

文章编号:1671-1513(2011)06-0069-04

餐厨垃圾处理设备研究

刘玉德¹, 绳以健², 石文天¹, 蓝俞静¹, 刘洋¹

(1. 北京工商大学材料与机械工程学院, 北京 100048; 2. 总后军需装备研究所, 北京 100010)

摘要:通过分析食堂餐厅等餐厨垃圾的组成成分和特点,研究了利用生物堆肥方法处理餐厨垃圾的工艺流程,并据此设计了实现餐厨垃圾处理的单元化处理设备的结构组成. 实验结果表明:据此设计的单元化处理设备,餐厨垃圾的减量率可以达到91%,并可实现资源化利用.

关键词:餐厨垃圾处理设备; 堆肥; 减量率; 资源化利用

中图分类号: TS203; X792

文献标志码: A

餐厨垃圾指食堂餐厅等单位产出的食物残余、食品加工废料等厨余垃圾和废弃食用油脂. 餐厨垃圾成分复杂,是油、水、果皮、蔬菜、米面、鱼、肉、骨头以及废弃的木质餐具、纸巾等多种物质的混合物,以蛋白质、淀粉、纤维素和动物脂肪等为主,且盐分、油脂含量高. 根据饭菜的不同,其组成成分也变化极大. 由于餐厨垃圾中含有丰富的营养物质,如果不经处理直接排放到自然界,在适宜温度和细菌的作用下,短期内即腐败变质,不仅对周围环境造成污染、滋生蚊蝇,侵占大量的土地,而且也造成资源的大量浪费^[1-2]. 因此,对餐厨垃圾进行有效利用和综合处理,将具有十分重大的意义. 本文针对食堂餐厅产生的餐厨垃圾进行针对性的分析,设计了堆肥处理的工艺流程和相应的小型单元化处理设备,该设备可以放置在食堂餐厅附近,解决了餐厨垃圾在垃圾场中处理时间间隔长、运输及分类困难的问题.

餐厨垃圾的这些特征表明一方面具有较高的利用价值;另一方面必须对其进行适当处理才能得到社会效益、经济效益和环境效益的统一.

表1 餐厨垃圾营养物质含量

Tab. 1 Nutrient contents of food residue

项目	平均数/g	标准差	范围/%
粗蛋白	20.73	2.81	16.58 ~ 27.85
粗脂肪	28.82	5.58	19.58 ~ 41.78
粗纤维	3.53	0.52	2.61 ~ 4.64
粗灰分	8.51	2.88	4.39 ~ 13.61
钙	0.81	0.56	0.28 ~ 2.17
磷	0.77	0.25	0.44 ~ 1.38

表2 餐厨垃圾含水量测定结果

Tab. 2 Test results of food residue water contents

项目	平均数/g	标准差	范围/%
水分	79	5.8	64.0 ~ 86.3
干物质	21	5.8	13.7 ~ 36.0

1 处理工艺及设备设计

1.1 餐厨垃圾的组成分析

根据对一些高校食堂的抽样调查和测定,餐厨垃圾的成分组成如表1和表2^[3-4].

1.2 处理工艺流程

根据餐厨垃圾的组成,其处理工艺流程如下:
餐厨垃圾→固液分离→粉碎→微生物发酵降解→肥料.

收稿日期: 2011-07-04

基金项目: 北京市属高等学校人才强教计划资助项目(PHR201107110).

作者简介: 刘玉德,男,教授,博士,主要从事食品加工机械方面的研究.

1.3 处理流程说明

1) 固液分离. 根据分析,餐厨垃圾中的自由水分含量占垃圾总量的64%以上,在如此大的湿含量条件下,菌种很难对物料加工处理,为了减少能源消耗,保证菌种的生物分解条件,首先需要对餐厨垃圾进行固液分离. 本研究通过人工方法去除餐厨垃圾中的一部分水分.

