龙井冷萃浓缩液设备设计与研发研究

杨烨磊，赵子健，陆洲，许文杰，张子彦
嘉兴南洋职业技术学院，浙江 嘉兴 314031

DOI: 10.61369/TACS.2026070035

摘　　要： 随着新式茶饮消费需求增长，茶产品正向便捷化、标准化和多场景应用发展。冷萃茶因口感柔和、苦涩感低而受到关注，但传统冷泡工艺仍存在周期长、风味波动大和效率有限等问题。本文以西湖龙井为对象，开展冷萃浓缩液设备设计与研发研究。研究基于茶叶风味形成规律，结合工业设计方法与食品工艺技术，围绕风味保留与设备适配需求，构建风味量化评价体系，提出“超声辅助萃取—离心分离—真空低温浓缩”一体化工艺方案，并完成设备结构及关键模块设计，实现冷萃、分离和浓缩连续运行。研究绿茶冷萃装备的小型化、标准化开发提供参考，也为传统茶产业向新式茶饮场景延伸提供技术路径。

关 键 词： 工业设计；冷萃浓缩液；龙井茶；设备研发

Design and Research on Dragon Well Cold Extraction Concentrate Equipment

Yang Yelei, Zhao Zijian, Lu Zhou, Xu Wenjie, Zhang Ziyan
Jiaxing Nanyang Vocational and Technical College, Jiaxing, Zhejiang 314031

Abstract: With the growth of demand for new-style tea beverages, tea products are evolving towards convenience, standardization, and multi-scenario applications. Cold-infusion tea, due to its soft taste and low bitterness, has gained attention. However, the traditional cold-brewing process still has issues such as long processing time, significant flavor fluctuations and limited efficiency. This paper focuses on West Lake Longjing tea and conducts research on the design and development of cold infusion concentrate equipment. The research is based on the flavor formation rules of tea, combined with industrial design methods and food processing technologies. Centering on flavor retention and equipment compatibility requirements, a flavor quantitative evaluation system is constructed, and an integrated process scheme of "ultrasonic-assisted extraction – centrifugal separation – vacuum low-temperature concentration" is proposed. The equipment structure and key modules are designed, enabling continuous operation of cold-infusion, separation, and concentration. The research provides a reference for the miniaturization and standardization development of green tea cold-infusion equipment and offers a technical path for the extension of traditional tea industry to new-style tea-drinking scenarios.

Keywords: industrial design; cold-brew tea concentrate; Longjing tea; equipment development

引言

（一）研究背景

随着新式茶饮市场发展，茶产业消费模式正由传统原叶冲泡向标准化、便捷化和场景化转变。冷泡茶、即饮茶及浓缩液逐渐成为产品创新方向。其中，冷萃工艺在低温下释放风味物质，可减少部分苦涩成分析出，使茶汤更为柔和、甘甜，受到年轻消费群体关注。冷萃产品目前以终端饮品形式为主，存在制备周期长、品质波动大、标准化困难等问题，而现有设备主要是为规模化生产设计的，中小茶企及特色茶产品开发缺少适配的小型冷萃设备，因此该冷萃浓缩液设备的研发有较强的现实意义。

（二）国内外研究现状

当前国内外研究主要围绕风味调控、提取效率优化及设备集成等方面。风味调控上，茶氨酸、芳香组分及部分可溶性糖是鲜爽口感的基础，而咖啡因、部分茶多酚的释放会增大苦涩感，提取条件对品质有直接影响[1]。萃取方式上，超声辅助、低温浓缩两者已经较好地应用于植物饮品加工，如超声空化有利于低温条件下的传质过程，不仅能提高有效成分的迁移速率，还能减少高温造成的风味损

项目信息：本文系2025年浙江省大学生创新训练计划“基于茶汤超声低温冷萃浓缩液制作设备的创新开发设计”（S202513028008）研究成果。

作者简介：
杨烨磊（2003—），男，汉族，浙江宁波，大专在读，学习方向为工业设计；
赵子健（2004—），男，汉族，浙江杭州，大专，学习方向为跨境电子商务；
陆洲（1995—），男，汉族，浙江嘉兴，硕士，讲师，研究方向为工业设计、产品设计；
许文杰（2006—），男，汉族，浙江金华，大专在读，学习方向为工业设计；
张子彦（2007—），男，汉族，浙江金华，大专在读，学习方向为工业设计。

 Copyright © This Work is Licensed under A Commons Attribution-Non Commercial 4.0 International License.

