

DOI: 10.13652/j.issn.1003-5788.2021.12.035

# 勾调自动化在白酒生产中的应用研究进展

## Research progress on the application of blending automation in the production of Baijiu

韩 强<sup>1,2</sup> 刘 鑫<sup>1,2</sup> 周永帅<sup>1,2</sup> 庾先国<sup>1,2</sup> 张 良<sup>3</sup>HAN Qiang<sup>1,2</sup> LIU Xin<sup>1,2</sup> ZHOU Yong-shuai<sup>1,2</sup> TUO Xian-guo<sup>1,2</sup> ZHANG Liang<sup>3</sup>

(1. 四川轻化工大学人工智能四川省重点实验室, 四川 宜宾 644000; 2. 四川轻化工大学自动化与信息工程学院, 四川 宜宾 644000; 3. 泸州老窖集团有限责任公司, 四川 泸州 646000)

(1. School of Automation and Information Engineering, Sichuan University of Light Chemical Technology, Yibin, Sichuan 644000, China; 2. Sichuan Provincial Key Laboratory of Artificial Intelligence, Yibin, Sichuan 644000, China; 3. Luzhou Laojiao Group Co., Ltd., Luzhou, Sichuan 646000, China)

**摘要:**文章阐述了勾调工艺及其在白酒生产过程中的重要地位,并从勾调配方建模、自动化控制、计算机等技术在白酒勾调中的应用现状进行详细阐述;针对目前勾调研究、实施的难点,从研究者与企业两个角度总结了现阶段的不足,并对未来的改进方向进行了展望。

**关键词:**白酒勾调;勾调工艺;自动化;配方建模;研究进展

**Abstract:** The article briefly describes the blending process and its importance in the production process of Baijiu, and elaborates on the current status of the application of blending recipes, automation control, computers and other technologies in the blending of Baijiu; addresses the current difficulties in blending research and implementation, summarises the shortcomings at this stage from both the researcher's and the company's perspectives, and provides an outlook on future directions for improvement.

**Keywords:** baijiu blending; blending process; automation; recipe modelling; research progress

中国白酒,又称中国蒸馏酒<sup>[1]</sup>,因其独特的固法酿造工艺闻名于全世界,备受消费者喜爱。白酒的勾调包含勾兑与调味两项操作,对白酒的生产意义重大。勾调是基酒等原料酒转化为商品白酒关键步骤,直接影响成品白酒的口感、风味等。

**基金项目:**四川省科技计划项目(编号:2021YFS0339);四川省科技成果转化示范项目(编号:2020ZHCG0040);五粮液集团—四川轻化工大学产学研合作项目(编号:HX2020034);四川省重大科技专项项目(编号:2018GZDZX0045)

**作者简介:**韩强(1987—),男,四川轻化工大学讲师,博士。  
E-mail: hanqiang1117@163.com

**收稿日期:**2021-04-19

白酒勾调主要是通过基酒、调味酒的适度配比,来达到协调酒体,丰满口感等目的。整个勾调操作中,基酒与调味酒的配比用量均是通过计算严格控制,否则会产生杂味,破坏酒体,无法成为合格白酒推向市场。传统的白酒勾调大多依赖勾调师的经验以及感官敏锐性,极易出现因感官疲劳造成的品质不稳定及经验难继承等缺陷。为提升勾调效率,保障白酒均质性,提出并推动了白酒勾调自动化,勾调配方数学模型的设计<sup>[2]</sup>、PLC勾调控制系统的搭建<sup>[3]</sup>、最优控制理论的融合<sup>[4]</sup>以及多功能勾调系统的实现<sup>[5]</sup>是其重要的组成部分。与传统白酒勾调相比,白酒品质的稳定性更好,勾调效率大幅提升,整个生产、管理也更加系统化。

文章拟阐述白酒勾调自动化的技术分类、技术特点以及优缺点,总结勾调自动化在白酒生产中的研究进展以及相较传统勾调存在的优势,提出了现阶段勾调自动化存在的问题,并对白酒勾调的未来发展进行展望,旨在为白酒智能化生产提供参考依据。

