

垃圾分类政策实施后国内厨余垃圾性质及处置现状研究

——以北京首钢餐厨垃圾收运处一体化项目(一期)为例

袁 彧, 陆新生

中国航空规划设计研究总院有限公司, 北京
Email: yuanyu@avic-capdi.com

收稿日期: 2021年4月11日; 录用日期: 2021年5月11日; 发布日期: 2021年5月19日

摘 要

本文探讨了生活垃圾分类后厨余垃圾的理化特性, 对分类后厨余垃圾的特性探讨合理的工艺方案。对比目前国内主流厨余垃圾处理工艺, 针对北京某餐厨垃圾处理项目预处理工艺进行分析, 厨余垃圾破碎分离压榨和筛分生物水解是符合我国厨余垃圾特性以及目前环境卫生基础建设的最佳工艺。

关键词

厨余垃圾, 项目分析, 垃圾分类

Research on the Characteristic and Disposal Status of Domestic Kitchen Waste after the Implementation of the Waste Classification Policy

—Take Beijing Shougang Food Waste Collection and Transportation Integration Project (Phase I) as an Example

Yu Yuan, Xinsheng Lu

China aviation Planning and Design Institute (group) CO., LTD., Beijing
Email: yuanyu@avic-capdi.com

Received: Apr. 11th, 2021; accepted: May 11th, 2021; published: May 19th, 2021

Abstract

This article discusses the physical and chemical properties of kitchen waste after the implementation of the domestic waste classification policy, and discusses a reasonable process plan for the characteristics of kitchen waste after classification. Compared with the current domestic mainstream kitchen waste treatment process, the pretreatment process of a restaurant kitchen waste treatment project in Beijing is analyzed, and the food waste crushing, separation, pressing and screening biohydrolysis are in line with the characteristics of my country's kitchen waste and the current environmental sanitation infrastructure. Good craftsmanship.

Keywords

Kitchen Waste, Project Analysis, Water Sorting

Copyright © 2021 by author(s) and Hans Publishers Inc.

This work is licensed under the Creative Commons Attribution International License (CC BY 4.0).

<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>



Open Access

1. 引言

随着我国人口增长以及城乡一体化发展脚步不断加快, 城镇人口的不断增加, 伴随而来的生活垃圾产生量不断增长, 自 2010 年以来, 我国城市生活垃圾清运量每年以 6%~8% 的速度持续增长, 2019 年全国城市生活垃圾年产生量约 3.43 亿吨[1]。

厨余垃圾是指居民家庭日常生活中丢弃的果蔬及食物下脚料[2]、剩菜剩饭、瓜果皮等易腐有机垃圾。由于厨余垃圾具有含水率高、有机质含量高等特点, 决定其后续处理尽量与其他垃圾分开进行。

2017 年, 上海成为我国首批城市垃圾分类试点城市之一, 2019 年, 全国地级及以上城市全方位展开生活垃圾分类工作, 要求 46 个重点城市到 2020 年底基本完成垃圾分类处理系统。生活垃圾分类工作已经在全国试点推行, 为厨余垃圾处理提供制度和法律保障。

2. 厨余垃圾成份及特点

厨余垃圾主要泛指家庭生活饮食中所需要的来源生料及成品(熟食)或残留物, 包括剩菜、剩饭、菜叶、果皮、蛋壳、茶渣、骨、贝壳等[3]。包括菜市场的果蔬类垃圾, 厨余垃圾具有以下特性[4]:

- 1) 杂物多, 有机物含量高;
- 2) 易腐烂变质, 易发酵, 易发臭;
- 3) 易滋长寄生虫、卵及病原微生物和霉菌毒素等有害物质;
- 4) 厨余垃圾主要为生料, 含油脂低;
- 5) 含水率高: 约 65%~95%;
- 6) 含有较高的潜在生物能, 如能有效处理, 可实现资源的回收再利用, 有利于降低能源的消耗;
- 7) 厨余垃圾与城市垃圾相比较, 其化学构成简单, 有毒有害物质少, 善加利用可实现“变废为宝”。