2) 粉碎. 餐厨垃圾中的大块物质将影响其处理效率和效果,延长餐厨垃圾的处理时间. 为了提高餐厨垃圾的处理效果和效率,在对微生物进行处理之前,需要先将餐厨垃圾进行微细化粉碎,使其颗粒细化,以便增加餐厨垃圾生物化处理的反应面积,提高处理效果和效率.

3) 微生物发酵降解. 餐厨垃圾的微生物处理在生物反应容器中进行. 在处理过程中,为了使微生物的反应处于最佳处理状态,要保证反应容器中的温度、湿度在规定的范围内. 根据对本研究的堆肥化处理餐厨垃圾菌种的工作条件分析,当发酵桶中的温度在 $35 \sim 45 \text{ }^{\circ}\text{C}$,湿度在50%左右时,处理效果较好. 为了保证温度和湿度要求,在发酵桶中安装有加热器及雾化器,以便对温度和湿度进行调节.

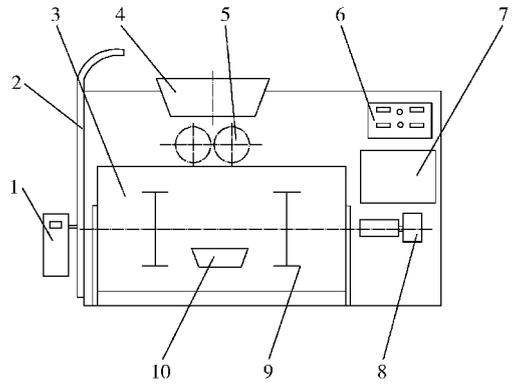
2 处理设备系统组成及设计^[5]

根据餐厨垃圾的处理工艺流程,为了保证餐厨垃圾的加工处理在一定的时间内完成,本研究设计了一种餐厨垃圾单元化处理设备,其具体结构如图1. 设备主要由送料部件、粉碎装置、清洗装置、发酵容器、空气过滤装置和智能控制系统等组成.

2.1 送料部分

由于餐厨垃圾易腐烂,易产生致病菌,操作人员不宜经常接触,故本研究设计了送料部分.

送料部件的主要作用是将待处理的餐厨垃圾输送到处理容器中,其主要结构包括垃圾桶、提升架、提升机构、翻转机构和料斗. 垃圾桶用于盛放垃圾,为标准塑料桶. 垃圾桶在提升架、提升装置的作用下向上或向下运动,翻转机构用于翻转垃圾桶,将桶中的餐厨垃圾倾倒入料斗中. 垃圾桶固定于托架上,并在提升机构的作用下沿输送轨道带动上升,到达顶部后翻转,完成垃圾自动添装到发酵桶. 倾倒入



1. 送料桶; 2. 输送轨道; 3. 发酵桶; 4. 入口; 5. 粉碎装置; 6. 控制面板; 7. 气体过滤装置; 8. 电动机; 9. 搅拌器; 10. 出口.

图1 餐厨垃圾单元化处理设备示意

Fig. 1 Diagram of food residue unit processing equipment

完成后,将垃圾桶从设备顶端降下来. 料斗带有可开启和关闭的盖,当盖打开时,垃圾桶翻转将餐厨垃圾倒入到料斗中;当盖关闭时,盖将处理容器的内部空间与外部空间隔开,以便防止处理容器内的异味外泄.

2.2 粉碎装置

粉碎部件位于料斗的下部,用于将大块的餐厨垃圾粉碎成微小的颗粒,以提高餐厨垃圾的处理效率和效果. 为了使大块的餐厨垃圾顺利进入到粉碎部件,宜采用对辊结构,辊子表面可以具有斜纹或齿形形状. 可由4个相互对滚的辊子组成的粉碎装置,通过两级对挤方式实现粉碎(图1中示出一对). 一级粉碎间距较大,为粗粉碎,且双辊之间的距离为 $5 \sim 10 \text{ mm}$ 可调,双辊可绕各自的轴旋转,轴之一为固定,另一轴为可微调,调整距离为 5 mm 左右. 二级粉碎为细粉碎,双辊之间的距离为 3 mm 左右. 当餐厨垃圾通过其中时,在辊子的作用下,大块的餐厨垃圾(如大块的骨头等)被压碎,并在输送带的带动下进入发酵桶,进行生物发酵处理.