### 1 白酒勾调工艺概述

在白酒的生产过程中,从最初酿造得到的原酒,陈熟后的基酒到最终形成消费产品的成品酒,勾调是必要过程,然而在许多非从业者的眼中,对勾调与勾兑的区分没有明显的界定,在实际的生产应用中勾调包含了勾兑<sup>[6]</sup>。白酒的勾兑主要强调的是基酒与基酒间的混合,形成一种风格更协调、酒体更丰满的半成品酒液,而白酒的勾调是勾兑与调味两种工艺的复合体,其本质是一种“舌尖上的艺术”,注重的是基酒与基酒协调融合,调味酒对基酒的微妙修饰,以此来达到“色(颜色,视觉)”“香(香气,嗅觉)”“味(味道,味觉)”“格(风格,综合)”的协调与平衡<sup>[7-8]</sup>,实现成品白酒生产品质的均质化<sup>[9]</sup>。

在白酒的勾调操作中主要分为基础酒的组合、调味酒的组合、调味酒与混合基酒的组合 3 个部分。白酒基酒<sup>[10]</sup>,也称原浆酒,是酿造生产的新酒仅通过入库陈熟而未经其他操作的原始酒液,待酒体稳定后方可进入下一个环节。基酒的组合即为原浆酒经过加浆水降度或升度,再进行初级组合和掺兑,使得品质上能够达到某种等级酒标准的基础酒液。调味酒,是运用独特工艺生产的汇聚各种特点的精华酒,极其珍贵,在很多企业中都将其视为核心机密。在整个勾调过程中,调味主要起画龙点睛的作用,且单一的一种调味酒无法满足调味需求,往往需要多种高质量的调味酒共同完成某种白酒的调味工作,以此来达到协调、丰富成品白酒各种特点的目的,呈现一加一大于二的效果。

白酒勾调中的勾兑与调味两个操作,在实际的生产过程中,都会经历从小样试验到批量生产的过程。通常情况下,勾调主要依靠勾调大师对各种基酒风味成分的认知情况,再结合自身的感官经验<sup>[11-12]</sup>,勾调经验先进行酒体设计<sup>[13-15]</sup>,初步得出各种参调酒的用量比例,再选择合适的调味酒与之混合形成勾调小样,此过程称之为小样勾调。勾调小样再结合品酒师的感官品评经验对勾调原料的参比用量及调味酒进行微调,直至达到预设的白酒品质既定目标。大样勾调是达标后的勾调小样进行同比例放大的操作过程,是成品白酒进行批量生产的前提。白酒勾调工艺流程及技术应用分区如图 1 所示。

## 2 白酒勾调自动化的发展

在自动化、智能化极速发展的大背景下,国家也将工业 4.0 纳入了新时代的战略布局中,越来越多的行业为积极响应国家的号召大力发展自动化,稳步推进智能化,白酒行业亦是如此。从初始的人工酿造到现在的自动化酿造生产线,极大地节省了劳动力支出,生产效率显著提升。但是,要想推动实现白酒生产全链自动化、智能化,

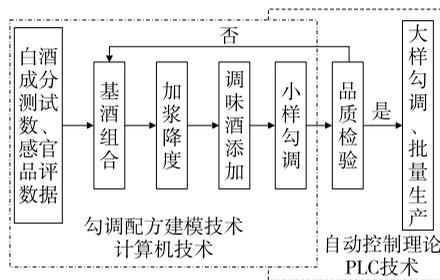


图 1 白酒勾调工艺流程及技术应用分区  
Figure 1 Baijiu blending process and technology application partition

勾调的自动化是必备环节。在推动勾调自动化过程中,因需兼顾的外部因素较多,进展相对缓慢,到目前为止,主要的研究方向有勾调配方建模、PLC 自动控制、勾调系统以及最优控制理论等的应用。

### 2.1 白酒勾调配方建模在白酒勾调中的应用

在勾兑、调味的过程中,当混合酒液中酯类、醇类、醛类、酸类比例合适时,才能够产生独特而优美的香气,形成特定的风格,反之则会产生杂味,无法满足成品白酒的品质要求<sup>[16-17]</sup>。因此,配方模型的建立是必要的。白酒勾调配方建模是在大量的白酒数据基础之上进行的,其中主要包括白酒风味物质含量与感官品评理化数据,建模的过程是白酒生产数值化的体现,为实现白酒勾调自动化提供数据与理论支撑。主要的建模方法如表 1 所示。