厨余垃圾随地点、场所以及季节的变化有所不同, 从化学组成上看, 有淀粉、纤维素、蛋白质、脂类和无机盐等, 其中以有机组份为主[5]。

3. 国内厨余垃圾主要处理方式及工艺比较

国内早期厨余垃圾处理主要采用好氧堆肥工艺,但由于厨余垃圾杂质含量高,含水率高,堆肥过程中臭气控制困难,堆肥产品质量差,没有销路,最终大多实际仍采用了填埋处置。

近年来,厨余垃圾处理主要采用厌氧生物处理法[6],厌氧生物处理又分为湿法和干法消化两种类型,湿法工艺的物料含固率一般控制在8%~18%,干法工艺物料含固率控制在18%~30%。一般认为干法厌氧消化总固含率可控制在20%~40%。针对我国厨余垃圾含固率一般约为30%的情况,若采用湿法厌氧消化,需加入大量稀释水,从而增加厌氧消化、后期沼渣和沼液的处理投资,并显著增加运行成本;另外,湿法厌氧消化对厨余垃圾的预处理要求较高。而利用干法厌氧发酵可在保持其原始状态进行厌氧消化,厌氧消化前不需补水稀释,节约了能耗,而且干法厌氧消化工艺因其能够处理高固含率废物的优点,相对满足了目前厨余垃圾处理的要求,但该工艺技术装备需要进口,建设成本高,在国内仅有小规模应用。

当前主要厨余垃圾处理工艺比较:

1) 目前国内好氧发酵工艺有4种常见处理工艺,普通槽式好氧发酵技术[7]、全封闭一体化好氧发酵技术[8]、罐式好氧发酵技术[9]、滚筒式好氧发酵技术[10]。这些技术虽然成熟,但主要受环境效应和产品出路合规性的制约,未能大规模应用。如杭州餐厨垃圾综合资源利用项目,采用供氧翻抛发酵技术,将厨余垃圾制成有机质达到90%以上的有机肥原料。

2) “预处理水洗 + 湿式厌氧”工艺技术无规模化连续稳定运行案例,目前均处于试验摸索阶段,该处理工艺存在耗水量大、厌氧系统规模大建设成本高[11]、污水处理量大、容积产气率低等问题[12]。其处理工艺本质是将“垃圾处理”转换到“水处理”,若提高污水排放标准,则运营成本将大幅增长,工程应用难以推广。

3) “预处理 + 干式厌氧”工艺目前国内有3个运营项目,多个在建项目,核心设备“干式厌氧罐”均采用国外进口设备,对厨余垃圾品质要求相对较低,但也存在“预处理流程长,沼渣、沼液处理工艺复杂”等问题[13]。

如上海普陀厨余垃圾生化处理项目采用“分选预处理 + 干式厌氧消化+生物气发电”的综合处理工艺[14],设计处理能力800吨/天,项目预算总投资2.89亿元。2005年12月28日项目正式开工,2007年底土建基本完成。2008年3月开始进入设备安装阶段。2009年,由于项目选择的垃圾干法消化技术不成熟,尝试对原有工艺的研究论证以及寻求技术变更等多种解决方案,但均没有成功。最终投资3.50亿元的上海普陀垃圾生化处理项目正式宣告失败。

4) 目前适应性较强能广泛推广的厨余垃圾处理工艺:破碎分离 + 螺旋压榨 + 有机固渣 + 有机浆液,该处理工艺线路适应性分析如下:

a) 对厨余垃圾复杂组分适应性分析

厨余垃圾属于混合垃圾,厨余垃圾中除了大量易腐成分外,还含有纸类,木竹,织物,玻璃,陶石,大骨,贝壳,金属等,其约占30%左右。本工艺路线前端的破碎分离处理一方面部分分离物塑料、纺织品、毛笋壳、玉米皮、玉米棒芯有利于焚烧,可以做到回收资源化再利用,另一方面也做到了厨余垃圾的初步减量化,减量率约33%。

