浙江大学和山东省农业机械科学研究院—基于VNIR光谱与集成学习模型的无损检测白茶萎凋含水率研究 MDPI Horticulturae

作者：writer 来源：科学网

本文原地址：https://www.iikx.com/news/progress/40594.html

本文仅供学习交流之用，版权归原作者所有，请勿用于商业用途！

浙江大学和山东省农业机械科学研究院—基于VNIR光谱与集成学习模型的无损检测白茶萎凋含水率研究 MDPI Horticulturae。论文标题：Non-Destructive Determination of Moisture Content in White Tea During Withering Using VNIR Spectroscopy and Ensemble Modeling

论文链接：https://doi.org/10.3390/horticulturae12040488

期刊名：Horticulturae

期刊主页：https://www.mdpi.com/journal/horticulturae

导读

白茶是我国传统六大茶类之一，在国内外茶饮市场中占据重要地位。近年来，随着白茶产业规模扩大、加工工艺标准化升级以及市场对产品品质均一化和智能化管控需求的提升，传统依赖制茶经验判断萎凋含水率的方法已难以满足精准、稳定调控加工品质的要求，其主观性强、时效性不足等问题日益凸显。光谱无损检测与集成建模技术作为现代农产品智能检测的重要手段，能够有效突破传统理化检测耗时、有损、操作复杂等局限，为茶叶加工过程中的实时品质监测提供了新的技术路径。相关技术的实际应用，关键在于高光谱特征波段的有效筛选与高精度预测模型的构建。山东省农业机械科学研究院联合浙江大学生物系统工程与食品科学学院在Horticulturae期刊发表论文Non-Destructive Determination of Moisture Content in White Tea During Withering Using VNIR Spectroscopy and Ensemble Modeling，系统探究了可见—近红外光谱结合集成学习用于白茶萎凋含水率无损检测的可行性，构建了PRXBoost融合模型，分析了光谱数据增强和超参数优化对模型预测精度的提升作用，并借助SHAP算法识别了含水率敏感特征波段。该研究为白茶萎凋过程智能监测、加工终点精准判定及产业化应用提供了理论依据与技术支撑。

研究过程与结果

作者以白茶为研究对象，系统总结了其萎凋过程中水分动态、光谱无损检测、品质形成调控及智能预测模型等方面的研究进展。水分含量是影响白茶加工品质的核心指标，受萎凋环境和叶片生理代谢共同调控，准确解析其变化规律并建立快速检测方法，对优化工艺和稳定品质具有重要意

义。在水分检测方面，作者重点归纳了可见—近红外光谱、数据增强、单一回归模型及集成学习模型等方法。现有研究表明，光谱无损检测结合智能建模可提高白茶萎凋含水率预测精度，但仍存在室内验证为主、跨批次和跨环境泛化能力不足、关键特征波段机理解析不够深入等问题。未来应加强多环境、多批次数据集构建，开发轻量化在线检测模型，并进一步揭示光谱特征与水分结合态之间的关系。在品质形成与智能检测方面，作者总结了白茶萎凋过程中水分时空变化、特征光谱响应及线性—非线性融合预测方法，并通过水分动态变化、光谱特征与模型性能关联图（图1a）和关键波段贡献图（图1b），展示了水分变化、光谱响应和模型预测性能之间的关系。同时，文章对近红外光谱检测、集成学习建模和模型可解释性分析等技术的检测精度、泛化性能及应用潜力进行了总结。