白酒勾调专家在配方建模过程中需进行酒体设计、小样试验,其涉及大量的溶液(基酒)混合计算,吕浩<sup>[18]</sup>以 95%vol 酒精为基准,建立简捷的基础数据表,主要包含酒精度,加浆量,升、降度以及风味物质含量的计算,能够有效提升配方建模的效率。配方模型的建立目的是依据既定目标得到参调酒的用量比例,别文群<sup>[19]</sup>基于基础酒

表 1 常见配方建模方法

Table 1 Common formulation modelling methods

建模方法	数据基础	建模方法	数据基础
线性规划法	参兑数量	神经网络+线性规划	微量风味物质含量
	微量元素含量		原料单价
	原料单价		专家经验量化数据
目标规划法	微量风味物质含量	神经网络+目标规划	白酒品质数据
	原料单价		微量风味物质含量
	专家经验量化数据		原料单价
模糊线性规划法	微量风味物质含量		专家经验量化数据
	原料单价		感官理化数据
	专家经验量化数据		

的参兑数量、用量(质量)以及微量元素含量建立线性规划配方模型,输出的配方数据经操作人员等检验,与原始配方比较接近,但存在局限,无法推广运用。李慧玲等<sup>[20]</sup>针对常规的线性规划配方模型提出了混合整数线性规划解决方案,该方案采用分层求解策略结合队列竞争算法使得参与勾调的整坛数由0上升至31,总坛数由60下降至34,在原料成本基本不变的情况下,有效提高了存储空间利用率,降低了库存,操作等费用。李家明<sup>[21-22]</sup>将模糊数学理论引入勾调配方建模的过程中,将成本、目标酒风味物质含量等处理作为约束条件,并与线性规划、目标规划配方模型进行对比,其中线性规划的最优解是满足所有约束条件的最低成本配方、目标规划的最优解是求偏离所有约束条件值为最小的白酒勾兑配方、模糊线性规划的最优解是满足弹性约束条件的最低成本配方,结果表明,基于模糊线性规划的配方模型更加合理,其能通过设定弹性浮动区间来调整配方,所得配方数据更加接近原标准的配方,且成本最低。

随着人工智能技术的高速发展,越来越多的行业开展了关于人工智能方面的研究与应用,并且取得了较为理想的结果<sup>[23]</sup>,基于人工智能技术的勾调配方模型是白酒勾调未来的主要研究方向。李志民<sup>[24]</sup>通过线性规划建立配方模型,并基于酒理化指标与质量数据建立BP神经网络,对依据配方模型勾调的白酒进行品质检测,试验证明,能够实现配方建模与模型评估的一体化,但与神经网络的融合不够深入,与智能化勾调存在差距。张东升<sup>[25]</sup>针对目标规划配方模型中微量成分含量及比例关系不易达到或接近其目标值而需多次调整的缺点,建立基于色谱数据,香、味评分的BP网络模型,有效减少了目标规模模型调整的次数。黄晓峰等<sup>[26]</sup>利用人工神经网络方法对目标规划算法进行改进,选取成品酒理化指标向量与“优先因子”权系数(理化数据优先等级权系数)作为模

型的训练样本,建立三层前向BP网络训练模型,通过训练得到的最优“优先因子”结合多目标配方模型得出最优的白酒勾调配方解,仿真结果证明,该方法可提高勾兑成功率至98%,降低了勾兑成本6%,规避了目标规划配方模型难以应用的缺点。

勾调配方模型的研究方法较多,各有优劣,其中采用传统数学方法建立的配方模型因使用简单、便捷应用较广,结合神经网络的配方模型精度更高,性能更强,但均处于实验室研究状态,无实际应用。不同方法建立配方模型的详细对比如表2所示。

## 2.2 PLC技术及自动控制理论在白酒勾调中的应用

近年来,物联网、自动化等技术的发展及应用趋于成熟,使用机器设备代替传统人工完成相关工作是整个生产制造业未来的发展趋势,在白酒的生产过程中的部分环节,已然实现了机械化、自动化,白酒勾调自动控制主要体现在大样勾调、批量生产上<sup>[27]</sup>,具体的应用方式如表3所示。

