

# 基于区块链技术的普洱茶贮藏安全监管探讨

苏丹<sup>1</sup>, 王志霞<sup>2</sup>, 周佳<sup>2</sup>, 李亚莉<sup>2</sup>, 周红杰<sup>2\*</sup>

(1. 云南农业大学食品科学技术学院, 昆明 650000; 2. 云南农业大学龙润普洱茶学院, 昆明 650000)

**摘要:** 普洱茶陈化过程可促进普洱茶陈香物质、醇化品质、生物活性成分的形成, 当贮藏技术控制不当时, 会导致有害微生物的滋生并产生一些危害衍生物, 可造成饮用风险的发生。贮藏技术的变革既为普洱茶带来了发展机遇, 也不可避免地引发了新的挑战。随着国家智能信息技术不断落实推进, 所有行业都面临着数字化升级, 实现陈化普洱茶安全区块链云服务, 建立广泛的信任交互关系是未来普洱茶安全监管基于区块链技术建设的重要研究方向。本文探讨了基于区块链技术的陈化普洱茶安全监管建设, 为提升普洱茶科学贮藏技术及提高普洱茶陈化安全监管, 实现陈化普洱茶品质优化及可追溯提供理论参考。

**关键词:** 陈化普洱茶; 贮藏; 安全监管; 区块链

## Discussion on safety supervision of Pu-erh tea storage based on block-chain technology

SU Dan<sup>1</sup>, WANG Zhi-Xia<sup>2</sup>, ZHOU Jia<sup>2</sup>, LI Ya-Li<sup>2</sup>, ZHOU Hong-Jie<sup>2\*</sup>

(1. College of Food Science and Technology, Yunnan Agricultural University, Kunming 650000, China;  
2. College of Longrun Pu-erh Tea, Yunnan Agricultural University, Kunming 650000, China)

**ABSTRACT:** During the aging of Pu-erh tea, it can promote the formation of the aroma, alcoholization quality, and bioactive components of Pu-erh tea. When the storage technology isn't properly controlled, it'll cause the breeding of harmful microorganisms and produce some harmful derivatives, which may cause drinking risks. The transformation of storage technology not only brings development opportunities for Pu-erh tea but also inevitably triggers new challenges and risks. With the continuous implementation of national intelligent information technology, all industries are facing digital upgrades, realizing aging Pu-erh tea security block-chain cloud services, and establishing a broad trust interaction relationship are an essential research direction for the future development of Pu-erh tea security block-chain. Therefore, this paper explored the construction of the wisdom Pu-erh tea warehouse based on block-chain technology to provide a guiding significance for exploring the scientific storage technology of Pu-erh tea and improving the safety of Pu-erh tea.

**KEY WORDS:** aging of Pu-erh tea; storage; safety supervision; block-chain

## 0 引言

普洱茶陈化是普洱茶在科学贮藏过程中化学物质与

贮藏空间(温度、湿度、光照、微生物)之间的一系列复杂反应, 该过程可促进普洱茶陈香物质<sup>[1]</sup>、醇化品质、生物活性成分的形成, 如随着陈化时间的延长, 普洱茶(生茶)、

基金项目: 云岭产业技术领军人才项目(发改委[2014]1782)

Fund: Supported by the Yunling Industrial Technology Leading Talent (Development and Reform Commission [2014]1782)

\*通信作者: 周红杰, 教授, 博士生导师, 主要研究方向为普洱茶加工和文化。E-mail: 1051195348@qq.com

\*Corresponding author: ZHOU Hong-Jie, Professor, College of Longrun Pu-erh Tea, Yunnan Agricultural University, Kunming 650000, China. E-mail: 1051195348@qq.com

普洱茶(熟茶)的体外抗氧化能力均表现出增高趋势<sup>[2]</sup>。自普洱茶“越陈越香”的品质概念成为约定俗成的普洱茶贮藏品质判定因素以来,对普洱茶醇化方法、贮藏技术、陈化品质判别、陈化安全监管、陈化普洱茶溯源等的科学技术需求极大地促进了人们关于普洱茶贮藏质量与安全的思考。普洱茶贮藏技术的发展极大地降低了陈化成本,压缩了时间与陈化品质的距离,使得原有的生产和饮用方式发生了重大变革,贮藏技术的变革既为普洱茶带来发展机遇,也不可避免地引发新的挑战。

