

# 烟草微生物工业发酵过程优化研究

姜瑞 柳婧雯 高凌 严雍 侯亚莉

陕西中烟工业有限责任公司宝鸡卷烟厂 陕西 宝鸡 710000

**摘要:** 本文围绕烟草微生物工业发酵过程优化展开研究。阐述微生物卷烟在品质提升、有害成分降低、原料利用优化方面的优点,分析发酵流程中菌种筛选、活化、保存等环节要点,探讨设备、原料等因素导致染菌的原因。提出工艺参数优化、新型菌种研发、发酵技术创新等优化方向,为提升烟草发酵质量与效率提供参考。

**关键词:** 烟草;微生物发酵;发酵流程;染菌原因;优化方向

引言:随着消费者对卷烟品质与健康安全要求的提高,传统烟草加工方式面临新的挑战。微生物发酵作为一种绿色高效的加工手段,正在被广泛应用于烟草处理过程中。该技术不仅能有效改善烟叶的感官特性,还能降低尼古丁、焦油等有害物质含量,并拓展低等级烟叶的应用空间。然而,在实际生产中,染菌问题仍是影响发酵效果的重要因素。深入研究烟草微生物发酵流程,明确染菌成因并探索优化路径,对于提升烟草加工技术水平具有重要意义。

## 1 微生物卷烟的优点

### 1.1 品质提升

微生物发酵对烟草香气与口感的改善具有显著作用。在适宜的环境条件下,微生物通过自身的代谢活动分解烟叶中的大分子物质,如蛋白质、纤维素和部分糖类,生成多种小分子化合物,包括有机酸、醇类、酯类等,这些物质是形成卷烟香气的重要前体。随着发酵过程的推进,烟叶中的刺激性成分逐渐减少,烟气变得更加柔和细腻,吸食体验得到明显优化。此外,不同种类的微生物在代谢过程中会产生具有特定风味特征的挥发性物质,从而丰富烟气的香气层次,使卷烟产品呈现出更加多样化的感官特性。相比未经处理或传统晾晒发酵的烟叶,微生物发酵后的烟叶在燃烧性、余味及整体协调性方面均有明显提升,有助于打造更高质量的卷烟产品。

### 1.2 有害成分降低

微生物在烟草发酵过程中的另一个重要作用是降低烟叶中有害成分的含量,尤其是焦油及其前体物质、酚类化合物等对人体健康影响较大的成分。某些功能性菌株能够通过酶促反应将复杂的芳香族化合物转化为相对稳定的低毒物质,或者直接将其降解为无害的小分子。例如,部分芽孢杆菌和放线菌具有较强的降解能力,可以在发酵过程中有效减少烟叶中尼古丁、多环芳烃等潜在有害物质的积累。微生物还能促进烟叶中游离氨基酸

与糖类之间的美拉德反应,生成更多有益的风味物质,而减少不完全燃烧产物的形成。这种通过自然代谢途径实现的降害机制,不仅提高了卷烟产品的安全性,也为消费者提供了相对更健康的替代选择。

### 1.3 原料利用优化

烟草资源的分布和等级差异较大,低等级烟叶因质地粗糙、香气不足、燃烧性能差等原因,在传统加工中往往难以获得理想的应用效果。而微生物发酵技术的引入,为这类原料的高效利用提供了可行方案。通过合理选择菌种并控制发酵条件,可以显著改善低等级烟叶的物理结构和化学组成,使其具备更高的加工价值。例如,微生物可有效降解烟叶中的木质素和半纤维素,提高其柔软度和延展性;同时促进部分苦涩成分的转化,提升整体可用性。这种方式不仅减少了优质烟叶的依赖程度,也提高了整体原料的利用率,为烟草企业拓展原料来源、降低生产成本提供了技术支持。针对不同产地、不同品种的烟叶,还可通过定制化微生物配伍方案,实现原料特性的定向改良,进一步提升烟草加工的灵活性与适应性。

## 2 烟草微生物工业发酵流程

### 2.1 菌种筛选与选择

在烟草发酵过程中,选择合适的微生物种类是确保发酵质量的前提。常见的用于烟草发酵的微生物包括细菌、真菌和放线菌等,不同类型的微生物具有不同的代谢功能,能够作用于烟叶中的糖类、蛋白质、生物碱等成分,从而影响香气形成与有害物质的降解。例如,某些芽孢杆菌具有较强的蛋白酶活性,可有效分解烟叶中蛋白质,改善燃烧性能;而部分酵母菌则能合成芳香酯类物质,增强烟气香气<sup>[1]</sup>。筛选菌种时需综合考虑其代谢能力、适应性、稳定性和安全性等因素,通常采用实验室培养结合功能检测的方法,从天然烟叶或传统发酵环境中分离优良菌株,并通过多轮筛选确定最优组合。