勾调效率,精度以及稳定性是自动化技术应用的主要提升目标,郑志华等<sup>[28]</sup>采用RS485通信线路+Modbus协议为基础的测量控制系统,有效地消除了大样勾兑的偏差,确保了成品酒勾兑批次间的稳定性。徐劲松等<sup>[29]</sup>采用研华公司的ADAM-4以刀系列数据采集和控制模块,组成了一个集散式的SR-485工业控制网络,对白酒的勾兑、过滤、拾送、生产产量统计等生产过程进行自动控制,一次勾兑成功率由以前的75%提升到95%以上。姜凤春<sup>[30]</sup>把微机自动化勾调系统应用在白酒的生产中,使得勾调的精确度可达95.5%,产品的合格率达到了100%,且勾调的效率显著提升。傅峙东<sup>[31]</sup>基于Siemens S7-300 PLC设计的白酒勾兑自动控制系统具有数据管理,现场监控以及故障记录等功能,在实际的应用中白酒勾兑成功率大大提高,产品品质更加稳定,合格率达

表2 多方法建立勾调配方模型优劣对比

Table 2 Comparison of the advantages and disadvantages of multiple methods for building a check-sum formula model

建模方法	核心点	共同点	约束类型	优点	局限性
线性规划	约束条件		硬约束	简单、便捷 成本最低	易出现配方无解 目标间易矛盾 约束条件缺乏弹性
目标规划	目标物质 权重	目标函数:所调酒 价格 约束条件:基酒,目标	软约束	成本与微量成分要求平衡 按需设计	目标权重取决于勾兑人员 经验 约束条件不严谨
模糊线性 规划	约束条件的 伸缩量	酒风味物质含量	软约束	平衡成本、设计要求等多 方需求 配方调整便捷	目标伸缩量取决于勾兑人员 经验
神经网络结 合目标规划	目标物质权 重寻优		软约束	神经网络自学习能力 配方最优化	仅处于实验室阶段,暂无实际 应用

表 3 自动控制技术在白酒勾调中的应用方式

Table 3 Ways in which automatic control technology is used in the blending of white wine

常用技术	应用方式
PLC(RS485 + Modbus)	构建测量控制系统,以降低大样勾兑误差为目的
PLC(Profibus)	构建多功能勾兑系统,提升勾兑成功率
PLC(Profinet)	设计勾调自动控制系统,以提升效率为目的
模糊控制	与 PLC 结合,有效降低误差,提升系统可靠性

100%,提高功效 5 倍以上。白酒勾调自动化除了实现自动控制外,还需考虑精度、安全以及清洁等因素。谢永文等<sup>[32]</sup>在传统的控制系统中加入了酒罐余量温度自动补偿、白酒生产过程中的管道余酒双向清理、白酒自动勾兑多管线复合利用等多项技术,并应用了 Profibus 总线技术,实现了生产过程数据网上实时查询、实时控制,应用效果显示,该系统将勾兑一次成功率提高到 98% 以上,勾调车间干净整洁,生产有序,且管道余酒被完全清除,在避免酒体流失的同时,有效地减少了火灾安全隐患。景成魁等<sup>[33]</sup>以 Profinet 总线技术和以太网技术为基础,以西门子公司的 S7-400 可编程控制器作为主控设备,结合实际生产工艺设计勾调自动控制系统,实现了年最大勾调能力可达 20 万 t,一次成型率高达 98% 以上,同等生产能力的情况下,人力成本下降 45%,还对收、存、勾、滤、发全过程的实时监控,保障了生产安全。为了提高生产效率、降低损耗,勾调工艺管路具有通用性和灵活性是很有必要的,杨团元等<sup>[34]</sup>依据工艺要求,对罐区分区,构成相对独立的勾兑单位,实现罐区之间各种功能的罐体可以跨区域任意连通,灵活调度,满足生产实际中特殊勾调要求的需要,借用过滤管路、勾兑管路、软水管路等工艺管路等,实现通过引水、顶水等工艺步骤,提高了勾调的精度。基于 PLC 建立的自动控制系统在白酒勾调中运用较多,很大程度上提高了产能,但与勾调配方模型的结合力度不够,无法实现真正意义上的一键勾调。