b) 对固液分离、含水率及热值适应性分析

基于厨余垃圾高含水率的特点,约75%,经破碎分离后的厨余垃圾含水率有所下降,再经螺旋压榨机压榨处理后,含水率降至60%左右[15]。分离出来的固渣为橡塑类固渣和有机固渣两类。分选出来的橡塑类由于沾染水分含水率约在66%,干基高位热值3000~6000 kJ/kg不等,干燥脱水后橡塑类本身有着较高的热值,可以直接回收焚烧处理。

c) 对有机浆液资源化利用适应性分析

有机浆液也可以与餐饮垃圾厌氧反应器协同处理, 由于厨余垃圾在预处理方式和餐饮垃圾有着相似之处, 可以采用破碎制浆预处理后得到均质的有机浆液粒径较小, 含固率满足 6%~12%, 除油后含油率能达到 0.5%, 可以进入厌氧反应器处理, 产生的沼气可以作为资源化利用的一种途径, 沼渣及污水可借助餐饮垃圾处理设施一起处理。

d) 对现有环卫设施适应性分析[15]

本工艺所产生的固相与生活垃圾焚烧厂协同, 厨余垃圾有机渣质脱水后直接焚烧。对焚烧厂的影响主要体现在: 由于进料的固渣含水率降低, 热值提高, 所以不需要焚烧厂提供额外的辅助燃料, 减少厨余垃圾占用现有填埋场的库容。对污水厂的影响主要体现在: 所产生的液相与污水处理厂协同, 将生化性能良好的有机物溶入水中, 作为碳源减少了原污水厂碳源的投加量, 节约了经济成本, 但是高浓度的有机浆液会增加污水厂的负荷。

压滤液与餐饮协同处理, 由于厨余垃圾在预处理方式和餐饮垃圾有着相似之处, 可以进入厌氧反应器处理, 产生的沼气可以作为资源化利用的一种途径。

e) 工艺应用前景分析

通过生物质破碎分离机一体机[16], 将物料中的塑料、纺织品、毛笋壳、玉米皮、玉米棒芯和一些硬性的惰性物体高效率地分离出去, 同时将有机质细胞核内的水分打出(破壁)。经生物质破碎分离后的有机渣料通过挤压脱水机实现固液分离, 固相外运处置, 液相进入污水暂存池。通过进一步预处理, 可以做为污水处理厂碳源协同处理, 也可以与有机垃圾厌氧反应器协同处理。适应能力强, 工艺流程简洁, 固液分离流线清晰, 新鲜垃圾即时处理, 臭味可控。系统设计功能化模块设计清晰、结构简单, 可维护性高。

综上所述, 国内厨余垃圾主流处理工艺为: 破碎分离 + 螺旋压榨 + 有机固渣 + 有机浆液。

4. 典型项目分析

北京首钢餐厨垃圾收运处一体化项目(一期)建成与 2018 年, 随着北京市生活垃圾分类制度的实施, 目前承接厨余垃圾约 50 吨/日, 采用“大物质分拣 + 精分制浆 + 除砂除杂 + 油水分离”工艺, 如图 1 所示。本工艺路线处置规模为 100 吨/日, 设计处置垃圾类型为餐厨垃圾。但随着《北京市生活垃圾管理条例》的实施, 大量厨余垃圾从生活垃圾中分离。但由于餐厨垃圾和厨余垃圾性质有所不同, 如表 1 所示。尤其是目前生活垃圾分类还处于起步阶段, 还有大量纸巾、塑料类垃圾混入厨余垃圾中。同时厨余垃圾更多的是家庭厨余垃圾, 来自于家庭厨房, 其中包括食品边角料、大块根茎等。相比于餐厨垃圾, 厨余垃圾粒径更大, 含水率更改。导致处理工艺与餐厨垃圾不同。

