

# 食品工程中的食品工艺优化与自动化控制技术研究

王元博

京粮(天津)粮油工业有限公司 天津 300452

**摘要:** 本文阐述了食品工艺优化与自动化控制的重要性, 其是食品工业现代化、高质量发展的核心驱动力。介绍了工艺优化的关键路径, 包括参数、流程、适应性优化; 自动化控制核心技术体系, 涵盖传感检测、智能算法应用、执行机构与系统集成。还探讨了二者集成实施策略, 如数据驱动优化控制、全流程协同控制、质量追溯与闭环控制, 以提升食品生产质量、效率与稳定性, 增强企业竞争力。

**关键词:** 食品工程; 工艺优化; 自动化控制; 智能控制; 质量安全

引言: 在食品工业高速发展的当下, 消费者对食品质量、安全与多样化需求日益提升, 推动行业向现代化、智能化转型迫在眉睫。食品工艺优化与自动化控制技术作为核心驱动力, 在提升产品质量、生产效率及稳定性方面发挥着关键作用。食品工艺优化借助科学方法改进参数、流程与设备配置; 自动化控制技术则凭借精准的数据采集与智能调控, 保障生产稳定。二者的有机结合, 是实现食品工业转型升级、满足市场多元化需求、保障质量安全、提升企业竞争力的必由之路。

## 1 食品工艺优化与自动化控制的重要性

在食品工程领域, 食品工艺优化与自动化控制技术占据着举足轻重的地位, 是推动食品工业迈向现代化、高质量发展的核心驱动力。(1) 食品工艺优化, 是运用系统科学的方法, 对食品加工过程中的各项参数、工艺流程以及设备配置进行全面且深入的改进。这一过程并非简单的调整, 而是基于对食品原料特性、加工原理以及产品品质要求的精准把握。通过优化, 能够显著提升产品的质量, 使其在口感、色泽、营养成分等方面达到更优水平; 同时, 还能提高产率, 实现资源的高效利用, 降低生产成本; 此外, 优化工艺还能有效降低能耗, 减少生产过程中的能源浪费, 符合可持续发展的理念。(2) 自动化控制技术则是食品生产过程中的“智慧大脑”。它借助先进的传感检测装置, 实时获取生产过程中的各类数据信息, 如温度、压力、流量等。控制器依据预设的参数对这些数据进行快速分析和处理, 然后向执行机构发出精准指令, 实现对生产过程的精确调控。这种协同运作模式确保了生产过程的稳定性和一致性, 减少了因人为操作失误或环境因素波动而带来的产品质量问题。(3) 食品工艺优化与自动化控制技术的有机结合, 是食品工业实现转型升级的关键所在。它促使食品工业从传统依赖经验的生产模式, 向现代精准制造模式转变, 为保障食品质量安全的一致性、

提高生产效率、降低人为因素对生产的影响提供了坚实的技术支撑, 引领食品工程朝着更加智能化、高效化的方向发展<sup>[1]</sup>。

## 2 食品工艺优化的关键技术路径

### 2.1 工艺参数优化方法

在食品工艺优化进程中, 工艺参数优化是极为关键的一环。(1) 借助响应面法、正交实验设计等成熟的数理统计方法, 能够深入且系统地剖析温度、时间、压力、pH值等核心工艺参数对产品品质的作用规律。这些方法通过科学合理的实验设计, 全面考量各参数的不同水平组合, 收集大量实验数据。(2) 基于所得数据, 构建参数与品质指标之间的数学模型, 该模型能够精准反映各参数与产品品质的内在联系。通过模型分析, 可精准确定最优工艺窗口, 即在该参数范围内, 产品能达到最佳品质状态。(3) 开展单因素实验, 明确每个参数单独对产品品质的影响程度; 再通过多因素交互作用分析, 深入揭示工艺参数间的协同与制约关系。这种全面的分析为工艺的精细化控制筑牢了坚实的理论根基, 有助于在实际生产中精准调整参数, 实现产品品质的稳定提升<sup>[2]</sup>。

### 2.2 工艺流程再造技术

在食品工艺优化中, 工艺流程再造技术是提升整体效能的重要手段。运用价值流分析、工序能力评估等专业的工业工程方法, 对传统食品工艺流程展开全面且系统的剖析。价值流分析能够精准识别流程中每一个环节的价值创造情况, 清晰区分增值环节与非增值环节; 工序能力评估则可量化各工序的生产能力与稳定性, 找出影响整体效率和质量的关键工序。基于上述分析结果, 对传统工艺流程进行科学重构。通过消除那些不创造价值甚至阻碍流程顺畅运行的非增值环节, 减少不必要的资源浪费; 优化工序之间的衔接方式, 使物料流转更加