控制算法与控制系统的联合是进一步提升勾调精度,保障产品品质的有效措施。控制算法具有时滞性、非线性、控制无超调等特点,先进的控制算法可以带来极好的控制效果以及较强的鲁棒性与稳定性。王明歆<sup>[35]</sup>将模糊-PI-Smith 控制算法应用于白酒勾调控制系统中,相较于传统的 PID 等经典控制算法,此方法不仅在响应速度和鲁棒性上有一定程度的提升,控制效果也更具优势。夏恒志<sup>[36]</sup>将模糊控制与 PLC 相结合,既保留了 PLC 控制系统可靠、灵活等特点,又提高了控制系统的智能化程度,结果表明,该系统可获得更好的性能指标。控制算法

在白酒勾调领域应用极少,其对控制勾调精度的作用是显著的,如管道流量精确控制等,值得后期深入研究。

### 2.3 计算机技术在白酒勾调中的应用

计算机技术与白酒勾调领域的融合已经历了几十年的发展,从最开始的优化计算到现阶段的系统搭建,对推动勾调智能化、自动化发展有着重要意义<sup>[37-38]</sup>。勾调系统是计算机技术与白酒勾调结合后的主要产物,曾黄麟等<sup>[40]</sup>和张良等<sup>[41]</sup>通过白酒理化指标与感官指标,结合遗传算法建立组合优化辅助系统,经生产应用可知,该系统能够切实可行地对白酒组合调味过程进行准确计算和最优控制。马增良等<sup>[42]</sup>基于 B/S 的软件架构,采用 Net 开发平台设计了勾调生产管理系统,增强了人机交互的可行性,缩短决策和信息传递周期,对生产效率有明显的促进作用。刘淑玲等<sup>[43]</sup>使用 VB.NET、SPSS 等工具,结合聚类分析、遗传算法等人工智能的研究方法,建立了一套利用计算机技术辅助实现白酒勾兑与调味、评价的生产管理系统,通过系统自身的不断学习与总结,实现了科学评判酒质,保障白酒品质。王莹莹<sup>[44]</sup>基于 web 建立了白酒勾兑优化及库存管理系统,集成库存管理、优化计算以及调味选酒,形成了白酒生产过程中从原酒到成品酒的一整套流程,试验证明该系统对生产管理、品质把控作用显著。张荣欣<sup>[45]</sup>利用 Powerbuilder 和 Matlab 结合在白酒勾兑技术方面创建了包括酒库管理、检验管理、配方设计、调味控制、系统管理 5 个模块的应用系统,实现了勾兑信息管理、配方设计与控制、数据备份等功能,能够满足大部分生产所需。

随着时间的推移,基于计算机技术建立的白酒勾调系统从初始的单一功能到现在的整合整个勾调工艺于一体,充分满足了企业在白酒生产中的具体需求,但目前此类系统在实际的应用中报道较少,大多仍处于试验研究阶段,普适性不高,未见广泛推广。

## 3 总结与展望

通过对白酒勾调自动化技术的研究总结,到目前为止对于白酒勾调配方模型的研究较少,大部分是基于传统的数学方法进行的,仅有少部分与人工智能技术有初步的结合,且在实验室环境下所呈现的效果较好。对于白酒勾调系统的相关研究较多,大多以提升勾调效率为目标,主要集中于 PLC 控制技术、传感器技术、物联网技术以及计算机技术等多技术融合的勾调控制系统的研究。此类研究相较传统勾调而言勾调效率大幅提升,但与勾调配方的联合还不够,未能实现白酒勾调网络化,全自动化。

随着人工智能技术,物联网技术等快速发展与成熟应用,白酒勾调技术也由传统的经验型向现代的科学型进行转变。白酒勾调智能自动化系统的建立是整个勾调领域的发展趋势。针对目前勾调研究存在的问题与不足,实现智能自动化勾调可结合的技术有:

(1) 大数据勾调技术:结合指纹图谱技术,建立白酒基酒数据库,并采用大数据方法对白酒基酒进行质量评价,为后续的勾调提供优良酒质保障。利用数理统计方法,人工智能技术建立白酒图谱的数学模型,完善白酒质量检验鉴定技术标准,实现对感官指标数字化与可视化,建立有效的白酒品质的评价机制,实现白酒质量指标追溯管理和质量信息平台。