失[2]。设备集成上，茶叶加工设备目前正朝着自动化、集成化的方向发展，但现有研究对单工艺优化研究较多，对冷萃浓缩液连续制备装备的研究尚薄弱[3]。目前有关研究已有较好的技术基础，但缺少兼顾风味控制、连续生产、小型化适配的一体化方案。

（三）研究内容与目标

本文以西湖龙井为研究对象，从冷萃浓缩液的开发需求出发，将工业设计方法与食品工艺技术结合起来，提出“超声辅助萃取—离心分离—真空低温浓缩”的连续化工艺路径，并展开风味评价及设备需求分析、关键模块设计、运行及品质验证和推广价值分析，实现该设计顺利装研发。

一、龙井冷萃浓缩液设备的设计思路

（一）产品需求分析

设备研发从消费、生产、工艺三个方面来系统地界定设备功能。消费端方面，冷萃茶由于口感柔和、苦涩感低、健康养生，在年轻群体中接受度很高。但市场产品以终端饮品为主，浓缩液标准化供给尚有不足。生产端方面，传统冷泡存在周期长，现有冷萃设备主要是为规模化生产设计的，中小茶企使用门槛高。工艺端方面，龙井茶风味受温度及提取方式的极大影响。低温有利于减少苦味释放，突出鲜甜口感。因此设备应具备风味控制、提取效率和场景适配的特征。

（二）设备设计目标

设备设计要做到风味精确控制，需建立工艺参数与风味表现的关系，保证目标成分释放的稳定性；其次把冷萃、分离、浓缩各工序整合为连续流程，最大限度地减少中间转运中的品质损失；再次用参数监测、自动反馈的方式提高运行稳定性，降低人工干预强度；最后采用模块化布局，提高拆装与清洗的效率，满足中小规模生产的需要。

（三）整体结构方案设计

设备以参数反馈的方式对各工序作动态调节，形成“投料—萃取—分离—浓缩—输出”的连续加工路径，采用了一体化集成设计思路。

（1）投料与预处理模块

投料模块负责原料投加、初始环境建立，使用密封结构及温度控制为后续冷萃过程提供有利条件。

（2）冷萃提取模块

冷萃模块是本系统的核心部分，在低温下组织风味释放，用强化提取法提高有效成分的迁移效率。

（3）离心分离模块

分离模块用于除去悬浮颗粒，使茶液澄清，为后续浓缩步骤提供澄明、稳定的原液。

（4）真空低温浓缩模块

浓缩模块采用低温脱水方式，保留口感风味物质，提升浓缩液的储存性和活用性。

二、核心技术实现及设备研发

（一）风味量化数据库的建立

团队建立龙井冷萃风味量化数据库、“成分指标 + 感官指标”双维结构。成分指标为茶氨酸、茶多酚、咖啡因、可溶性固形物及透光率，感官指标为鲜爽度、甘润感、香气完整性、苦涩度及整体接受度。数据采集时改变温度、浸提时间、超声频率及液料比，建立工艺参数与风味结果的关系模型，通过多指标综合评价反映茶饮品质稳定性。实践过程中，数据库与设备控制系统地直接联动，当温度、超声功率或浓缩参数偏离设定范围时，系统自动予以调整，实现经验调控转向参数控制。

（二）超声破壁与三段式拨片协同萃取

通过超声辅助，空化效应能使植物细胞结构松弛，有效成分释放效率大大提高[4]。设备在萃取模块中设置了超声辅助单元，并设计了“上 – 中 – 下”位置的三段式拨片协同结构，将超声系统放在冷萃仓底部，形成均匀的能量场。拨片系统以分层方式改变液体流动状态，使茶叶与介质充分接触。设备采用低频脉冲超声及分阶段调速的策略，合理控制超声时间及机械作用强度，既有利于鲜爽类成分的释放，又能有效抑制苦涩感。