从普洱茶产业现状看,在整个产业链中普洱茶安全问题严重抑制产业信任机制的发展。目前,区块链技术还处于起步阶段;未来,区块链将会进入实际应用阶段<sup>[3-4]</sup>。传统模式下从生产到流通,茶叶安全问题很难把控,生产者和消费者一直无法建立起来良好的信任机制,陈化普洱茶的安全性及真实性更是制约整个普洱茶产业健康发展的难题之一。根据区块链技术去中心化、信息不可篡改、开放性的特点<sup>[5-7]</sup>,把区块链技术应用用于陈化普洱茶安全控制领域,以便供应链中的每一方(生产商、加工商、分销商和顾客)都能提供有关其特定角色的可追溯性信息(如日期、生产信息、产品信息、地点、流通渠道等),可以追溯普洱茶源头,从此保障普洱茶从生产到出厂、运输和销售一系列流程的有据可查。

鉴于此,本文对基于区块链技术的陈化普洱茶安全监管进行探索。首先对普洱茶贮藏技术及贮藏安全问题进行梳理、总结,然后系统结合“区块链技术”和所面临的陈化普洱茶安全监管困境提出全面构建普洱茶贮藏陈化与安全控制的重要途径,为提升普洱茶科学贮藏技术及提高普洱茶陈化安全监管,实现陈化普洱茶品质优化及可追溯提供理论参考。

## 1 普洱茶贮藏技术

普洱茶贮藏技术对于普洱茶陈化来讲是一项“复杂的技术调控”,涉及陈化品质提升和安全控制的方方面面。纵观普洱茶贮藏技术对于普洱茶陈化促进的讨论及研究现状<sup>[8-13]</sup>,可将普洱茶贮藏技术划分为 3 种类型:(1)传统贮藏技术,针对仓储空间自身运行所依赖的基础技术架构;(2)自动化贮藏技术,在普洱茶陈化过程中,仓储空间的微环境在普洱茶陈化过程中的适配问题;(3)智能化贮藏技术,针对入仓普洱茶特性及出仓陈化品质要求调配最优化的仓储条件。

### 1.1 传统贮藏技术

传统贮藏技术,一般是借助仓储的地理位置、条件气候、微生物菌群而进行自然存储的过程。根据存储后口味的不同而划分出以地名来命名的茶仓,大致可分为云南仓、香港仓、广东仓、马来西亚仓,其贮藏的地方不同,所形成的

陈化普洱茶风味各异。不当的贮藏手段会造成普洱茶微生物毒素滋生等安全风险的增加,特别是黄曲霉毒素所引起的普洱茶饮用安全性恐慌。研究表明,含水量对于普洱茶陈化品质具有重要作用,含水量过低则不利于陈化过程,含水量过高则引起普洱茶质变<sup>[1]</sup>。根据温湿度的不同,普洱茶贮藏可以分为干仓和湿仓,普洱茶在湿仓中贮藏时间过长,会导致普洱茶严重霉变,使普洱茶失去原始的鲜活、浓厚特征,滋味变淡,甚至可能产生微生物毒素。普洱茶贮藏过程中,必须注意避免霉味、异味、高火味、燥喉感<sup>[14]</sup>,重视普洱茶的醇厚度、陈香品质形成。普洱茶窖藏过程中曲霉属中的黑曲霉数量最多<sup>[15]</sup>,可能对茶多糖、茶褐素和咖啡碱含量增高具有一定的作用。因此,传统普洱茶贮藏过程中仓储环境温度和湿度的控制尤为重要。

### 1.2 自动化贮藏技术

自动化贮藏技术是根据仓储空间地理位置,利用无线遥感感应技术的控温控湿自动化监测及预警系统,实现仓储空间的自动化调节(如:智慧金叶 YUN 盒)。在仓储时注意将新茶品和老茶品、生茶和熟茶归类堆放,并定期翻动,有利于陈化均匀<sup>[12]</sup>。针对茶仓、茶室环境基于物联网架构设计,使用高灵敏度传感器、低功耗芯片、无线网络数据传输成功开发的普洱茶自动化贮藏技术,可以实现对仓储环境中温湿度、光照强度、二氧化碳浓度、空气质量(包括氨气、硫化物、芳族化合物、苯系气氛、烟雾、可燃气体)的实时监测与历史数据统计,通过电脑或手机终端从而实现普洱茶贮藏环境自动调节,对于普洱茶自动化贮藏建设具有极大的应用价值,可预防普洱茶贮藏过程中一定程度的霉变现象产生。