(2) 白酒专家系统:在白酒的勾调过程中,所涉及到的技术大多与勾调专家、品酒师的经验与感官密切相关,其存在的主观性较强,不易理化等特点是白酒勾调发展缓慢的主要原因。在各个酒企的实际生产应用中,迫切希望勾调自动化技术能够广泛推广,以此来提升成品白酒的生产效率,加强白酒品质的稳定性,但现存的白酒勾调自动化技术实用率不高,不能达到设计时的理想效果,无法满足白酒生产的实际要求,且普适性不强。白酒专家系统主要是将感官经验与理化指标模型进行有机结合,有效规避因感官疲劳,经验难保留等造成的品质不稳定问题。

(3) 流量精确控制系统:流量精确控制是白酒勾调批量生产中难题,在白酒勾调中管道中的残余量在白酒勾调生产中无法避免,从而造成勾调生产中的小样和批量之间的误差。流量精确控制系统将先进的控制算法与控制器结合,减少或清除管道内残留,进一步缩小误差。

(4) 智能管控追溯平台:结合工业物联网技术,将以上所述的基酒数据库、专家系统以及控制系统结合起来,实现勾调操作全链路的数字化与可视化,可实现白酒生产的追溯功能,达到订单到包装交付的一体化流程。

### 参考文献

- [1] 张书田. 中国蒸馏酒的起源和发展[J]. 酿酒科技, 2008(1): 115-116.  
ZHANG Shu-tian. The origin and development of distilled spirits in China[J]. Brewing Science and Technology, 2008(1): 115-116.
- [2] 李家明. 应用模糊数学理论创建蒸馏酒勾兑新方法[J]. 酿酒科技, 2000(4): 19-20.  
LI Jia-ming. Application of fuzzy mathematical theory to create a new method for distilled spirits blending[J]. Brewing Technology, 2000(4): 19-20.
- [3] 曾慧敏, 谭飞, 陈再秀, 等. 基于 PLC 的白酒勾兑控制系统设计[J]. 新校园(上旬), 2016(10): 80-81.  
ZENG Hui-min, TAN Fei, CHEN Zai-xiu, et al. Design of PLC-based white wine blending control system [J]. New Campus (Upper), 2016(10): 80-81.
- [4] 李磊. 白酒勾兑中的自动化控制系统应用[D]. 济南: 齐鲁工业大学, 2015: 22-44.  
LI Lei. Application of automatic control system in white wine blending[D]. Jinan: Qilu University of Technology, 2015: 22-44.
- [5] 海超. 谈陈贮、勾调、品评信息化管理系统的开发与应用[J]. 酿酒, 2019, 46(2): 24-26.  
HAI Chao. Talking about the development and application of information management system for aging storage, blending and tasting[J]. Brewing, 2019, 46(2): 24-26.
- [6] 李大和. 白酒勾兑调味的技术关键[J]. 酿酒科技, 2003(3): 29-33.  
LI Da-he. Technical keys to blending and seasoning of white wine[J]. Brewing Technology, 2003(3): 29-33.
- [7] 隋明, 张崇军, 张凤英, 等. 白酒质量控制技术的研究进展[J]. 食品工程, 2018(4): 8-10.  
SUI Ming, ZHANG Chong-jun, ZHANG Feng-ying, et al. Research progress of quality control technology of white wine[J]. Food Engineering, 2018(4): 8-10.
- [8] 程劲松, 李春扬. 白酒质量控制技术的研究进展[J]. 食品安全质量检测学报, 2014, 5(7): 2 248-2 262.  
CHENG Jin-song, LI Chun-yang. Research progress of quality control technology for white wine[J]. Journal of Food Safety and Quality Inspection, 2014, 5(7): 2 248-2 262.
- [9] 张国强. 白酒勾兑一词谈[J]. 酿酒, 2019, 46(4): 4-6.  
ZHANG Guo-qiang. The term white wine blending talk[J]. Brewing, 2019, 46(4): 4-6.
- [10] 严国兵. 浅析浓香型新型白酒的勾兑与感官[J]. 现代食品, 2020(19): 59-61.  
YAN Guo-bing. Analysis of the blending and sensory of new types of strong fragrant white wine[J]. Modern Food, 2020(19): 59-61.
- [11] 王丽花, 郑福平, 高晓娟, 等. 白酒风味成分与感官评价的研究进展[J]. 中国酿造, 2020, 39(8): 7-12.  
WANG Li-hua, ZHENG Fu-ping, GAO Xiao-juan, et al. Research progress on flavor composition and sensory evaluation of white wine[J]. China Brewing, 2020, 39(8): 7-12.
- [12] 栗永清. 中国白酒感官品评方法的的诞生、完善与进步[J]. 酿酒, 2018, 45(6): 4-7.  
LI Yong-qing. The birth, refinement and progress of sensory tasting methods for Chinese liquor[J]. Brewing, 2018, 45(6): 4-7.
- [13] 张治刚, 王永亮. 论白酒酒体创新设计与开发[J]. 中国酿造, 2019, 38(7): 205-208.  
ZHANG Zhi-gang, WANG Yong-liang. On the innovative design and development of liquor bodies[J]. China Brewing, 2019, 38(7): 205-208.
- [14] 朱金玉, 解成玉, 李玉英. 白酒酒体的结构分析与设计原则[J]. 酿酒科技, 2016(11): 83-84.  
ZHU Jin-yu, XIE Cheng-yu, LI Yu-ying. Structural analysis and design principles of liquor body of white wine[J]. Brewing Science and Technology, 2016(11): 83-84.
- [15] 赵德义, 刘淑玲. 低度浓香型白酒酒体数字化模型设计[J]. 酿酒科技, 2018(6): 95-99.  
ZHAO De-yi, LIU Shu-ling. Digital model design of low strong spiced white wine[J]. Brewing Science and Technology, 2018(6): 95-99.
- [16] 王忠彦, 尹昌树. 白酒色谱骨架成分的含量及比例关系对香型和质量的影响[J]. 酿酒科技, 2000(6): 93-96.  
WANG Zhong-yan, YIN Chang-shu. Influence of the content and proportional relationship of chromatographic skeletal components

