

# 发酵与烘干餐桌剩余食物的饲料化优化策略

林娜<sup>1</sup> 金新民<sup>1</sup> 杨乾罡<sup>1</sup> 黄木兰<sup>2</sup> 华丽榕<sup>2</sup>

1 鲁控环保科技有限公司 2 鲁控新环能科技(福建)有限公司

DOI:10.12238/eep.v7i8.2239

**[摘要]** 本文研究了餐桌剩余食物饲料化的优化策略,聚焦于高温烘干技术与发酵技术的应用。首先,分析了全球及国内餐桌剩余食物的产生与浪费现状,讨论了现有处理方式的优缺点。接着,探讨了高温烘干技术在烘干温度、压力和时间方面的优化,以及其对饲料品质和能耗的影响。最后,设计了一种基于发酵与高温烘干相结合的饲料化工艺流程,并评估了该工艺在经济性、可操作性、环境效益和碳减排方面的优势。

**[关键词]** 餐桌剩余食物; 发酵; 高温烘干; 饲料化; 资源化利用

中图分类号: TS133+.6 文献标识码: A

## Strategies for optimizing the feedification of fermented and dried table leftovers

Na Lin<sup>1</sup> Xinmin Jin<sup>2</sup> Qiangang Yang<sup>2</sup> Mulan Huang<sup>2</sup> Liriong Hua<sup>2</sup>

1 Lukong Environmental Technology CO., LTd. 2 Lukong Environmental Technology(Fujian)CO., LTd.

**[Abstract]** This paper studies the optimization strategy of feed of leftover food, focusing on the application of high temperature drying technology and fermentation technology. First, this paper analyzes the production and waste of leftover food in global and domestic tables, and the advantages and disadvantages of existing treatment methods are discussed. Then, discusses the optimization of high temperature drying technology in drying temperature, pressure and time, and its influence on the quality and energy consumption of feed products. Finally, a feed chemical process based on the combination of fermentation and high-temperature drying is designed, and the advantages of the process in terms of economy, operability, environmental benefits and carbon emission reduction are evaluated.

**[Key words]** Table Surplus Food; Fermentation; High-Temperature Drying; Feed; Resource Utilization

## 引言

在城市化快速发展的今天,餐桌剩余食物的处理已成为全球性的环境与资源挑战。填埋和焚烧等传统方式不仅可能引发环境污染,还浪费了餐桌剩余食物中的宝贵营养。饲料化技术的高效资源回收和环境友好性,使其成为新的处理趋势。特别是,发酵与高温烘干技术的结合,为餐桌剩余食物的饲料化开辟了新的路径,既提升了资源利用率,又显现了显著的环境效益,引领着该领域的技术革新与产业进步。

### 1 餐桌剩余食物的处理现状与挑战

#### 1.1 餐桌剩余食物的产生与浪费现状

在全球范围内,餐桌剩余食物的产生量已经达到了惊人的数字。随着生活水平的提高和消费观念的改变,人们在餐饮消费中的浪费现象愈发严重。无论是家庭聚餐、朋友聚餐还是商务宴请,大量的食物在餐桌上被浪费。这些剩余食物往往被当做垃圾丢弃,既浪费了宝贵的资源,也给环境带来了沉重的负担。

在国内,餐桌剩余食物的问题同样严峻。随着经济的快速发

展和人们生活水平的提升,餐饮消费日益增长,餐桌剩余食物的产生量也随之攀升。特别是在一些大型聚会和节日庆典中,浪费现象尤为严重。这种浪费不仅体现在食物本身,还包括了生产、运输和处理这些食物所消耗的资源 and 能源。

#### 1.2 全球及国内餐桌剩余食物的产生量

全球范围内,餐桌剩余食物的产生量巨大,且呈逐年上升趋势。这主要是由于人口增长、消费水平提高和餐饮习惯的改变等多方面因素共同作用的结果。在一些发达国家,由于人们的生活水平较高,餐饮消费量大,因此餐桌剩余食物的产生量也相对较高。而在发展中国家,虽然人均餐饮消费量较低,但由于人口基数大,餐桌剩余食物的总量仍然不容忽视。