2.3 清洗装置

清洗装置位于入口及粉碎装置之间(图1中未示出). 主要包括水管和喷嘴,用于对进料口和粉碎部分进行清洗. 由于餐厨垃圾易腐败变质,为了保证设备的卫生,采用喷淋方式对进料口和粉碎部分进行清洗. 该清洗装置还可以在发酵桶内温度较高时实现增湿降温.

2.4 发酵容器

发酵容器部件由发酵桶和搅拌器组成。发酵桶用于接收来自粉碎部件的物料,搅拌器用于对容器内的物料进行搅拌,为好氧发酵提供需要的氧分,搅拌器的搅拌方向可以根据需要改变。当正转时,搅拌器带动餐厨垃圾翻滚,实现搅拌,用于为微生物提供氧气;当反转时,通过搅拌器将处理完成后的产品排出到生物处理室外。搅拌器的旋转速度控制在 $3 \sim 20 \text{ r/min}$ 。物料在搅拌器的作用下上下运动并与空气充分接触,有利于好氧发酵的进行,其加工效率和加工效果更好。

发酵容器的容积根据型号的不同而不同,其内部安装有温度传感器、湿度传感器、二氧化碳检测器、加热装置(温度 $30 \sim 50 \text{ }^{\circ}\text{C}$)和鼓风机。根据温度传感器和湿度传感器检测到的数据,可以对发酵容器内部的温度和湿度自动调节。二氧化碳检测器用于检测容器内的二氧化碳浓度,从而判断反应处理过程和效果。发酵容器内部还具有添加菌种的加料器,用于添加菌种。

2.5 气体过滤装置

为了使排到外部的的气体不污染大气环境,在出气口设置气体过滤装置,用于去除排出气体中的异味。除味方式可以采用活性炭吸附或其它任何可以去除异味的方式。气体过滤装置由活性炭和加热装置组成。活性炭吸附排出气体中的异味,加热装置对气体进行加热,以将异味进行加热分解,保证排出气体不污染周围环境。

餐厨垃圾在发酵容器中发酵腐熟后变成棕褐色,无臭味,减量达到90%以上。发酵终产物满足有机肥发酵腐熟时间,平均约为24 h。

餐厨垃圾经过腐熟后生产的有机肥GI > 100%。因此,经过生物发酵处理后的餐厨垃圾制成的有机肥没有毒性,且腐熟后的有机肥对植物的发芽有促进作用。

2.6 智能控制系统

电控部分用于实现对处理设备的开启、关闭,并对工作情况进行操作和控制。电控部分具有显示部分,用于显示设备的工作状态。显示部分采用液晶触摸屏操作,显示的内容包括加工环境的温度、湿度、搅拌器的旋转方向等与加工相关的内容。环境

参数由检测装置进行监控,并通过控制部分响应,确保加工环境条件,提高酵母菌的加工效果。

设备的控制系统框图如图2。其以Atmel公司生产的AVR单片机作为控制核心的数字化控制装置,可以实现对垃圾处理机生化降解室内的温湿度、 CO_2 浓度的检测,温度、湿度的恒温、恒湿闭环,通过程序控制实现垃圾的提升、倾倒、粉碎、定时搅拌、出料、清洗及除臭等一系列功能。