本项目首先配置容积为 35 m³接料仓, 用于接收餐饮垃圾和厨余垃圾毛料, 将其输送至分拣机进行原料的粗分选, 同时将物料中的游离液体沥出, 减少杂物中的液态有机物含量。经接料装置沥水后输出的固态物料通过分拣机处理, 以机械分选方式将物料中粒径在 50 mm 以上的杂物分离出系统, 主要为大块金属、瓷片、玻璃瓶及塑料袋等杂物, 得到的以有机质为主的均质物料进入下一级精分制浆系统。其次配置精分制浆机进行餐厨物料的精分选, 将物料中粒径大小在 20 mm 以上的杂物分离出系统, 如瓶盖、筷子小粒径杂物及塑料、纸张等轻质杂物, 同时得到 8 mm 以下粒度的浆状物料为主的均质物料进入后续除砂系统处理。除砂系统是通过溢流式除砂+旋流除砂两级处理, 达到去除有机浆液中的重物质(贝壳、玻璃、瓷片、砂石等比重大于 2000 kg/m³)。最后进入油水分离系统, 通过热解离心提油工艺, 将精分制浆系统的出料分离成高浓度有机废水及工业粗油脂。水相和固渣存入浆液池由输送泵输送至厌氧发酵系统进行厌氧发酵产沼, 部分水相回用至分拣除杂系统和精分制浆系统。此套工艺具有资源化利用率高、