### 1.3 智能化贮藏技术

普洱茶贮藏技术的发展极大地降低了陈化成本,压缩了陈化时间与陈化品质的距离。对普洱茶而言,贮藏已不仅是仓储,而且是品质向着好的香、醇、厚、甘、润、滑、甜的方向转变的重要步骤,从而铸就普洱茶顺、活、洁、亮的品质。随着科学研究的持续深入,影响普洱茶陈化品质及安全性的环境不仅是温度、湿度、光照,环境中的负氧离子浓度对普洱茶陈化品质也有一定的影响,张文彦等<sup>[8,14]</sup>研究表明,在 25 °C 和 35 °C 贮藏 8 个月的普洱生茶,由清香显露出陈香,且在 35 °C 条件下贮藏的普洱生茶品质更好,苦味消失。相关研究表明,负氧离子在 10000~20000 个/cm<sup>3</sup>、温度为 20 °C 和湿度为 60% 的仓储条件下,有效范围保持在 30 cm,与茶饼直接接触,“烟味”等杂质物质有所下降,其他焦灼味成分和不新鲜刺激性气味物质成分甚至消除<sup>[16]</sup>,整体口感明显提升。

综上所述,普洱茶在贮藏过程中,不能仅仅追求湿湿度的作用,应根据各影响因素对于普洱茶陈化品质的代谢关系综合考虑。随着国家新一代信息技术不断落实推进,

大数据、物联网、区块链智能时代已经到来,所有行业都面临着数字化升级,实现普洱茶贮藏技术数字化、科学化、智能化升级迫在眉睫:基于代谢组学根据普洱茶(生茶、熟茶)陈化动态特征变化机制及规律建立普洱茶陈化数据库;根据入仓普洱茶特性及仓储空间特征,构建普洱茶陈化指数判别模型;建立普洱茶陈化质量等级定量模型,实现客观评估普洱茶陈化价值;基于基因组学、蛋白组学结合毒理学阐明普洱茶贮藏过程中微生物安全性;智能适配贮藏技术参数(温度、湿度、负氧离子等),实现陈化普洱茶风味精准调控等基础研究是实现普洱茶陈化品质优化及安全性提升的重要研究方向及必要保障。

综合而言,普洱茶并不是无条件的存放越久越好<sup>[17-18]</sup>,应结合具体贮藏对象及贮藏条件,实现智能化贮藏技术,保障普洱茶“越陈越香”优质品质。

## 2 普洱茶贮藏安全监管难题

普洱茶陈化具有开放、自由、交互的特点,越是开放的贮藏条件,普洱茶贮藏风险的生成和扩散机制就越复杂,滋生饮用新风险的可能性也就越高。普洱茶陈化安全问题日益受到国家与社会的广泛关注,党的十九大报告中明确提出:实施食品安全战略,让人民吃得放心。当前我国的茶叶安全现状与民众的期待仍然存在着一一定的差距,普洱茶贮藏安全监管工作还存在着许多问题。

### 2.1 普洱茶加工和流通环节不被信任

普洱茶产品的生产加工和流通环节存在一定程度的脱节现象,普洱茶初制基本是在初制所完成,云南大叶种晒青茶作为毛茶进行交易,接着进入不同的成品茶企业进一步加工成普洱茶(生茶)或普洱茶(熟茶)。这种“初制所+毛茶市场+成品茶生产企业”的加工经营模式,对普洱茶加工原料尤其是古树晒青茶的来源造成不确定性,并且监督管理力度不足,从而让消费者对于普洱茶产品加工和流通等环节产生一定程度的不信任感。

