

基于活性炭吸附的酱香型白酒除浊脱杂及风味保留研究

陈雯雯 付晓萍 (通讯作者)

云南农业大学, 云南昆明, 650201;

摘要: 酱香型白酒酿造工艺复杂、风味物质丰富, 造就酱香突出、醇厚细腻风格。但基酒储存、降度勾调及低温运输时, 高级脂肪酸乙酯等物质易析出, 酿造及生产环节残留的硫化物等影响感官品质与商品价值。活性炭吸附技术是白酒工业主流除浊脱杂工艺, 但常规处理吸附选择性差, 易损耗主体酱香风味成分。本文基于活性炭吸附原理, 结合酒体成分特征, 探究作用机制, 分析工艺参数影响, 总结痛点问题, 优化精准吸附工艺方案, 实现高效除杂、除浊与风味保留协同, 为酱香型白酒精细化提质提供参考。

关键词: 活性炭吸附; 酱香型白酒; 除浊脱杂; 风味保留; 酒体纯化

DOI: 10.69979/3041-0673.26.02.113

引言

酱香型白酒是中国四大基础香型白酒之一, 采用独特高温工艺, 经多轮发酵、长期储存, 形成上千种风味物质体系, 风味复杂、香气持久, 有高饮用与市场价值。与浓香、清香型白酒相比, 其酒体粘稠度高, 高级脂肪酸酯等含量丰富, 这是酒体醇厚、回味悠长的原因, 也易导致低温浑浊等质量问题。白酒工业化生产中, 原酒降度等工序必不可少, 降度后会形成浑浊沉淀, 影响外观; 酿造杂质会降低口感。目前白酒除浊脱杂技术主要包含冷冻过滤、膜过滤、淀粉吸附、活性炭吸附等方式, 其中冷冻过滤能耗高、设备投入大, 膜过滤易造成风味大分子截留损失, 淀粉吸附除杂不彻底、易残留辅料异味。而活性炭吸附技术成本低廉、操作便捷、除浊脱杂效率高, 适配规模化白酒生产, 被广泛应用于各类白酒的纯化提质工序。但酱香型白酒风味体系独特, 对吸附工艺精度要求极高, 传统粗放式活性炭处理会无差别吸附酒体中的酱香主体酯类、芳香类物质, 导致酒体酱香减弱、口感单薄、层次感缺失, 破坏酱香型白酒典型风格。因此, 探究精准可控的活性炭吸附工艺, 平衡除浊脱杂效果与风味保留效果, 解决“除杂易、保香难”的行业痛点, 对提升酱香型白酒成品品质、稳定产品质量、推动产业精细化发展具有重要的现实意义。

1 酱香型白酒浑浊与杂质成因分析

1.1 酒体浑浊核心成因

酱香型白酒的浑浊现象主要分为低温可逆浑浊与长期储存沉淀两种类型, 核心诱因是高级脂肪酸乙酯的析出, 其中棕榈酸乙酯、油酸乙酯、亚油酸乙酯是主要致浊物质。这三类长链酯类是构成酱香醇厚口感的重要

物质, 但溶解度随酒精度、温度变化波动极大。当白酒酒精度降至 53 度以下, 或环境温度低于 10℃时, 三类酯类溶解度急剧下降, 从均匀酒体中析出微小晶体, 悬浮于酒液中, 使酒体呈现乳白色浑浊。同时, 酒体中微量的蛋白质、果胶、淀粉胶体大分子, 在降度、低温环境下稳定性下降, 发生絮凝聚集, 进一步加剧浑浊与沉淀现象, 是酒体失光、浑浊的次要诱因。

1.2 酒体异杂杂质来源及危害

酱香型白酒中的有害杂质与异味物质主要来源于酿造、储存、加工全流程。原料蒸煮、高温发酵过程中会产生糠醛、乙醛、硫化物等刺激性物质, 使酒体带有焦苦味、辛辣味、闷杂味; 发酵工艺控制不当会导致杂醇油超标, 引发入口苦涩、上头等问题; 储存过程中酒体轻微氧化、容器微量溶出, 会产生异味杂质。此类杂质含量虽微, 但对白酒感官品质影响极大, 不仅破坏酱香纯正度, 还会降低酒体纯净度, 影响产品品级与市场口碑, 必须通过纯化工艺精准去除。

2 活性炭吸附除浊脱杂的作用机理

活性炭是具备发达微孔、中孔结构的多孔炭质吸附材料, 比表面积大、吸附能力强、化学稳定性好, 适配白酒液相纯化处理。其吸附作用主要分为物理吸附与化学吸附双重机制, 可针对性实现除浊脱杂、除味提质。物理吸附依托活性炭丰富的孔隙结构, 根据分子粒径差异实现筛分吸附, 致浊的长链脂肪酸酯、胶体微粒、大分子杂质粒径较大, 可被活性炭孔隙有效截留吸附; 而构成酱香主体风味的小分子酯类、芳香物质粒径更小, 合理控制工艺可实现选择性保留。化学吸附依托活性炭表面的含氧官能团, 与酒体中的硫化物、醛类、有机酸