自动化程度高、处理流程短、封闭性好、故障率低等工艺特点, 是目前主流的厨余垃圾资源化处置项目预处理工艺方案。

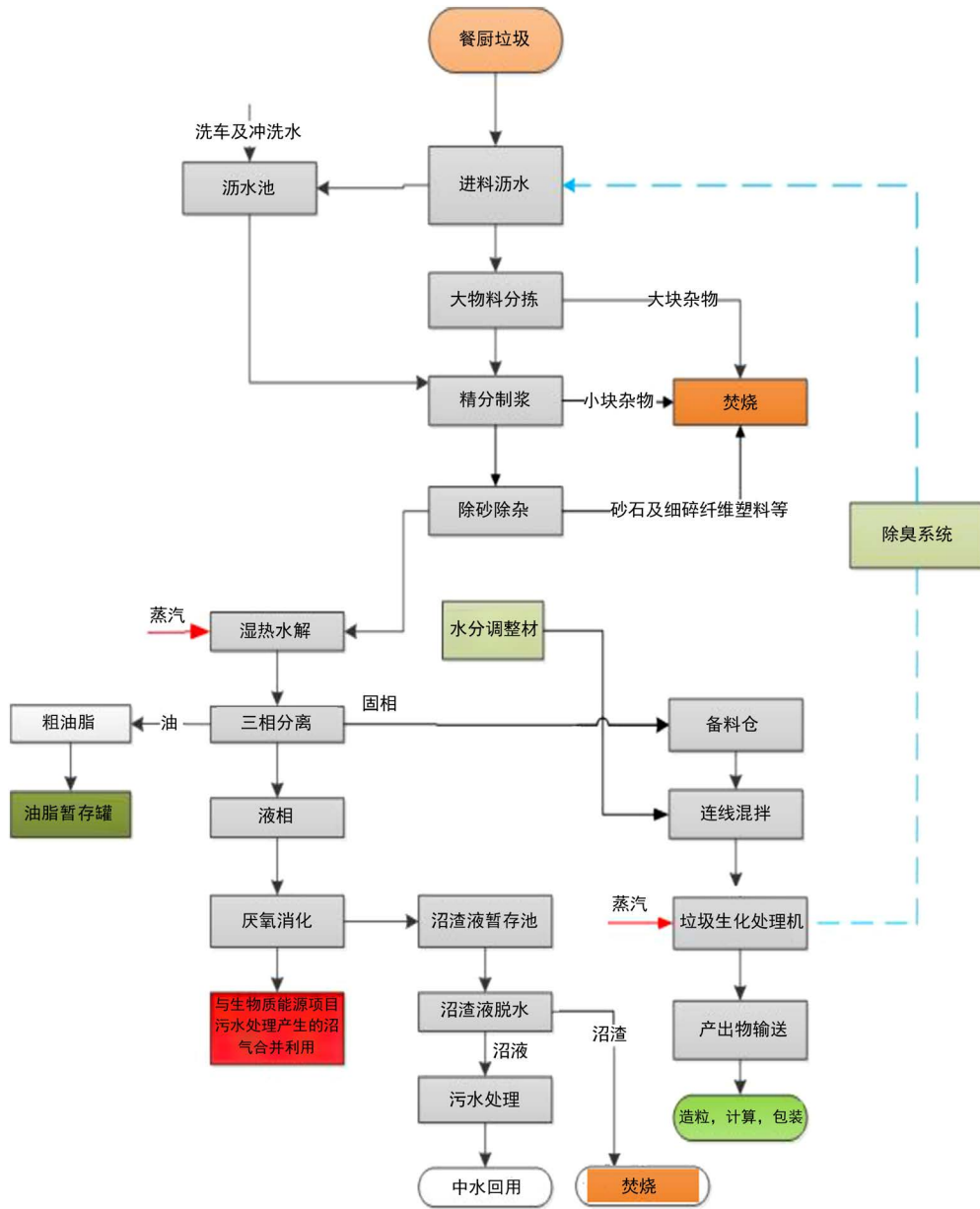


Figure 1. Process flow chart of Beijing Shougang food waste collection and transportation integration project (Phase I)
图 1. 北京首钢餐厨垃圾收运处一体化项目(一期)工艺流程图

图 2 为本项目预处理工艺部分物料平衡图。由图可知本项目资源化利用率较高, 约 102.5 吨/日进入后续厌氧工艺。通过预处理分离出的固渣约为 11.45 吨/日, 这些含水率为 30% 的固渣通过运输车进入了首钢生物质焚烧厂进行焚烧处理。

但目前本项目采用餐厨垃圾预处理工艺处置厨余垃圾过程中产生较多问题。容易出现架桥、设备磨损、塑料袋缠绕等问题。这些问题的主要原因是由于厨余垃圾粒径大、含有较多塑料袋以及性质不稳定造成的。为解决这些问题, 可采取如下方案:

- 1) 增大接料仓卸料口尺寸, 降低架桥发生的可能性;
- 2) 增设破袋机, 在进入大物质分选机前进行破袋处理;
- 3) 增大螺旋半径, 使螺旋的周长大于塑料袋长度, 避免塑料袋缠绕;
- 4) 增大螺旋电机功率, 提升螺旋扭矩, 避免由于厨余垃圾粒径过大造成堵塞。

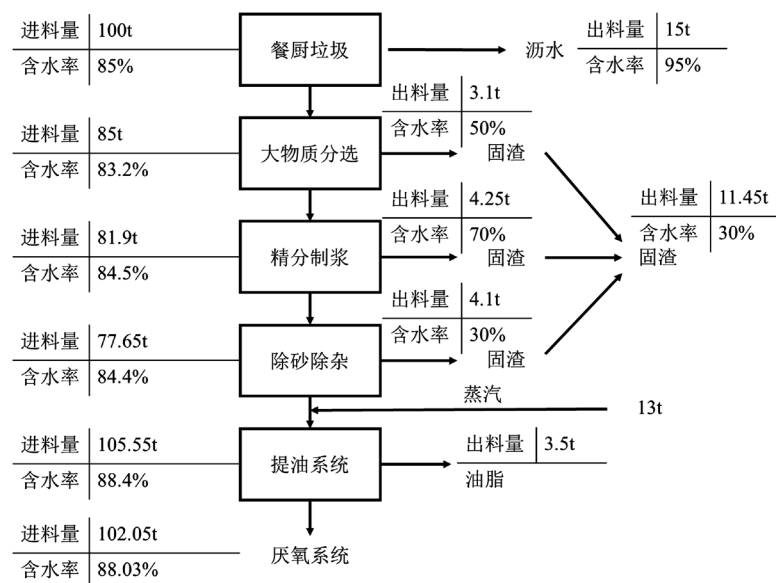


Figure 2. Material balance diagram of pretreatment process part
图 2. 预处理工艺部分物料平衡图

Table 1. Characteristics of food waste in Beijing before/after classification of domestic waste
表 1. 生活垃圾分类前后北京市餐饮垃圾性质

	有机质	油脂	塑料	纸类	木竹	玻璃	陶石	大骨、贝壳	金属
北京市餐厨垃圾(分类前)	83.77	5.7	0.58	0	0.45	0.70	0.63	8.17	0
北京市厨余垃圾(分类后)	75.81	2.39	5.35	6.8	1.62	0.1	0.42	7.21	0.25