在国内,随着人们生活水平的提高和餐饮消费的增长,餐桌剩余食物的产生量也在不断增加。特别是在一些大型城市和旅游胜地,餐饮浪费现象更为严重。这不仅造成了资源的极大浪费,也给城市垃圾处理带来了巨大压力。

#### 1.3 现有处理方式的优缺点分析



目前,餐桌剩余食物的处理方式主要有填埋、焚烧和饲料化等。填埋法虽然简单易行,但长期填埋会导致土地资源浪费和环境污染。焚烧法虽然可以减少废物量并可能回收部分能源,但焚烧过程中可能产生有毒有害气体,对环境和人体健康造成危害。相比之下,饲料化技术具有资源回收率高、环境效益显著等优点,逐渐成为餐桌剩余食物处理的重要趋势。

然而,传统的餐桌剩余食物饲料化技术也存在一些局限性。首先,营养成分流失是一个重要问题。在饲料化过程中,由于高温、高压等处理条件的影响,食物中的部分营养成分可能会被破坏或流失,导致饲料品质下降。其次,食品安全和病原体传播风险也不容忽视。如果处理不当,餐桌剩余食物中可能携带的细菌、病毒等病原体可能会传播给动物或人类,引发食品安全问题。最后,处理成本高和能耗问题也是制约饲料化技术推广应用的重要因素之一。

为了解决这些问题,我们需要不断探索和创新餐桌剩余食物的饲料化技术。通过优化处理工艺、提高处理效率、降低能耗和成本等措施来推动饲料化技术的发展和應用。同时,加强政策引导和社会宣传也是减少餐桌剩余食物浪费的重要途径之一。只有通过全社会的共同努力才能实现资源的有效利用和环境的可持续发展。

#### 1.4 传统餐桌剩余食物饲料化技术的局限性

饲料化技术被视为一种有效的餐桌剩余食物处理方式,但传统的饲料化方法仍存在一些显著的局限性。

营养成分流失是传统饲料化技术面临的一个重要问题。在饲料化过程中,特别是在高温烘干环节,食物中的部分热敏性营养成分,如维生素和某些氨基酸,可能会遭受破坏。这种流失不仅降低了饲料的营养价值,也影响了其市场接受度。

此外,食品安全和病原体传播风险也是不容忽视的问题。餐桌剩余食物中可能携带各种细菌、病毒和其他微生物,如果饲料化过程中的灭菌不彻底,这些病原体可能会存活下来,并通过饲料传播给食用这些饲料的动物,进而可能对人类健康构成威胁。

同时,传统的饲料化技术还面临着处理成本高和能耗大的问题。高温烘干等步骤需要消耗大量的能源,这不仅增加了处理成本,也与当前节能减排的环保理念相悖。

## 2 高温烘干技术的应用与优化

### 2.1 烘干温度与压力的调控

高温烘干技术在餐桌剩余食物饲料化过程中起着至关重要的作用。通过合理地调控烘干温度和压力,可以有效提高烘干效率,同时保证饲料的品质。

在实际操作中,我们需要根据餐桌剩余食物的种类、湿度以及目标饲料的要求,来精确控制烘干的温度和压力。过高的温度可能导致食物中的营养成分被破坏,而过低的温度则可能延长烘干时间,增加能耗。同样,压力的控制也至关重要,适当的压力可以促进食物内部水分的快速蒸发,提高烘干效率。

为了实现温度和压力的精准调控,我们可以借助先进的自动化控制系统。这些系统可以根据实时监测到餐桌剩余食物的

湿度、温度、压力变化等数据,自动调整烘干设备的温度和压力,从而确保烘干过程的稳定性和高效性。

### 2.2 不同温度、压力下的烘干效率分析

为了深入研究温度和压力对烘干效率的影响,我们进行了一系列实验分析。实验结果显示,在适当的温度和压力条件下,烘干效率可以得到显著提升。

具体来说,当温度升高时,食物中的水分蒸发速度加快,从而缩短了烘干时间。然而,过高的温度可能导致食物表面硬化,阻碍内部水分的蒸发,因此需要找到一个平衡点。同样,压力的增加也可以促进水分的蒸发,但过高的压力会对食物的微观结构造成破坏,影响饲料的品质。如表1所示。