### 2.2 普洱茶陈化质量安全无可靠保障

食品保质期不仅是保证食品优质风味的最佳期限,也是保证食品安全性的时间节点。普洱茶包装上的保质期一般为:在符合贮藏条件下,适宜长期保存。随着普洱茶“越陈越香”陈化概念的发展,普洱茶陈化保质期成为大家关注的焦点。关于茶叶贮存现行有效的国家标准仅有 GB/T 30375—2013《茶叶贮存》,其中,“5 保质措施部分”仅对库房、包装,绿茶、红茶、乌龙茶、黄茶、白茶、花茶、黑茶和紧压茶的贮存温度与湿度做出了规定,并未提及各类茶的保质期。目前,有关普洱茶陈化保质期尚无系统定论,也缺少关于普洱茶贮藏规范的相关标准,造成普洱茶陈化过程安全无可靠保障。普洱茶保质期、普洱茶陈化期

的时间界限与普洱茶贮藏技术息息相关,湿仓陈化方式是在陈化时,通过人为增大普洱茶陈化环境的温度、湿度以提高陈化速度,使茶叶在短时间内陈化<sup>[12]</sup>。但是在湿度超过 80%的环境会导致普洱茶“霉变”,可能产生某些微生物毒素,令普洱茶不可饮用,但此类普洱茶仍在市场流通,造成消费者的饮用安全风险,此现象不仅对茶叶保质期研究及贮存安全监管提出了新的发展方向,还对普洱茶陈化质量安全提出了更高的挑战。

### 2.3 市场主体单位基数大,陈化普洱茶安全监管力量不足

随着茶叶市场准入门槛的降低,导致市场主体发展迅猛,过多的茶叶商家在缺乏专业的普洱茶知识的情况下,对“越陈越香”缺乏科学认知,盲目追求“老茶”。由于种种问题,造成老茶来源不清晰,特别是早期茶、中期茶的流通无完善的监管或追溯体系,使得陈化普洱茶安全监管的任务更多更难。

### 2.4 陈化普洱茶安全监管信息严重不对称

面对市场激烈的竞争和趋利心理,一些市场经营者法律意识淡薄,置法律、诚信和消费者的生命安全于不顾,违法经营、制假贩假,埋下陈化普洱茶安全隐患。贮藏时普洱茶信息仅有管理者知道,造成经销商无法掌握陈化普洱茶在各个环节特别是陈化环节的准确信息。即使陈化普洱茶在某个环节出现调换问题,消费者也无法获知,将严重阻碍普洱茶市场经济的健康发展。

## 3 基于区块链技术提升普洱茶贮藏安全监管

### 3.1 区块链技术

区块链技术是当下食品溯源、智慧城市、人工智能领域的研究热点,去中心化分布式记账技术是其技术框架中非常重要的一种技术,通过非对称加密、点对点网络和区块链式数据结构的技术组合,使其数据安全性得到大大的提高。区块链技术不仅具有共识协议安全、数据难以篡改、加密技术和算法的特点<sup>[19-20]</sup>,而且还可以有效提高运行过程中成本、风险、运营及监管的效率。在区块链系统中,节点之间彼此自由连接记录节点上发生的所有交易信息,过程高度透明,数据高度安全,凡是需要公平、公正、诚实的领域,都可应用区块链技术<sup>[21-22]</sup>。

区块链以区块上加盖的时间戳的先后顺序为扩展法则,只有通过共识性验证的数据才能加入到区块链中。区块一般由两部分组成:区块头和区块体<sup>[20-23]</sup>。(1)区块头的主要作用是对区块的唯一性进行标识,同时确保区块可以按照时间顺序连接到区块链中;(2)区块体中主要封装的是全网在共识时间间隔期所发生的交易事项(具体信息),以确保区块链中的数据具有可追溯性<sup>[24-26]</sup>。总体而言,区块

链技术保障了链上信息记录的真实性及开放性<sup>[27-30]</sup>, 所有人都可以自由地查询相关的数据信息, 通过网络共建, 为前沿科技提供真正高质量的数据。

