazhong Agricultural University, 2015, 34(1): 123-127
- [3] Schulz H, Engelhardt U H, Wegent A, et al. Application of near infrared reflectance spectroscopy to the simultaneous prediction of alkaloids and phenolic substances in green tea leaves [J]. Journal of Agricultural and Food Chemistry, 1999, 47(12): 5064-5067
- [4] 王曼, 张正竹, 宁井铭, 等. 基于近红外光谱的黄山毛峰茶鲜叶品质分析及等级快速评价[J]. 食品工业科技, 2014, 35(22): 57-60, 64
WANG Man, ZHANG Zheng-zhu, NING Jing-ming, et al. Study on quality analysis and class rapid evaluation of tea leaf materials based on near infrared technology [J]. Science and Technology of Food Industry, 2014, 35(22): 57-60, 64
- [5] CHEN Quan-sheng, ZHAO Jie-wen, LIU Mu-hua, et al. Determination of total polyphenols content in green tea using FT-NIR spectroscopy and different PLS algorithms [J]. Journal of Pharmaceutical and Biomedical Analysis, 2008, 46(3): 568-573
- [6] GUO Zhi-ming, CHEN Quan-sheng, CHEN Li-ping, et al. Optimization of informative spectral variables for the quantification of EGCG in green tea using Fourier transform near-infrared (FT-NIR) spectroscopy and multivariate calibration [J]. Applied Spectroscopy, 2011, 65(9): 1062-1067
- [7] 吴瑞梅, 赵杰文, 陈全胜, 等. 近红外光谱技术结合特征变量筛选快速检测绿茶滋味品质[J]. 光谱学与光谱分析, 2011, 31(7): 1872-1875
WU Rui-mei, ZHAO Jie-wen, CHEN Quan-sheng, et al. Determination of taste quality of green tea using FT-NIR spectroscopy and variable selection methods [J]. Spectroscopy and Spectral Analysis, 2011, 31(7): 1872-1875
- [8] 王玉霞, 徐荣荣, 任广鑫, 等. 绿茶茶汤中主要品质成分近红外定量分析模型的建立[J]. 茶叶科学, 2011, 31(4): 355-361
WANG Yu-xia, XU Rong-rong, REN Guang-xin, et al.

- Establishment of the predictive models for quantitative analysis of major components in green tea infusion by near infrared spectroscopy (NIRS) [J]. Journal of Tea Science, 2011, 31(4): 355-361
- [9] 刘洋,余天星,李明玺,等.基于近红外光谱技术的信阳毛尖品质判别研究[J].现代食品科技,2018,34(8):225-230,51
LIU Yang, YU Tian-xing, LI Ming-xi, et al. Quality discriminant of Xinyang Maojian tea based on near infrared spectroscopy [J]. Modern Food Science and Technology, 2018, 34(8): 225-230, 51
- [10] 周小芬,叶阳,周竹定,等.基于近红外光谱法的大佛龙井茶品质评价研究[J].光谱学与光谱分析,2012,32(11):2971-2973
ZHOU Xiao-fen, YE Yang, ZHOU Zhu-ding, et al. Study on quality evaluation of Dafolongjing tea based on near infrared spectroscopy [J]. Spectroscopy and Spectral Analysis, 2012, 32(11): 2971-2973
- [11] 陈美丽,张俊,龚淑英,等.茉莉花茶主要品质成分定量近红外光谱分析模型的建立[J].茶叶科学,2013,33(1):21-26
CHEN Mei-li, ZHANG Jun, GONG Shu-ying, et al. Establishment of predictive model for quantitative analysis of major components in jasmine tea by near infrared spectroscopy (NIRS) [J]. Journal of Tea Science, 2013, 33(1): 21-26
- [12] GB/T 8313-2018,茶叶中茶多酚和儿茶素类含量的检测方法[S]
GB/T 8313-2018, Determination of Total Polyphenols And Catechins Content in Tea [S]
- [13] GB/T 8314-2013,茶 游离氨基酸总量的测定[S]
GB/T 8314-2013, Tea- Determination of Free Amino Acids Content [S]
- [14] GB/T 8312-2013,茶 咖啡碱测定[S]
GB/T 8312-2013, Tea-Determination of Caffeine Content [S]
- [15] GB/T 8305-2013,茶 水浸出物测定[S]
GB/T 8305-2013, Tea- Determination of Water Extracts Content [S]
- [16] 王旭,张凤清,林家永,等.便携式近红外谷物分析仪快速测定小麦蛋白质的研究[J].粮食与饲料工业,2012,1:13-17
WANG Xu, ZHANG Feng-qing, LIN Jia-yong, et al. Study on the determination of protein content in wheat by portable near-infrared grain analyser [J]. Cereal and Feed Industry, 2012, 1: 13-17
-
- (上接第 261 页)
- [21] 王泽华,应苗法,赵蕊,等.RNA 靶向系统 Crispr/Cas13 在分子诊断及临床治疗中的研究进展[J].临床检验杂志,2020, 38(5):367-370
WANG Ze-hua, YING Miao-fa, ZHAO Rui, et al. Research progress of RNA targeting system Crispr/ Cas13 in molecular diagnosis and clinical treatment [J]. Chinese Journal of Clinical Laboratory Science, 2020, 38(5): 367-370
- [22] Nilaratanakul V, Hauer D A, Griffin D E. Development of encoded broccoli RNA aptamers for live cell imaging of alphavirus genomic and subgenomic RNAs [J]. Scientific Reports, 2020, 10(1): 1-13
- [23] Sheng L, Lu, Deng S, et al. A transcription aptasensor: amplified, label-free and culture-independent detection of foodborne pathogens via light-up RNA aptamers [J]. Chemical Communications, 2019, 55: 10096-10099
- [24] 董宏杰,张俊梅,王宏伟,等.新型冠状病毒核酸检测过程中灵敏度损失的定量分析[J].山东大学学报(医学版),2021, 59(1):1-7
DONG Hong-jie, ZHANG Jun-mei, WANG Hong-wei, et al. Quantitative analysis of the loss of sensitivity in the nucleic acid detection of SARS-CoV-2 [J]. Journal of Shandong University (Health Sciences), 2021, 59(1): 1-7
- [25] 周振森,丁梦璇,梁玉林,等.单增李斯特菌 RT-LAMP 快速检测方法的建立[J].食品工业,2019,40(4):184-189
ZHOU Zhen-sen, DING Meng-xuan, LIANG Yu-lin, et al. Rapid detection of *Listeria monocytogenes* by reverse transcriptase-loop-mediated isothermal amplification [J]. The Food Industry, 2019, 40(4): 184-189
- [26] 徐匆,罗华建,黄皓,等.单增李斯特菌反转录环介导等温扩增检测方法的建立[J].现代食品科技,2020,36(6):297-302
XU Cong, LUO Hua-jian, HUANG Hao, et al. Establishment of RT-LAMP-HNB method for *Listeria monocytogenes* detection [J]. Modern Food Science and Technology, 2020, 36(6): 297-302
- [27] Ma C C, Song D F, Gu Q, et al. Reverse transcription loop-mediated isothermal amplification assays allow the rapid detection of *Listeria monocytogenes* in fresh-cut fruits and vegetables [J]. Journal of Food Safety, 2019, 39(4): e12658
- [28] Kumar Y. Isothermal amplification-based methods for assessment of microbiological safety and authenticity of meat and meat products [J]. Food Control, 2021, 121: 107679