顺畅,降低等待时间;重新组合工艺路线,依据产品特性和生产需求,规划出更为合理高效的生产路径。如此一来,不仅能够实现工艺流程的简化,显著提升生产效率,还能有效降低能耗,同时更好地满足质量控制要求,确保产品品质的稳定性和一致性。

### 2.3 工艺适应性优化策略

在食品生产实际中,原料特性波动、设备状态变化等生产条件变异频繁出现,给工艺稳定性与产品质量带来挑战。为此,开发工艺参数的动态调整机制至关重要。该机制借助先进的传感器与在线监测技术,实时获取原料特性参数,如水分含量、粒度分布、营养成分等,以及设备运行状态数据,像温度波动范围、压力变化情况、设备振动频率等。依据这些实时数据,通过预设的算法模型,迅速且精准地调整工艺参数,确保生产过程始终处于最佳状态。同时,建立基于原料品质分级的工艺路线选择系统。依据原料的各项品质指标,将其划分为不同等级,针对每个等级制定专属的工艺路线。如此一来,可实现“因材施教”的个性化加工模式,使工艺系统能够灵活应对不同品质原料和生产条件的变化,有效提高工艺的适应能力,保障产品质量的稳定性和一致性。

## 3 食品自动化控制核心技术体系

### 3.1 传感与检测技术

在食品自动化控制体系里,传感与检测技术是精准获取生产信息的关键环节。(1)多种先进传感技术被广泛应用于食品加工过程。在线近红外光谱技术凭借其快速、无损检测的优势,能够实时且精准地监测物料中的成分含量,如蛋白质、脂肪、水分等关键指标,为生产过程中的配方调整和质量控制提供可靠数据支持。(2)机器视觉技术则可对物料的色泽、形状、表面缺陷等进行细致检测,及时发现产品外观方面的问题,确保产品符合质量标准。电子舌/鼻技术能模拟人类的味觉和嗅觉,对食品的风味进行客观评价,准确捕捉风味物质的变化。(3)食品加工环境往往较为恶劣,存在高温、高湿、腐蚀等情况,这对传感器的性能提出了严峻挑战。为此,需要开发适用于此类环境的专用传感器,这些传感器具备耐高温、防潮、抗腐蚀等特性,能够在恶劣条件下稳定工作,有效解决传统人工检测存在的滞后性与主观性问题,为食品自动化控制的精准实施提供坚实保障<sup>[3]</sup>。

### 3.2 智能控制算法应用

在食品自动化控制领域,引入智能控制算法是提升控制水平的关键举措。模糊控制、神经网络、预测控制等智能算法凭借各自独特的优势,在食品过程控制中发

挥着重要作用。(1)食品加工过程中的杀菌、发酵、干燥等单元操作,具有显著的非线性、大滞后特性,传统的控制方法难以实现精准控制。而模糊控制算法能够处理不确定性和模糊性信息,根据系统的实时状态,通过模糊推理规则进行灵活调整,有效应对复杂多变的工况。神经网络算法具有强大的自学习和自适应能力,可对大量的生产数据进行深度挖掘和分析,建立精确的非线性模型,实现对关键工艺参数的精准预测和优化控制。预测控制算法则基于系统的历史数据和未来输入,提前预测系统的输出变化,通过滚动优化和反馈校正,提高系统的抗干扰能力。(2)通过将这些智能算法引入食品过程控制,建立多变量协调控制系统,能够显著提高关键工艺参数的控制精度,增强系统对各种干扰因素的抵御能力,确保食品生产过程的稳定性和产品质量的一致性。

### 3.3 执行机构与控制系统集成

在食品自动化控制体系中,执行机构与控制系统的集成是确保生产过程精准、稳定运行的核心环节。(1)为满足食品加工多样化的需求,需研发一系列专用执行机构。精密计量泵能够依据预设参数,精确控制物料的输送量,保证添加的各类原料比例准确无误,对于提升产品质量稳定性至关重要。智能调节阀可根据控制系统的指令,实时调节管道内流体(如蒸汽、液体原料)的流量、压力等参数,确保生产过程中的工艺条件稳定。伺服驱动装置则具有高精度的位置、速度控制能力,可应用于食品包装、输送等环节,实现设备的精准动作。(2)通过PLC(可编程逻辑控制器)、DCS(分布式控制系统)等成熟的控制系统平台,将上述执行机构与传感检测环节紧密连接起来。传感设备实时采集生产过程中的各类数据,传输至控制系统进行分析处理,控制系统再根据预设的控制策略向执行机构发出指令,实现传感、控制与执行环节的有机集成,构建起完整的自动化控制回路,为食品加工的高效、稳定生产提供坚实保障<sup>[4]</sup>。