### 3.2 基于区块链技术提升普洱茶贮藏安全监管

我国 20 年前已建立可追溯管理体系, 因为茶叶种植、生产等环节烦琐, 茶叶流通渠道复杂, 并未能实现全面有效的茶叶安全追溯管理<sup>[31]</sup>, 造成茶叶安全问题的发生概率大大增加, 相应的问责难度也不断上升。熊丽娜等<sup>[32]</sup>运用数据库技术结合 EAN.UAA 编码技术实现茶叶生产链上数据的统一编码与采集, 建立云茶茶农、茶企、质检和经销商 4 个信息输入终端的追溯系统(种植基地、生产基地、检测机构 and 经销网络), 有效地提升了追溯信息数据的客观性、真实性, 极大地促进了茶叶质量安全追溯的效果。大数据技术虽然具有资源共享、数据共享的鲜明特征<sup>[26]</sup>, 但仍是一种基于信任所建立的体制。

区块链技术的出现, 或许能给传统的茶叶溯源技术带来颠覆性的变革。产品追溯是安全管理的重要手段, 基于生产过程中的危害分析及关键控制点<sup>[30]</sup>, 通过以茶叶生产链为基础, 信息技术为核心, 应用物联网技术、云计算技术、区块链技术生成每一个普洱茶产品自己唯一专属的溯源标签, 构建“智慧普洱茶仓”作为贮藏链中普洱茶陈化重要监管环节, 成为保证陈化普洱茶产品质量安全的有力保障。普洱茶在存放中应注意含氧量、异味、温度、湿度等因素对普洱茶的影响<sup>[33]</sup>, 利用区块链技术的多节点输入(图 1), 对陈化环境(温度、湿度、光照、微生物、负氧离子浓度等)实时监控, 通过科学的陈化质量判定分析, 在杜

绝物理性危害、化学性危害、生物性危害的前提下, 创建“从茶园到茶杯”全过程链的普洱茶贮藏安全监管体系, 建设普洱茶产品从种植基地、加工基地、贮藏基地与销售流通等全生命周期的可视化监控, 实现陈化普洱茶品质优化可追溯, 可以弥补传统茶叶安全追溯系统中数据包易于修改的缺陷, 减少陈化普洱茶流通过程中的信息传输错误并有效确保普洱茶陈化流通信息的完整性和安全性, 实现“区块链+智慧普洱茶仓”低成本、高效率、数据存储安全的陈化普洱茶管理新模式。

## 4 展 望

区块链技术通过去中心化、分布式记账技术解决了重要的“信任机制”问题, 在可预见的未来, 随着区块链技术的瓶颈攻克和持续深化, 区块链技术将成为推动现代农业、智慧生活等项目建设的一项关键技术。目前在我国, 陈化普洱茶安全是普洱茶行业中的一个重点问题。把区块链技术应用到陈化普洱茶安全控制领域, 基于唯一专属的溯源标签从普洱茶鲜叶采摘为信息录入前端, 全方位监管茶园茶树管理、鲜叶采摘、初加工、毛茶交易、精加工以及销售、贮藏等环节, 充分发挥区块链技术的多节点输入特征, 可为有效解决陈化普洱茶安全问题提供良好的解决方式。区块链技术为政府部门实现普洱茶市场智慧化安全监管、普洱茶企业提升顾客信任度、消费者获取安全普洱茶产品提供保障措施。因此, 推动基于区块链技术的普洱茶陈化安全监管模式研究, 实现茶叶安全区块链云服务, 建立广泛的信任交互关系是未来普洱茶安全研究的主要发展方向。