## 2.2 菌种活化

菌种活化是恢复休眠状态微生物活性的关键步骤,尤其对于长期保存的菌株而言,必须通过适当的培养手段使其恢复正常的生理代谢功能。活化过程通常在无菌条件下进行,首先将保存的菌种接种至营养丰富的液体培养基中,在适宜温度下进行短期培养,以激发其生长活力。根据不同微生物的生长特性,调节培养时间、温度和通气条件,使菌体数量迅速增加并进入活跃代谢状态。活化过程中应避免长时间静置或过度培养,防止菌种老化或变异。此外,操作环境必须保持清洁,防止外来杂菌污染,确保活化后菌种的纯度与活性。

## 2.3 菌种保存

为了保证菌种在使用间隔期间的稳定性,需要采取科学合理的保存方法。常用的保存方式包括低温保存、冷冻干燥保存等。低温保存适用于短期保藏,一般将菌种置于4℃冰箱中存放,适合快速周转使用的菌株,但保存周期较短,需定期传代。冷冻干燥保存则适用于长期保藏,通过真空冷冻干燥技术去除菌体水分,使菌种处于休眠状态,可在-20℃以下长期保存,且不易发生基因突变。不同类型的微生物对保存条件的要求存在差异,如霉菌更适合冻干保存,而某些乳酸菌则对低温较为敏感,需添加保护剂以维持细胞结构完整。无论采用何种方法,都应严格控制保存环境的温度、湿度与空气洁净度,防止菌种失活或污染。

## 2.4 菌种提纯

在菌种多次传代或保存过程中,容易受到杂菌污染或发生遗传变异,导致菌株纯度下降,影响发酵效果。因此,菌种提纯是确保发酵稳定性的关键环节。提纯常用的方法包括平板划线法和稀释涂布平板法,通过在固体培养基上进行单菌落分离,获得纯净的菌株。具体操作中,需根据目标菌的生长速度与形态特征,合理设置培养时间与观察窗口,准确识别并挑取典型菌落进行复壮培养。提纯后的菌种还需进行生理生化检测,确认其功能特性未发生变化。提纯工作应在无菌环境下完成,避免二次污染,确保菌种的单一性与功能性。

## 2.5 发酵工艺

烟草微生物发酵是一个复杂的过程,受多种环境因素影响。其中,温度、湿度、pH值和氧气含量等参数对微生物的生长与代谢起着决定性作用。适宜的温度范围有助于微生物快速繁殖并发挥代谢功能,过高或过低都会抑制其活性。湿度控制影响烟叶含水率,进而影响微生物附着与扩散。pH值的变化会影响微生物酶系统的活性,需根据菌种类型适时调整培养液酸碱平衡。氧气供

应情况决定了发酵类型,好氧菌需充足供氧,厌氧菌则需在封闭环境中进行。实际操作中,需根据所选菌种的特性设定合理的发酵参数,并通过实时监测与调控,确保整个发酵过程处于可控状态。此外,发酵时间、接种量、底物浓度等因素也需综合考虑,优化工艺流程,提高发酵效率与产品质量。

## 3 微生物工业发酵中染菌的原因

### 3.1 设备因素

发酵设备的清洁与维护状况直接影响染菌风险。设备内壁若残留发酵底物或代谢产物,易形成生物膜,成为杂菌滋生的温床。例如,搅拌轴与罐体连接处、阀门接口等部位,若未彻底清洁,残留营养物质会为杂菌提供生长条件。设备密封不严是另一隐患,空气过滤系统失效或罐体接口松动,会导致外界空气携带杂菌进入体系<sup>[2]</sup>。尤其是需严格控制无菌环境的纯种发酵,杂菌通过缝隙侵入可能迅速繁殖并抑制目标菌种。此外,设备结构设计存在死角,如管道弯头、罐体底部凹陷处,容易形成流体流动盲区,发酵液无法充分循环,杂菌在此类区域聚集繁殖,常规灭菌程序难以有效杀灭,成为染菌源头。

### 3.2 原料因素

原料质量是发酵过程染菌的潜在风险点。烟草发酵所用原料,如烟叶、辅料等,本身可能携带多种微生物,包括细菌、真菌、放线菌等。若原料在储存过程中受潮、霉变,微生物数量将显著增加,即使经过初步处理,仍可能有部分杂菌存活并进入发酵环节。原料处理工艺不当也会引发问题,例如粉碎度不够导致灭菌不彻底,或灭菌时间、温度不足,未能完全杀灭芽孢、孢子等抗性较强的微生物。多种原料混合使用时,若未充分考虑微生物相容性,某些原料携带的杂菌可能在发酵体系中与目标菌种竞争营养,甚至产生抑菌物质,干扰正常发酵进程。

### 3.3 操作因素

操作人员的无菌意识与规范程度对染菌控制至关重要。在接种环节,若手部消毒不彻底、接种工具未灭菌,或操作违反规程,如打开培养皿时间过长、接种速度缓慢,均可能导致杂菌污染。发酵环境控制失误也是重要原因,空气净化系统故障未能有效过滤空气中微生物;温湿度调控失灵,使环境偏离最适条件,同时利于杂菌繁殖。此外,取样、补料等操作若未遵循无菌原则,取样工具或补料管道可能成为杂菌侵入途径。操作人员对参数监控不到位,如未能及时发现pH值、溶解氧异常波动,也可能导致杂菌在不良环境中过度繁殖而未