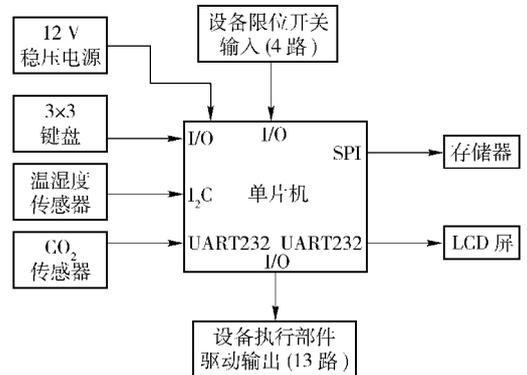


图2 垃圾处理机控制器系统

Fig. 2 Block diagram of food residue processor controller system

控制器采用 3×3 独立输入键盘(如图3),实现对垃圾处理机的启动、停机控制及参数设定,LCD液晶显示屏显示垃圾处理机的温湿度、 CO_2 浓度等参数及设备的工作状态,独立输入键盘与LCD显示结合使用,提高了人机交互的水平,界面友好,使用方便。



图3 控制器面板

Fig. 3 Controller panel

控制器采用数字式温湿度传感器、 CO_2 传感器,接口电路简单,抗干扰能力强,测量精度高,为实现垃圾处理机温湿度控制提供精确有效的检测数据,以便为酵母菌提供良好的发酵环境打下良好的

基础.

3 实验结果分析

按照有机肥标准 NY884—2004 对餐厨垃圾处理剩余物进行检测,结果见表3.由检测结果可以得出,餐厨垃圾处理剩余物符合 NY884—2004 标准的要求.

表3 餐厨垃圾检测结果

Tab.3 Test results of food residue

序号	测定项目	标准要求	检验结果	单项判定
1	有效活菌数/(亿·g ⁻¹)	≥0.2	0.38	合格
2	有机质/%	≥25	49.0	合格
3	水分/%	≤30	26.5	合格
4	pH	5.5~8.5	7.3	合格
5	外观	—	松散无恶臭	合格

注:餐厨垃圾处理结束后添加适量功能菌株,制成生物有机肥

4 结论

研究设计的餐厨垃圾单元化处理设备具有堆料

搅拌均匀、进出料简单、供气均衡等特点,可促进餐厨垃圾从有机物向稳定的小分子物质和腐殖质转化的生物降解过程,有机物质降解为可被细胞吸收利用的小分子物质,并释放 CO₂、H₂O 和热量,从而实现有机质矿质化、减量化、无害化的过程,达到餐厨垃圾的无害化处理.

参考文献:

- [1] 王向会,李广魏,孟虹,等.国内外餐厨垃圾处理状况概述[J].环境卫生工程,2005,13(2):41-43.
- [2] 谢炜平,梁彦杰,何德文,等.餐厨垃圾资源化技术现状及研究进展[J].环境卫生工程,2008,16(2):43-48.
- [3] 袁玉玉,曹先艳,牛冬杰,等.餐厨垃圾特性及处理技术[J].环境卫生工程,2008,16(2):43-48.
- [4] 孟潇,韩涛,任连海,等.通风量对餐厨垃圾好氧堆肥的影响[J].北京工商大学学报:自然科学版,2008,26(3):4-8.
- [5] 刘玉德,绳以健.小型餐厨垃圾处理设备研究[J].粮油加工,2010(1):107-110.

Study on Processing Equipment of Food Residue

LIU Yu-de¹, SHENG Yi-jian², SHI Wen-tian¹, LAN Yu-jing¹, LIU Yang¹

(1. School of Material and Mechanical Engineering, Beijing Technology and Business University, Beijing 100048, China; 2. Quartermaster Research Institute of the General Logistics Department of PLA, Beijing 100010, China)

Abstract: The composition and characteristics of food residue were analyzed, and the processing technologies of food residue using composting method were studied in this paper. The unit processing equipment structures of food residue were designed. The experimental results showed that 91% of the reduction rate of food residue processing and its resource utilization could be realized by using the unit processing equipment.

Key words: processing equipment of food residue; compost; reduction rate; resource utilization

(责任编辑:檀彩莲)