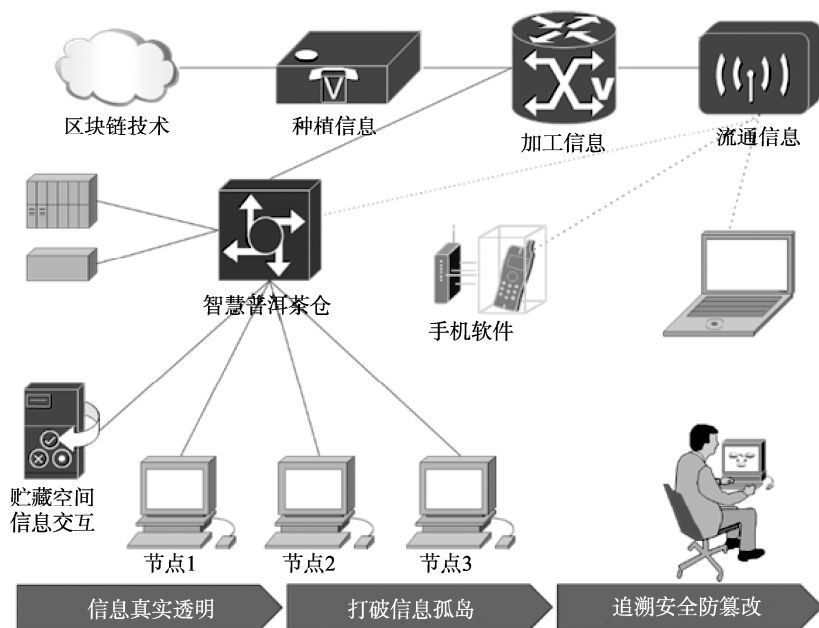


图 1 基于区块链的智慧普洱茶仓构建

Fig.1 Construction of intelligent Pu-erh tea warehouse based on block-chain technology