（三）离心分离系统的设计

冷萃所得茶液中细碎组织及悬浮颗处理上，离心分离与过滤、沉降相比能更迅速、更可靠地完成颗粒分级，也有利于防止久留引起的成分变化。设备设计采用“离心驱动 + 滤孔筛分”复合方案，系统由旋转分离腔、可拆卸滤筒、电机驱动及液体导流结构组成，依靠离心作用形成压力差实现液固分离。滤孔作梯度设计，既保证澄清效果，又最大限度保留香气组分；良好的模块化拆装结构，易于清洗和连续运行。

（四）真空低温浓缩系统设计

真空低温浓缩借助降低体系沸点的方式实现低温浓缩，利于保持风味稳定性。设备末端设计了真空低温浓缩模块，用负压蒸发、闭环温控协同的方法，把系统分成浓缩仓、真空单元、冷凝回收装置及温度反馈部分，茶汤经离心分离后进入浓缩区，在稳定负压下进行低温脱水。设备能够调节各参数，从而能减少局部过热，降低香气挥发损失。

三、实验验证与结果分析

（一）实验方案设计

本研究以西湖龙井茶样为研究对象，在原料等级、实验环境都统一的前提下对设备运行进行测试，进而系统评价其风味形成、提取效率及运行稳定性。实验采用单因素控制与综合评价相结合的方法对冷萃过程各关键变量，对此作了系统考察并监测茶液品质变化。评价体系分为理化指标和感官指标，前者有可溶性

Copyright © This Work is Licensed under A Commons Attribution-Non Commercial 4.0 International License.

固形物、透光率、茶多酚及咖啡因变化；后者有鲜爽度、香气完整性、苦涩感及整体接受度。本研究的验证采用国家茶叶感官审评方法进行感官评价，并用多人重复评价的方式降低主观偏差[5]，并设置传统静置和冷泡对照组。

（二）设备运行效果分析

实验结果表明，设备运行稳定，各功能模块能很好地构成连续工艺流程。超声辅助、拨片协同的方法能使茶液很快达到较稳定的风味状态，与传统静置冷泡法相比，实验组可溶性成分的释放效率显著提高，冷阶段所需时间缩短。从感官评价的角度得出，实验组在鲜爽感、甘润感及香气完整性诸方面均优于对照组，且苦涩感低于传统工艺。并且，离心分离、低温浓缩两步有效减少后续工序中风味波动。

（三）产品产出效果评价

本设备产出的龙井冷萃浓缩液鲜爽协调，茶汤清亮透明，香气以清香、嫩香为主，且没有明显的热损伤特征。与传统冷泡法相比，该产品既保留了龙井原有的风味，又很好地降低了苦涩感，后段回甘稳定扎实。对浓缩液存储观察，低温浓缩茶液外观稳定，未出现明显分层、风味突变，适用于冷泡调饮、即饮茶开发及文旅茶饮场景。

四、结论与展望

针对传统龙井冷泡工艺存在着制备周期长、风味稳定性不足、设备适配性有限等问题，本文从龙井冷萃浓缩液产品开发的需求出发，开展设备设计与研发，建立了“风味量化评价—超声辅助萃取—离心分离—真空低温浓缩”一体化设备体系，实现冷萃过程的连续化运行。本研究把风味控制逻辑融入设备研发过程，有利于茶饮加工从经验操作转向参数控制和装备的小型化、标准化。未来进一步优化设备控制精度，推动冷萃浓缩液产品的多场景应用及产业化发展。

参考文献

[1] 唐小林，王家鹏，范起业，等 . 我国茶业装备数字化现状及路径分析 [J]. 中国茶叶加工，2022(3)：22-27.

[2] 俞铮，葛小通，张佳汇，等 . 食品中鲜味的来源及其评价方法 [J]. 食品科学，2022,43(19):338-347.

[3]SEYHAN N, DIKMETAS D N, et al. Ultrasonication effects on quality of tea-based beverages[J/OL]. Beverages, 2022, 9(1): 1.

[4]CHEMATA F, ROMBAUT N, SICAIRE A G, et al. Ultrasound assisted extraction of food and natural products: mechanisms, techniques, combinations, protocols, and applications. A review[J]. Ultrasonics Sonochemistry, 2017, 34: 540-560.

[5] 国家市场监督管理总局，国家标准化管理委员会 . GB/T 23776—2018 茶叶感官审评方法 [S].

 Copyright © This Work is Licensed under A Commons Attribution-Non Commercial 4.0 International License.