表1 不同温度和压力下的烘干时间和效率

烘干 电流 A	烘干温 度℃	烘干 压力 p	冷却时 长/min	出料 量/t	产品含 水率%	湿料干物 质比重	干料干物 质比重	理论出 料量	实际出 料量	湿干 比率
73	141	0.31	33	1.6	10	0.23	0.9	1.7	1.6	4.0
72	150	0.42	25	1.8	11	0.25	0.89	1.8	1.8	3.7
73	148	0.39	30	1.8	10	0.26	0.9	1.8	1.8	3.6
73	143	0.35	30	1.8	9	0.27	0.91	1.9	1.8	3.5
74	145	0.35	29	1.9	9	0.27	0.91	2.0	1.9	3.5
73	143	0.35	32	1.8	10	0.25	0.9	1.8	1.8	3.7
72	148	0.39	28	1.8	10	0.982	0.9	6.9	6.8	3.5

### 2.3 温度与压力对饲料品质的影响

除了影响烘干效率外,温度和压力还对饲料品质产生显著影响。适当的温度和压力可以保留餐桌剩余食物中的营养成分,提高饲料的适口性和消化率。

具体来说,过高的温度会导致蛋白质变性、维生素破坏等营养成分的损失。而适当的温度则可以最大限度地保留这些营养成分。同样,适当的压力可以促进饲料内部的组织结构变得更加疏松多孔,有利于动物的消化吸收。

因此,在高温烘干过程中,我们需要综合考虑烘干效率和饲料品质两个方面,通过合理的调控温度和压力来找到最佳的平衡点。

### 2.4 烘干时间与能耗管理

烘干时间是影响高温烘干技术能耗的重要因素之一。在实际操作中,我们需要根据餐桌剩余食物的种类、湿度以及烘干设备的性能来确定最佳的烘干时间。过长的烘干时间不仅会增加能耗,还可能导致饲料品质下降;而过短的烘干时间则可能无法达到预期的烘干效果。

为了实现能耗的有效管理,我们可以采取一系列措施。为了进一步降低烘干过程中的能耗,可以考虑利用发酵技术。发酵过程可以有效降低物料的含水率,同时增加其蓬松度,从而减少后续烘干阶段所需的能量。通过调整发酵条件,如温度、湿度和时间,可以优化发酵效果,使物料更易于干燥,进而实现能源的高效利用。其次,通过优化烘干工艺流程,减少不必要的烘干环节和时间;此外,选用高效节能的烘干设备和技术;最后,加强设备的维护和管理,确保其处于良好的工作状态。

### 2.5 烘干时间与能耗的关系



在餐桌剩余食物的烘干过程中,烘干时间与能耗之间存在着密切的关系。一般来说,烘干时间越长,所消耗的能源也就越多。因此,为了降低能耗,我们需要尽可能缩短烘干时间。

然而,缩短烘干时间并不意味着简单地提高烘干温度或压力。这样做可能会导致饲料品质下降或设备损坏。相反,我们应该通过优化烘干工艺流程、选用高效的烘干设备以及精确控制烘干条件来缩短烘干时间并降低能耗。

### 2.6 低能耗高效烘干余热回收

为了实现低能耗高效烘干,余热回收技术是关键。通过安装余热回收系统,可以收集烘干过程中释放的热量,用于预热进入烘干机的空气或物料,从而显著降低能源消耗。此外,优化保温措施,比如使用高效保温材料封装烘干机,可以减少热能的散失。

同时,烘干机内部的热风循环系统也是提高烘干效率的有效方式。通过循环利用已加热的空气,不仅可以减少热量的浪费,还可以确保烘干过程中温度的均匀分布,提高烘干质量。结合这些技术,不仅可以实现能源的最大化利用,还可以提升烘干过程的整体效率。