## 4 工艺优化与自动化控制的集成实施

### 4.1 数据驱动优化控制策略

在工艺优化与自动化控制集成实施过程中,数据驱动优化控制策略是关键一环。(1)构建完善的工艺数据库与知识库,系统收集并整理历史生产数据,涵盖不同批次、不同生产条件下的各类工艺参数,同时记录在此过程中积累的优化经验,如针对特定原料特性或设备状态所采取的有效调整措施等。(2)运用先进的数据挖掘技术,对海量的历史数据进行深度剖析。通过关联分析、聚类分析等方法,精准识别工艺参数与产品质量、

生产效率之间的内在规律,挖掘出影响工艺效果的关键因素。(3)基于这些挖掘出的工艺规律,构建基于数据的工艺参数自适应调整模型。该模型能够根据实时生产数据,自动对工艺参数进行动态调整,并将工艺优化结果无缝转化为自动化控制策略,实现工艺优化与自动化控制的紧密结合,确保生产过程始终处于最优状态,提升产品质量和生产效能。

#### 4.2 全流程协同控制系统设计

在食品生产领域,传统单元操作的独立控制模式已难以满足现代化高效生产的需求。为此,需打破这种局限,构建一套涵盖前处理、加工、后处理全流程的协同控制系统。(1)该系统以整体优化为目标,对生产过程中的物流、能量流与信息流进行集成优化。在物流方面,精确控制各工序物料的投入量、流转速度和方向,确保物料在全流程中顺畅流动,减少物料积压和等待时间。能量流优化则着重于合理分配和利用能源,根据各工序的能量需求,动态调整能源供应,降低能源浪费。信息流集成能实现各工序间数据的实时共享与交互,使控制系统及时掌握全流程运行状态。(2)通过上述集成优化,实现各工序间参数的精准匹配与负荷平衡,避免出现某一工序瓶颈制约整体生产的情况,从而提升全生产线的运行效率,保障产品质量稳定性和生产过程的连续性。

#### 4.3 质量追溯与闭环控制体系

在食品生产中,构建完善的质量追溯与闭环控制体系至关重要。(1)需建立从原料采购到成品出厂的全链条质量信息追溯系统,详细记录每一批次原料的来源、供应商信息、入库检验数据,以及生产过程中各工序的工艺参数、操作人员、生产时间等关键信息,同时留存成品的质量检测报告和销售去向数据。(2)借助先进的数据分析技术,对在线检测数据与工艺参数进行深度关

联分析。一旦产品出现质量问题,能依据追溯系统迅速定位问题产生的环节,精准分析是原料问题、工艺参数偏差还是设备故障等因素导致。(3)基于分析结果,及时对生产工艺进行调整优化,形成“检测-分析-调整”的闭环质量控制机制。通过不断循环这一过程,持续改进生产工艺,消除质量隐患,有效提升产品质量的稳定性和一致性,增强企业在市场中的竞争力<sup>[5]</sup>。

#### 结束语

食品工艺优化与自动化控制是食品工业发展的核心力量。从工艺优化关键技术路径的探索,到自动化控制核心技术体系的构建,再到二者集成实施策略的推进,每一步都紧密围绕提升产品质量、生产效率与稳定性展开。数据驱动的优化控制、全流程协同控制以及质量追溯与闭环控制体系,为食品工业提供了全方位的技术支撑。未来,随着技术的不断创新与融合,食品工艺优化与自动化控制将进一步推动食品工业向智能化、精准化、绿色化方向迈进,为消费者提供更安全、优质、多样的食品产品,助力食品行业在全球竞争中占据更有利地位。

#### 参考文献

- [1]刘凤华,马瑶.自动化食品包装机械控制系统的优化设计[J].中国食品工业,2023(09):84-86+90.
- [2]张晓峰,赵磊,刘伟.食品机械与自动化技术在食品工程中的应用[J].食品科学与工程,2020,(03):45-48.
- [3]孟晨光.食品工程对食品添加剂控制的影响分析[J].食品界,2025,(04):96-98.
- [4]陈丹丹.食品工程质量控制中食品安全风险与保障路径分析[J].中外食品工业,2025,(05):20-22.
- [5]周冉冉.食品工程加工环节的安全隐患与监管策略[J].中国食品工业,2024,(24):79-80+83.