- on the aroma and quality of white wine[J]. *Brewing Science and Technology*, 2000(6): 93-96.
- [17] 张国强. 传统中国白酒酒体设计与主流白酒市场酒体质量风格[J]. *酿酒*, 2014, 41(6): 7-14.  
ZHANG Guo-qiang. Traditional Chinese liquor body design and body quality styles in the mainstream liquor market[J]. *Brewing*, 2014, 41(6): 7-14.
- [18] 吕浩. 白酒勾兑的一种便捷计算方法[J]. *酿酒科技*, 2008(12): 75-76.  
LU Hao. A convenient calculation method for blending white wine[J]. *Brewing Technology*, 2008(12): 75-76.
- [19] 别文群. 微型计算机在白酒勾兑中的应用[J]. *襄樊学院学报*, 1999(2): 64-68.  
BIE Wen-qun. Application of microcomputer in liquor blending[J]. *Journal of Xiangfan College*, 1999(2): 64-68.
- [20] 李慧玲, 鄢烈祥, 史彬. 白酒勾兑的优化模型与求解[J]. *武汉理工大学学报(信息与工程版)*, 2008(3): 398-401.  
LI Hui-ling, YAN Lie-xiang, SHI Bin. Optimization model and solution of white wine blending[J]. *Journal of Wuhan University of Technology (Information and Management Engineering Edition)*, 2008(3): 398-401.
- [21] 李家明. 应用模糊数学理论创建蒸馏酒勾兑新方法(续)[J]. *酿酒科技*, 2000(5): 17-20.  
LI Jia-ming. Application of fuzzy mathematical theory to create a new method for distilled spirits blending (continued)[J]. *Brewing Technology*, 2000(5): 17-20.
- [22] 李家明. 应用模糊数学理论创建蒸馏酒勾兑新方法(续二)[J]. *酿酒科技*, 2000(6): 17-20.  
LI Jia-ming. Application of fuzzy mathematical theory to create a new method for distilled spirits blending (continued from II)[J]. *Brewing Technology*, 2000(6): 17-20.
- [23] 黄余, 张永桥. BP 神经网络用于白酒风格特征确定算法研究[J]. *科技展望*, 2015, 25(17): 268.  
HUANG Yu, ZHANG Yong-qiao. Research on BP neural network for style determination algorithm of white wine [J]. *Science and Technology Outlook*, 2015, 25(17): 268.
- [24] 李志民. 基于神经网络的酒体勾兑系统的研究与开发[D]. 太原: 中北大学, 2006: 38-53.  
LI Zhi-min. Research and development of a neural network-based wine blending system[D]. Taiyuan: North Central University, 2006: 38-53.
- [25] 张东升. 基于神经网络的智能白酒勾兑网络系统[D]. 青岛: 山东科技大学, 2004: 23-45.  
ZHANG Dong-sheng. Neural network-based intelligent white wine blending network system[D]. Qingdao: Shandong University of Science and Technology, 2004: 23-45.
- [26] 黄晓峰, 杨丽明, 蔡梦萍, 等. 基于神经网络的白酒勾兑目标规划算法优化[J]. *食品工业科技*, 2013, 34(5): 130-133.  
HUANG Xiao-feng, YANG Li-ming, CAI Meng-ping, et al. Optimization of neural network-based target planning algorithm for white wine blending[J]. *Food Industry Science and Technology*, 2013, 34(5): 130-133.