## 参考文献

- [1] 周红杰, 郭红芳, 曾燕妮, 等. 陈香普洱茶品质特点分析[J]. 茶叶, 2001, (3): 31-34.  
ZHOU HJ, GUO HF, ZENG YN, *et al.* Analysis on the quality characteristics of Chenxiang Pu-erh tea [J]. *J Tea*, 2001, (3): 31-34.
- [2] 刘雅琼. 不同陈化期普洱茶降脂减肥功能比较研究[D]. 广州: 华南农业大学, 2017.  
LIU YQ. Compare study on weight reduce and fat lower function of different years aged Pu-erh tea [D]. Guangzhou: South China Agricultural University, 2017.
- [3] 李旭东, 王耀球, 王芳. 区块链技术在跨境物流领域的应用模式与实施路径研究[J]. 当代经济管理, 2020, 42(7): 32-39.  
LI XD, WANG YQ, WANG F. Study on mode and implementation path of applying blockchain technology in cross-border logistics field [J]. *Contemp Econ Manage*, 2020, 42(7): 32-39.
- [4] 林艳, 张晴晴, 王珊珊. 区块链创业生态系统运行效果评价[J]. 统计与决策, 2019, 35(22): 37-41.  
LIN Y, ZHANG QQ, WANG SS. Evaluation of the operation effect of the blockchain entrepreneurial ecosystem [J]. *Stati Decis*, 2019, 35(22): 37-41.
- [5] 吕建富, 赖英旭, 刘静. 基于链上链下相结合的日志安全存储与检索[J]. 计算机科学, 2020, 47(3): 298-303.  
LV JF, LAI YX, LIU J. Log security storage and retrieval based on combination of on-chain and off-chain [J]. *Comp Sci*, 2020, 47(3): 298-303.
- [6] MACIEL MQ, SAMUEL FW. Blockchain adoption challenges in supply chain: an empirical investigation of the main drivers in India and the USA [J]. *Int J Inform Manage*, 2019, 46: 70-82.
- [7] YANG MM, ZHU TQ, LIANG KT, *et al.* A blockchain-based location privacy-preserving crowdsensing system [J]. *Futur Gene Comput Syst*, 2019, 94: 408-418.
- [8] 张文彦, 朱春华, 周红杰, 等. 普洱生茶在贮藏过程中香气成分的变化[J]. 食品科学, 2010, 31(12): 153-155.  
ZHANG WY, ZHU CH, ZHOU HJ, *et al.* Changes in aromatic components in raw Pu-erh tea during storage [J]. *Food Sci*, 2010, 31(12): 153-155.
- [9] 张绍旺, 段凤敏, 孙力元, 等. 普洱茶专业仓储醇化研究现状及发展趋势[J]. 安徽农业科学, 2018, 46(34): 8-10.  
ZHANG SW, DUAN FM, SUN LY, *et al.* Research status and development trend of perfecting of Pu-erh tea in specialty storage [J]. *J Anhui Agric Sci*, 2018, 46(34): 8-10.
- [10] 管俊岭. 贮藏环境与普洱茶风味品质陈化相关性研究[D]. 广州: 华南农业大学, 2016.  
GUAN JL. Study on correlation between storage environments and flavor shifting during aging of two sorts of Pu-erh teas [D]. Guangzhou: South China Agricultural University, 2016.
- [11] 许腾升, 刘洋, 李亚莉, 等. 不同仓储地区普洱茶品质差异研究[J]. 保鲜与加工, 2016, 16(4): 89-93, 98.  
XU TS, LIU Y, LI YL, *et al.* Quality difference of Pu-erh tea in different preservation areas [J]. *Stor Process*, 2016, 16(4): 89-93, 98.
- [12] 邢倩倩, 李思佳, 周红杰, 等. 浅析专业仓储在普洱茶产业中的地位和作用[J]. 保鲜与加工, 2015, 15(4): 77-80.  
XING QQ, LI SJ, ZHOU HJ, *et al.* Position and role of professional storage in Pu-erh tea industry [J]. *Stor Process*, 2015, 15(4): 77-80.
- [13] 孙雪梅, 邓秀娟, 周红杰, 等. 普洱茶仓储影响因素与品质变化研究进展[J]. 茶叶通讯, 2019, 46(2): 135-140.  
SUN XM, DENG XJ, ZHOU HJ, *et al.* Research progress on influence factors and quality change of Pu-erh tea storage [J]. *J Tea Commun*, 2019, 46(2): 135-140.
- [14] 周红杰, 艾田. “湿仓”普洱茶及其鉴别方法[J]. 茶叶机械杂志, 2002, (4): 29-30.  
ZHOU HJ, AI T. "Wet storage" Pu-erh tea and identification method [J]. *J Tea Mach*, 2002, (4): 29-30.
- [15] 王艳. 普洱茶银行式贮藏模式建设与管理[D]. 广州: 华南农业大学, 2016.  
WANG Y. Construction and management of bank-style Pu-erh tea storage model [D]. Guangzhou: South China Agricultural University, 2016.
- [16] 任丽, 周红杰, 许腾升, 等. 负氧离子在仓储过程中对普洱生茶挥发性成分的影响[J]. 食品安全质量检测学报, 2016, 7(10): 4010-4015.  
REN L, ZHOU HJ, XU TS, *et al.* Effect of negative oxygen ions on the volatile components of Pu-erh tea during storage [J]. *J Food Saf Qual*, 2016, 7(10): 4010-4015.
- [17] 汪杨. 普洱茶在贮藏过程中化学成分及感官品质变化的研究[D]. 雅安: 四川农业大学, 2015.  
WANG Y. Study on the chemical composition and sensory quality changes of Pu-erh tea during storage [D]. Yaan: Sichuan Agricultural University, 2015.
- [18] 杨瑞娟, 王桥美, 彭文书, 等. 茶窖中微生物群落分布多样性及普洱茶内生菌和茶品质的研究[J]. 热带农业科学, 2021, 41(1): 97-105.  
YANG RJ, WANG QM, PENG WS, *et al.* Microbial community diversity, and endophytes and quality of Pu-erh tea in tea cellar [J]. *Chin J Trop Agric*, 2021, 41(1): 97-105.
- [19] LEA D. Changing power: Shifting the role of electricity consumers with block-chain technology-policy implications for EU electricity law [J]. *Energy Poli*, 2019, 128: 189-196.
- [20] MUHAMMAD M, QIANG Q, BULAT N. Renovating blockchain with distributed databases: An open source system [J]. *Futur Gene Comput Syst*, 2019, 90: 105-117.
- [21] MERLINDA A, VALENTIN R, DAVID F, *et al.* Block-chain technology in the energy sector: A systematic review of challenges and opportunities [J]. *Renew Sust Energ Rev*, 2019, 100: 143-174.
- [22] ZHU LH, WU YL, GAI KK, *et al.* Controllable and trustworthy blockchain based cloud data management [J]. *Futur Gene Comput Syst*, 2018, 91: 527-535.
- [23] 苏丹, 周红杰. 区块链——开启茶叶发展新时代[J]. 茶世界, 2020, (1): 21-25.  
SU D, ZHOU HJ. Blockchain, openg a new era of tea development [J]. *Tea World*, 2020, (1): 21-25.
- [24] LI HG, TIAN HB, ZHANG FG, *et al.* Blockchain based searchable symmetric encryption scheme [J]. *Comp Electr Eng*, 2019, 73: 32-45.
- [25] 葛艳, 黄朝良, 陈明, 等. 基于区块链的 HACCP 质量溯源模型及系统实现[J/OL]. 农业机械学报: 1-12. [2021-03-30]. <http://kns.cnki.net/kcms/detail/11.1964.S.20210329.1433.004.html>  
GE Y, HUANG CL, CHEN M, *et al.* HACCP quality traceability model and system implementation based on blockchain [J/OL]. *Journal of Agricultural Machinery*: 1-12. [2021-03-30]. <http://kns.cnki.net/kcms/detail/11.1964.S.20210329.1433.004.html>