## 3 基于发酵与烘干的餐桌剩余食物饲料化工艺流程设计

### 3.1 工艺流程设计与设备选型

在餐桌剩余食物的饲料化工艺中,选择合适的菌种是确保发酵质量和效果的关键步骤。不同的菌种可以针对性地改善饲料的营养价值、消化率和保质期。

首先,考虑到餐桌剩余食物的复杂成分,我们倾向于选择能够分解碳水化合物和蛋白质的复合菌种。例如,嗜热发酵细菌能够在较高温度下快速分解有机物,而乳酸菌则有助于降低pH值,抑制有害菌的生长,从而增强饲料的安全性。此外,酵母菌的添加可以促进营养成分的合成,如维生素和氨基酸,进一步提升饲料的营养价值。

在选用菌种时,我们还需考虑菌种的商业可获得性、成本效益以及在实际应用中的稳定性。通过科学的试验和实践,确定最适合当前工艺要求的菌种组合,确保发酵过程的高效与饲料产品的高品质。

### 3.2 关键设备的选型与优化

在设备选型过程中,我们特别关注了关键设备的性能和优化。例如,发酵罐的选型考虑了其容量、控温精度、搅拌效率等因素,以确保发酵过程的稳定性和高效性。同时,我们还对烘干机进行了优化,通过改进烘干室的内部结构,提高热空气与物料的接触面积,从而加快烘干速度并提高能效。

### 3.3 工艺流程中各环节的衔接与协调

在工艺流程设计中,我们注重了各环节的衔接与协调。发酵过程结束后,物料被自动输送到烘干机中进行高温烘干。这两个

环节之间的衔接采用了自动化控制系统,确保物料在最佳状态下进行转移和处理。同时,我们还设计了灵活的调整机制,以便根据餐桌剩余食物的种类和数量对工艺流程进行微调。

### 3.4 整体工艺的可行性与环境效益评估

我们对整体工艺的可行性和环境效益进行了全面评估。通过实验室规模和中试规模的试验验证,该工艺流程能够稳定地将餐桌剩余食物转化为高品质的饲料。此外,该工艺还具有显著的环境效益,通过资源化利用餐桌剩余食物,减少了垃圾填埋和焚烧所产生的环境污染。

### 3.5 工艺实施的经济性与可操作性

在工艺实施过程中,我们充分考虑了经济性和可操作性。通过合理的设备选型和工艺流程设计,降低了设备投资和运行成本。同时,该工艺流程操作简单、维护方便,使得普通工作人员在经过简单培训后就能熟练掌握操作技能。

### 3.6 饲料化处理在能源效率提升与碳减排中的作用

餐桌剩余食物的饲料化处理在减少碳排放和提高能效方面发挥着关键作用。首先,该处理方式通过回收和利用食物残余,减少了食物浪费及其相关的垃圾处理碳排放。其次,通过使用这种回收的饲料替代传统饲料,降低了在农业生产中的能源消耗和碳排放。因此,这种工艺不仅优化了能源使用效率,也为实现碳中和及推动环保农业发展作出了重要贡献。

## 4 结语

通过深入探索和创新,我们设计了基于发酵与烘干的餐桌剩余食物饲料化工艺流程,不仅有效解决了餐桌剩余食物浪费的问题,还实现了资源的再利用,为环境保护和碳减排做出了积极贡献。该工艺流程经济可行、技术可行、操作简单、低碳环保,为餐桌剩余食物的处理提供了新的解决方案。我们相信,随着技术的不断进步和应用的推广,这一工艺流程将在未来发挥更大的作用,助力可持续发展,共创绿色未来。

## 【参考文献】

- [1]蔡云霞,杨莹,王兴,等.恒温储存条件下餐桌剩余食物中6种生物胺含量变化研究[J].饲料工业,2018,39(16):53-57.
- [2]南楠.餐桌剩余食物饲料化利用现状及对策研究[D].中国农业科学院,2014.
- [3]蔡云霞,韩晴,李俊.餐桌剩余食物中生物胺形成及其检测与控制技术研究进展[J].饲料工业,2017,38(13):55-61.
- [4]孙学军,宋琳,肖凯,等.餐桌剩余食物饲料化应用[J].养殖与饲料,2021,20(11):93-96.
- [5]南楠,高云峰,李俊,等.餐桌剩余食物饲料化利用研究[J].饲料研究,2014,(07):61-66.

## 作者简介:

林娜(1986—),女,汉族,福建福州人,本科,研究方向:固体废物治理,餐厨废弃物无害化处理与资源化利用。