- [27] 彭奎, 刘念, 潘建军, 等. 江西章贡酒业微机勾兑网络管理系统的开发[J]. *食品与发酵科技*, 2009, 45(1): 14-17.  
PENG Kui, LIU Nian, PAN Jian-jun, et al. Development of a microcomputer blending network management system for Jiangxi Zhanggong wine industry[J]. *Food and Fermentation Science and Technology*, 2009, 45(1): 14-17.
- [28] 郑志华, 侯延臣, 刘智远. 白酒生产自动化之勾兑自动计量系统的建立[J]. *酿酒*, 2016, 43(1): 87-89.  
ZHENG Zhi-hua, HOU Yan-chen, LIU Zhi-yuan. Establishment of automatic metering system for blending of white wine production automation[J]. *Brewing*, 2016, 43(1): 87-89.
- [29] 徐劲松, 汪东平, 董为云. 一种集散控制的白酒勾兑成型工控系统的设计[J]. *电子技术应用*, 1999(4): 39-40.  
XU Jin-song, WANG Dong-ping, DONG Wei-yun. Design of an industrial control system for liquor blending and molding with centralized control[J]. *Application of Electronic Technology*, 1999(4): 39-40.
- [30] 姜凤春. 浅谈微机自动化勾兑系统在白酒生产中的应用[J]. *酿酒*, 2004(3): 75-76.  
JIANG Feng-chun. The application of microcomputer automated blending system in liquor production[J]. *Brewing*, 2004(3): 75-76.
- [31] 傅峙东. 基于 Siemens S7-300 PLC 的白酒勾兑自动控制系统设计与实现[J]. *中国酿造*, 2008(12): 67-68.  
FU Zhi-dong. Design and implementation of a white wine blending automatic control system based on Siemens S7-300 PLC[J]. *China Brewing*, 2008(12): 67-68.
- [32] 谢永文, 李莉. 自动控制系统在白酒生产中的应用[J]. *酿酒科技*, 2007(9): 53-58.  
XIE Yong-wen, LI Li. Application of automatic control system in liquor production[J]. *Brewing Technology*, 2007(9): 53-58.
- [33] 景成魁, 陈枫, 李安军, 等. 自动化控制系统在白酒生产管理中的应用与研究[J]. *酿酒*, 2016, 43(4): 78-83.  
JING Cheng-kui, CHEN Feng, LI An-jun, et al. Application and research of automatic control system in liquor production management[J]. *Brewing*, 2016, 43(4): 78-83.
- [34] 杨团元, 吴方星, 黄燕荣, 等. 白酒勾兑工艺管路和自动控制系统的的设计与应用[J]. *酿酒科技*, 2010(10): 53-55.  
YANG Tuan-yuan, WU Fang-xing, HUANG Yan-rong, et al. Design and application of a pipeline and automatic control system for the blending process of white wine[J]. *Brewing Technology*, 2010(10): 53-55.
- [35] 王明歆. 白酒勾兑过程自控系统设计[D]. 天津: 天津大学, 2012: 24-38.  
WANG Ming-xin. Design of automatic control system for white wine blending process[D]. Tianjin: Tianjin University, 2012: 24-38.
- [36] 夏恒志. PLC 模糊控制器在白酒勾兑中的应用[J]. *科技信息(学术研究)*, 2008(15): 649-651.  
XIA Heng-zhi. Application of PLC fuzzy controller in white wine blending[J]. *Science and Technology Information (Academic Research)*, 2008(15): 649-651.

(下转第 231 页)