被察觉。

#### 3.4 菌种因素

菌种自身的质量问题构成了染菌的内在隐患。菌种在传代过程中,若操作不规范或保存条件不佳,可能导致菌种不纯,混入其他微生物。例如,在采用平板划线法分离菌种时,若划线操作不当,不同菌落可能发生交叉污染,使菌种携带杂菌。菌种退化也是不可忽视的因素,长期传代或保存环境不稳定,会使菌种遗传特性发生变异,代谢能力下降,对杂菌的竞争力减弱,从而在发酵中处于劣势。菌种在制备过程中,如种子液培养阶段,若灭菌不彻底或培养环境控制不当,可能导致种子液自身被污染,进而在发酵初期即引发染菌问题<sup>[3]</sup>。菌种来源不明或未经严格筛选也可能引入未知杂菌,影响发酵稳定性和产品一致性。因此,建立标准化的菌种保藏、复壮和检测机制,是减少染菌风险的重要手段。

### 4 烟草微生物工业发酵过程优化方向

#### 4.1 工艺参数优化

烟草微生物发酵过程中,温度、pH值、氧气浓度及发酵时间等参数直接影响微生物生长速率与目标产物生成效率。为提高发酵效率,需根据菌种特性建立参数调控模型。例如,芽孢菌发酵时将温度控制在35-39℃,酵母菌发酵温度设定为30-34℃,此温度范围能加快微生物代谢速率,缩短延滞期时长,促使菌体快速进入对数生长期。由于菌种在正压液体培养基中培养,湿度对菌种生长基本无影响,因此无需对环境湿度进行特殊调控。针对好氧性菌种,采用分段式供氧策略,在对数生长期加大通气量,保证充足溶氧,满足菌体快速繁殖需求;稳定期后降低通气量,减少能耗并引导微生物代谢方向转向目标产物合成。菌种培养过程中,通过在线监测系统实时追踪pH值、DO值、温度、罐压、通气量等关键参数,确保各项指标严格符合工艺标准。pH值调控采用自动补酸补碱系统,实时监测并维持发酵体系酸碱平衡,防止因pH波动导致关键酶活性下降。通过响应面分析法优化各参数组合,建立发酵时间与目标产物积累量的数学关系,精准确定最佳发酵周期,在保证产物含量的同时缩短整体发酵时长。

#### 4.2 新型菌种研发与保存优化

传统发酵菌种功能较为单一,难以满足现代卷烟产品对香气多样性与减害化的需求。因此,开发具有特定代谢能力的新型菌种成为研究重点。一方面,通过基因工程手段改造菌种代谢途径,强化目标产物合成关键

酶的表达,提高香气物质或降害成分的产出效率。同时利用高通量筛选技术,从自然环境中分离筛选生长速率快、适应性强的菌株,经多轮驯化培养,提升菌种在发酵体系中的繁殖稳定性。对于菌种保存,除常规低温斜面培养和冷冻干燥技术外,建立种子库分级管理制度。将菌种按使用频率分为工作种子库与主种子库,工作种子库采用4℃短期保存,定期进行传代培养;主种子库通过超低温液氮保存,减少菌种遗传变异风险。定期对保存菌种进行生长速率测定与代谢活性评估,淘汰性能退化菌株,保证投入发酵的菌种活性与繁殖能力稳定。

#### 4.3 发酵技术创新

烟草微生物发酵技术的创新是提升生产效率与产品品质的关键。固态发酵依托烟叶自身作为底物,模拟自然发酵环境,能充分积累风味物质,且能耗较低,适合大规模工业化生产;液态发酵则凭借高效传质与快速反应的特性,便于实现自动化连续生产,可精准调控发酵进程。将两者结合,前期利用液态发酵快速激活菌种活性,后期转入固态发酵促进风味物质生成,既能发挥液态发酵的高效性,又能保留固态发酵的品质优势。借助现代传感技术与数据分析手段,搭建发酵过程在线监测系统,实时追踪温度、湿度、pH值等关键指标,通过数据反馈及时调整工艺参数,实现发酵过程的精细化、智能化控制,有效提升烟草微生物发酵的稳定性与可控性,推动烟草加工技术向更高水平发展。

#### 结束语

烟草微生物发酵是一项融合生物技术和烟草加工的创新性工艺,其发展不仅有助于提升卷烟产品的质量与安全性,也为行业绿色发展提供了新思路。面对染菌风险、菌种稳定性及工艺可控性等现实问题,未来应进一步加强菌种功能研究、优化发酵参数,并推进固态与液态发酵技术的融合应用。同时借助智能化监测手段提升过程控制水平,将有助于推动烟草微生物发酵向更高水平发展,为行业转型升级提供坚实的技术支撑。

#### 参考文献

- [1]许飞.微生物技术在烟草种植中的应用研究[J].数字农业与智能农机,2023(8):78-81.
- [2]李卓衡,徐成龙,陈雅琼,李星竺.微生物技术在烟草种植中的应用方法[J].种子科技,2022,40(07):92-94.
- [3]吴寿方.微生物技术在烟草种植中的应用探究[J].河南农业,2021(32):61-62.