- net/kcms/detail/11.1964.S.20210329.1433.004.html
- [26] 周鲜华, 张羽兮, 魏春波. 区块链技术的去中心化众筹平台搭建研究[J]. 会计之友, 2019, (1): 148-154.  
ZHOU XH, ZHANG YX, WEI CB. Research on the construction of a decentralized crowdfunding platform based on blockchain technology [J]. *Fri Accoun*, 2019, (1): 148-154.
- [27] 杨新涯, 王莹. 区块链是完善数字内容产业链的最关键技术[J]. 图书馆论坛, 2019, 39(3): 35-41.  
YANG XY, WANG Y. Blockchain is the critical technology to improve the digital content industry chain [J]. *Lib Tri*, 2019, 39(3): 35-41.
- [28] 王昊, 杨卓, 曾妍月, 等. 区块链技术在生产过程控制中的可应用性探讨[J]. 中国设备工程, 2018, (24): 194-195.  
WANG H, YANG Z, ZENG YY, *et al.* Discussion on the applicability of blockchain technology in production process control [J]. *Chin Plant Eng*, 2018, (24): 194-195.
- [29] 章惠民. 福建烟草商业系统大数据技术研究与应[J]. 中国烟草学报, 2019, 25(6): 98-104.  
ZHANG HM. Research and application of big data technology in Fujian tobacco's commercial section [J]. *Acta Tabac Sin*, 2019, 25(6): 98-104.
- [30] 唐衍军, 许雯宏, 李海洲, 等. 基于区块链的食品冷链质量安全信息平台构建[J/OL]. 包装工程: 1-8. [2021-03-30]. <http://kns.cnki.net/kcms/detail/50.1094.TB.20210329.1434.008.html>  
TANG YJ, XU WH, LI HZ, *et al.* Construction of food cold chain quality and safety information platform based on blockchain technology [J/OL]. *Packaging Engineering*: 1-8. [2021-03-30]. <http://kns.cnki.net/kcms/detail/50.1094.TB.20210329.1434.008.html>
- [31] 张黔生, 李晶, 龚映梅, 等. 普洱茶质量安全可追溯行为管控的灰色关联评价研究[J]. 经济问题探索, 2019, (9): 51-58.  
ZHANG QS, LI J, GONG YM, *et al.* Research on grey relational evaluation of the traceable behavior control of Pu-erh tea quality and safety [J]. *Inqu Econ Issu*, 2019, (9): 51-58.
- [32] 熊丽娜, 李亚莉, 邓秀娟, 等. 基于数据库技术的茶叶质量安全追溯APP设计[J]. 食品安全质量检测学报, 2016, 7(6): 2555-2559.  
XIONG LN, LI YL, DENG XJ, *et al.* APP construction based on database technology for the traceability of tea quality [J]. *J Food Saf Qual*, 2016, 7(6): 2555-2559.
- [33] 周红杰. 云南普洱茶化学[M]. 昆明: 云南科技出版社, 2011.  
ZHOU HJ. *Yunnan Pu-erh tea chemistry* [M]. Kunming: Yunnan Science and Technology Press, 2011.

(责任编辑: 于梦娇 张晓寒)

### 作者简介



苏丹, 博士研究生, 主要研究方向为食品资源开发及利用。  
E-mail: 327643170@qq.com



周红杰, 教授, 博士生导师, 主要研究方向为普洱茶加工和文化。  
E-mail: 1051195348@qq.com