异味物质发生结合反应,有效去除异杂味、刺激性物质,优化酒体口感。

对于酱香型白酒而言,活性炭吸附的核心优势是可同步实现除浊、脱杂、除味、催陈多重效果,在去除大分子致浊杂质与有害异味物质的同时,加速酒体微量物质的氧化重组,促进酒体老熟柔和。但常规粉末活性炭、颗粒活性炭孔隙分布无差异化,缺乏吸附选择性,会同步吸附酱香特征风味物质,造成风味损耗,这也是工艺优化的核心突破口。通过筛选适配孔径的活性炭、控制投加量、吸附时间与温度,可实现“大分子杂质去除、小分子风味保留”的精准吸附效果。

3 活性炭吸附工艺参数对除浊效果与风味的影响

3.1 活性炭种类的影响

目前白酒生产常用活性炭分为粉末活性炭、颗粒活性炭与改性活性炭三类,不同品类吸附效果差异显著。普通粉末活性炭吸附速度快、孔隙密集,除浊效果最优,但吸附无选择性,风味物质损耗严重,易导致酱香变淡、口感单薄;颗粒活性炭吸附速率平缓、选择性相对较好,风味保留效果优于粉末炭,但对细微胶体杂质去除不彻底,低温复浊风险较高;改性活性炭通过表面改性调控孔隙结构与官能团,可精准吸附大分子致浊杂质与异味物质,最大程度保留酱香小分子风味物质,是适配酱香型白酒纯化的最优材料。试验表明,改性活性炭处理后的酒体澄清透亮,无低温复浊现象,且酱香纯正、层次感完整,感官品质最优。

3.2 投加量与吸附时间的影响

活性炭投加量是决定除杂效果与风味损耗的关键参数。投加量过低,大分子致浊杂质、异味物质无法完全吸附去除,酒体仍存在轻微浑浊、杂味残留;投加量过高,过度吸附会大量消耗主体风味酯类、芳香物质,破坏酱香风格。适配酱香型白酒的最优投加比例为0.03%~0.05%,既能彻底去除致浊物质与异杂杂质,又可最大限度保留风味成分。吸附时间同样存在最优区间,吸附时间过短,吸附反应不充分,除浊脱杂不彻底;时间过长,会引发二次吸附,造成风味流失。结合生产试验,恒温静置吸附24~36小时为最佳区间,除杂效果稳定,风味损耗极低。

3.3 吸附温度的影响

温度直接影响活性炭吸附活性与酒体物质稳定性。低温环境下,致浊大分子脂类析出充分,活性炭吸附靶

向性更强,除浊效果更好,且低温可抑制风味物质挥发与过度吸附,利于风味保留;高温会降低活性炭吸附选择性,加速小分子风味物质挥发损耗,同时易引发酒体成分氧化,产生新的异味。因此酱香型白酒活性炭纯化适宜控制温度在10~15℃,可实现除浊效率与风味保留的双向平衡。

4 当前活性炭工艺应用存在的核心问题

4.1 吸附选择性差,风味损耗严重

多数中小酒厂仍采用普通未改性活性炭开展纯化处理,无差异化的吸附方式在去除杂质的同时,大量吸附乙酸乙酯、己酸乙酯、芳香烃等酱香核心风味物质,导致成品酒酱香减弱、香气沉闷、口感单薄,丧失酱香型白酒醇厚、回味悠长的典型特征,严重影响产品品质稳定性。

4.2 工艺参数粗放,标准化程度低

实际生产中普遍存在工艺管控粗放的问题,未根据基酒轮次、酒精度、浑浊程度差异化调整活性炭投加量、吸附时间与温度,统一采用固定工艺处理所有酒体。部分企业为追求极致澄清效果,盲目加大活性炭用量、延长吸附时间,造成批量酒体风味受损,产品品质参差不齐。

4.3 后处理不完善,存在二次污染风险

活性炭吸附完成后,过滤不彻底会导致微量炭粉残留于酒体中,使酒体出现轻微炭味、沉闷味,影响感官体验。同时废弃活性炭吸附大量有害杂质,若回收处理不当,易造成酒体二次污染,且缺乏工艺复盘与品质检测机制,无法精准把控除杂与保香效果。

5 优化活性炭吸附工艺、实现除浊脱杂与风味保留的策略

5.1 优选高性能改性活性炭,显著提升吸附选择性

针对酱香型白酒的纯化需求,特别筛选并应用孔径可精确调控、表面经过专门化学或物理改性的白酒专用活性炭产品。通过精心调控活性炭的微孔、中孔及大孔分布结构,实现对酒体中大分子致浊胶体物质、长链脂肪酸乙酯等酯类成分以及各类异味杂质的精准识别与高效截留,同时确保小分子酱香特征风味物质(如易挥发的芳香化合物)得以最大程度保留。明确禁止使用非食品级或工业级普通活性炭,从根本上避免因材料吸附特性宽泛而导致的过度吸附问题,从而在材料科学层面确保工艺能够达成“去除杂质同时保护香气、消除浑浊