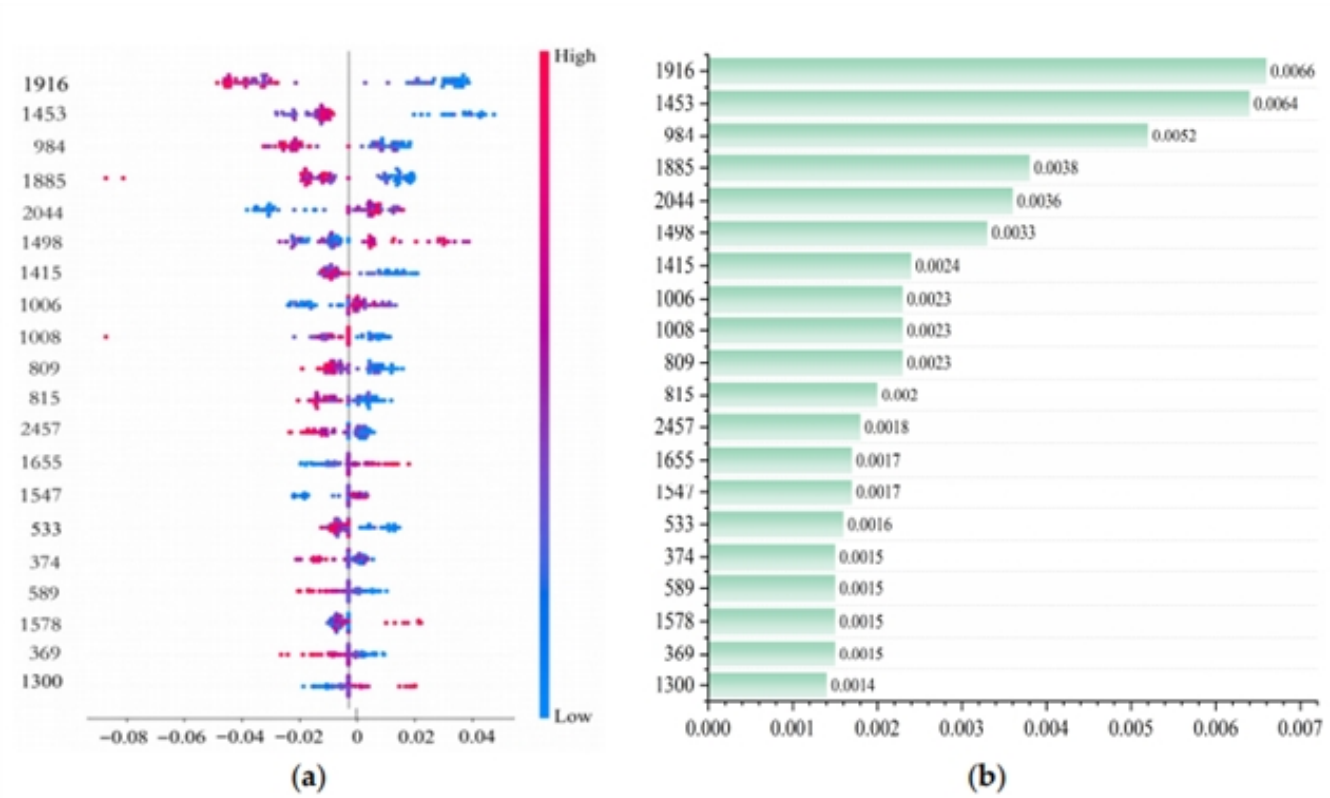


图1. 基于Shap分析的物理化学PRXBoost模型解释。(a)
Shap蜂群图：每个点代表一个样本，其Shap值源自对应波长处的吸光度数据。(b)
Shap值映射：绝对Shap值柱状图量化了各特征对模型输出的贡献程度。

研究总结

本文系统总结了近十几年白茶萎凋过程中水分无损检测与智能预测技术的研究进展，重点涵盖光谱特征解析、水分动态变化规律、集成模型构建及模型可解释性等方面。同时，文章归纳了当前研究存在的主要问题，包括检测模型多依赖单一批次和单一环境数据，跨场景泛化能力不足；关键光谱波段与水分结合态之间的关联机制尚不明确；在线化、轻量化部署仍面临技术瓶颈，限制了其在实际加工场景中的应用。为推动白茶智能化加工技术发展，未来研究应重点从以下方面展开：一是构建多品种、多批次、多环境的白茶萎凋光谱数据集，融合高维光谱信息与理化指标，建立标准化数据库，以提升模型的普适性和鲁棒性；二是结合数据增强、特征优选和轻量化算法，开发适用于工业现场的快速检测模型；三是利用SHAP可解释方法，深入解析光谱特征对水分预测的贡献机制；四是突破高光谱仪器小型化与在线检测技术瓶颈，实现加工过程实时监测；五

是加强光谱信息与水分代谢、品质形成之间的关联研究，构建覆盖全萎凋周期的高分辨率预测模型，实现关键脱水阶段与萎凋终点的精准识别。总体来看，该研究为白茶萎凋过程水分无损检测提供了新的技术路径，也为茶叶加工智能化和品质控制标准化提供了重要参考。

Horticulturae 期刊介绍

主编：Luigi De Bellis, Universit à del Salento, Italy

期刊重点关注温带到热带园艺的所有领域及相关学科，主题包括果树、蔬菜、花卉、苗圃和风景、以及草药和香料作物等，研究涉及整个园艺供应链。

2025Impact Factor 3.4 2025CiteScore 6.1 Time to First Decision 16.7 Days Acceptance to Publication 2.6 Days
来源：Horticulturae

更多 科学进展 请访问 https://www.iikx.com/news/progress/

本文版权归原作者所有，请勿用于商业用途，爱科学iikx.com转发