5. 结论

目前厨余垃圾有非常多的处理方式, 但是这些处理方式, 基于对前端垃圾的高度正确分类, 否则处理效果大打折扣。根据目前垃圾分类制度实行较好的城市来看, 在我国后续开展厨余垃圾分类的城市需要吸收厨余垃圾处置工艺过程中产生的问题的经验。减少无机物, 尤其是塑料袋, 混入厨余垃圾中, 再投放过程中进行破袋等有效的措施, 可以减少厨余垃圾处置工程中设置破袋滚筒筛的环境, 缩短工艺路线。

厨余垃圾破碎分离压榨和筛分生物水解工艺脱水后的产生的固渣作为燃料可与生活垃圾焚烧厂协同, 浆液可与餐饮垃圾有机浆液进行协同处理。

从占地、投资、及综合处理费用、处置时间等方面看, 破碎分离压榨预处理工艺与其他工艺相比各项性能指标占优。

参考文献

- [1] 中华人民共和国生态环境部. 2019 年全国大、中城市固体废物污染环境防治年报[M]. 北京: 中华人民共和国生态环境部, 2019.

-
- [2] 张婷婷. 餐厨垃圾不同模式堆肥化处理效果及产品应用研究[D]: [硕士学位论文]. 泰安: 山东农业大学, 2016.
- [3] 郭在培, 孔飞, 黄伟钊. 厨余垃圾快速干化堆肥规模生产工艺的试验研究[J]. 环境卫生工程, 2019, 27(4): 29-31.
- [4] 崔悦. 利用 Fe 和 Fe/C 提高餐厨垃圾甲烷产量的研究[D]: [硕士学位论文]. 北京: 北京化工大学, 2018.
- [5] Liu, Y., Yuan, Y., Wang, W., *et al.* (2019) Effects of Adding Osmoprotectant on Anaerobic Digestion of Kitchen Waste with High Level of Salinity. *Journal of Bioscience and Bioengineering*, **128**, 723-732. <https://doi.org/10.1016/j.jbiosc.2019.05.011>
- [6] 徐立, 董蕾, 华建敏, 等. 国内厨余垃圾厌氧消化工艺的应用[J]. 环境保护与循环经济, 2020, 40(11): 33-37, 75.
- [7] 周纬. 槽式机械翻抛好氧发酵技术[J]. 农业工程技术(新能源产业), 2012(4): 31-33.
- [8] 陈俊, 陈同斌, 高定, 等. CTB 自动控制污泥好氧发酵工艺的工程实践[J]. 中国给水排水, 26(9): 138-140.
- [9] 袁兴茂, 范国昌, 陈林, 等. 畜禽粪便高温快速发酵装备设计与试验[J]. 农业机械学报, 2018, 49(S1): 420-425.
- [10] 周艳文. 动态滚筒式污泥堆肥一体化设备的研制和应用[J]. 污染防治技术, 2016, 29(2): 49-52.
- [11] 陈海滨, 刘金涛, 钟辉, 等. 厨余垃圾不同处理模式碳减排潜力分析[J]. 中国环境科学, 2013, 33(11): 2102-2106.
- [12] 王续瑛. 餐厨垃圾综合处理工艺分析研究[D]: [硕士学位论文]. 广州: 华南理工大学, 2013.
- [13] 王春荣. 厨余有机质干式厌氧发酵技术的研究与应用[J]. 广东化工, 2021, 48(5): 131-132, 10.
- [14] 李传运, 邵军, 刘强. 厌氧发酵技术在生活垃圾资源化处理中的应用[J]. 环境卫生工程, 2005, 13(5): 51-53.
- [15] 任中山, 陈璞, 王永明, 等. 生活垃圾分类对垃圾焚烧发电产业发展影响的分析[J]. 环境工程, 2021: 1-5.
- [16] 郑云锋, 黄兴刚, 张力, 等. 大物质分选机在餐厨垃圾预处理中的应用[J]. 山东科学, 2021, 34(1): 98-104.