同时保持风味”的精准纯化目标。

5.2 构建差异化与标准化相结合的工艺体系

依据酱香型白酒生产过程中产生的不同轮次基酒（如一轮次、三轮次、七轮次等）的特性差异、不同酒精度降度梯度（如从高度原酒降至53度、43度等）以及酒体实际浑浊程度的不同等级，系统性地制定与之相匹配的差异化吸附处理工艺方案。对于仅呈现轻度浑浊或杂质含量较少的酒体，采用较低活性炭投加量与较短吸附时间的温和工艺；而对于浑浊严重、胶体或杂质含量高的酒体，则采用分阶段、分批次投加活性炭的渐进式吸附方式，有效避免一次性过量投加可能引起的风味物质损失。同时，严格将吸附过程的温度参数控制在10℃至15℃的低温区间，吸附总时长规范在24小时至36小时范围内，通过统一关键工艺操作标准，确保大规模批量化生产时产品品质的高度一致性。

5.3 系统优化吸附流程并完善后续处理工艺

摒弃传统的一次性将全部活性炭投入酒体的粗放方式，创新采用分次投加、浓度梯度变化的吸附操作模式。此模式能够使活性炭与酒体接触更充分、吸附作用力分布更均匀，从而提升对目标杂质的选择性吸附效率。在吸附工序完成后，实施包含多级精密过滤（如板框过滤、膜过滤等）的后续处理流程，彻底去除酒体中可能残留的细微活性炭粉末，完全杜绝因炭粉残留引入的异杂味（炭味）对酒体风味的干扰。此外，建立健全成品酒体的综合检测机制，从物理外观的澄清晰度与透光率、专业感官品评的风味与口感表现、以及关键理化指标（如总酯、总酸、高级醇含量等）三个维度进行全面检测与评估，最终确保酒体达到浑浊彻底消除、杂质含量符合标准、原有酱香风味纯净突出的高品质要求。

5.4 加强全流程工艺管控与定期品质复盘分析

建立覆盖从原料（活性炭）入库到成品酒出厂的完整生产过程数据台账制度，详细记录每批次处理所使用的活性炭具体型号与规格、精确投加量、吸附过程维持的温度、实际吸附时长以及酒体在处理前后关键指标（如浊度、风味成分色谱数据等）的变化情况。定期（如每月或每季度）组织技术团队开展生产工艺复盘分析会议，结合当期产品的感官品评结果与实验室理化检测数据报告，对现有工艺参数的实际效果进行科学评估与诊断，并据此进行动态调整与优化，持续提升纯化工艺的精准性与可靠性。通过这种持续改进机制，最终形成一套高度标准化、管理精细化、且具备完整可追溯性的现

代化白酒纯化生产体系。

6 结论

酱香型白酒的低温浑浊、异杂异味问题是制约成品品质提升的关键瓶颈，活性炭吸附技术凭借高效、便捷、低成本的优势，是白酒工业化除浊脱杂的核心工艺。致浊大分子脂类、胶体微粒及发酵产生的硫化物、醛类杂质是影响酒体品质的主要物质，常规活性炭工艺存在吸附无选择性、风味损耗严重、工艺粗放等问题，难以适配酱香型白酒高品质生产需求。通过优选改性专用活性炭、优化吸附温度、投加量与时长等核心参数，建立差异化标准化工艺体系，完善过滤后处理与品质检测机制，可有效解决酒体浑浊、异味问题，同时最大限度保留酱香主体风味物质，维持酒体醇厚细腻、酱香突出的典型风格。精准化、标准化的活性炭吸附工艺，能够实现酱香型白酒除浊脱杂与风味保留的协同统一，有效提升成品酒品质与市场稳定性，为酱香型白酒精细化加工、品质升级、产业化高质量发展提供坚实的技术支撑。

参考文献

- [1]王贤,杨蕊,丁琳,等.白酒塑化剂及其活性炭处理方法研究[J].酿酒科技,2026,(01):28-30. DOI:10.13746/j.njkj.2024332.
- [2]文星科,张宿义,倪斌,等.响应面法优化浓香型超高度白酒活性炭除浊工艺[J].中国酿造,2025,44(05):211-218.
- [3]杜莎,邓文飞,赵玉珍,等.酱香型白酒除杂后长期大剂量饮用对小鼠生长的影响研究[J].酿酒科技,2023,(08):32-37. DOI:10.13746/j.njkj.2023073.
- [4]梁慧珍,刘正,卢延想,等.酱香型白酒浑浊成分解析及降度酒除浊研究[J].中国酿造,2022,41(08):51-56.
- [5]王士超,雷良波,胡鹏刚,等.酱香型白酒降度除浊关键工艺研究[J].中国酿造,2017,36(08):41-44.

作者简介：陈雯雯（1997.11-），汉族，贵州遵义人，大学本科学历，研究生在读于云南农业大学，研究方向：白酒酿造工程。

通讯作者：付晓萍（1979.06-），男，汉族，山西寿阳人，硕士研究生学历，就职于云南农业大学食品科学技术学院，副教授职称，硕士生导师职务，研究方向：食品精深加工、食品质量与安全、药食同源功能食品开发。