

上海餐厨有机废弃物成分分析和资源化利用初探

Research of Components Analysis and Resource Utilization of Kitchen Organic Waste in Shanghai

杨晓磊 朱 恩* 王站付
YANG Xiaolei ZHU En* WANG Zhanfu

基金项目:

上海市科技兴农重点攻关项目: 沪农科创字 (2019) 第3-8号

文章编号: 1000-0283 (2020) 06-008-06

DOI: 10.12193/j.laig.2020.06.008.002

中图分类号: TU986

文献标识码: A

收稿日期: 2020-04-27

修回日期: 2020-05-01

杨晓磊

1982生/女/上海人/上海市农业技术推广服务中心高级农艺师/研究方向为农业环境保护、土壤和肥料方面(上海 201103)

朱 恩

1964生/男/上海人/上海市农业技术推广服务中心推广研究员/研究方向为农业环境保护、土壤和肥料方面(上海 201103)

王站付

1985生/男/河南人/上海市农业技术推广服务中心农艺师/研究方向为农业环境保护、土壤和肥料方面(上海 201103)

*通信作者 (Author for correspondence)

E-mail: Zhen27@163.com

摘要

为摸索适合上海市湿垃圾中餐厨有机废弃物资源化利用途径, 历时两年跟踪30个批次餐厨有机废弃物物料情况, 分析其原料组分和成分, 跟踪研究其堆肥后制品。研究表明, 餐厨有机废弃物杂质率较高, 但废弃物原料的营养含量较高, 以氮为主, 盐分(Na^+)和粗脂肪含量较高; 分析其中12个批次餐厨有机废弃物制品, 发现餐厨有机废弃物高温生化制品经脱油脱盐后, 其营养成分较低, 钠离子和粗脂肪高于普通有机肥, 发芽指数较低; 指出对餐厨有机废弃物资源化的利用必须克服其油盐障碍因子, 最后强调严格分拣并分类使用的重要意义。

关键词

餐厨有机废弃物; 成分分析; 资源化利用

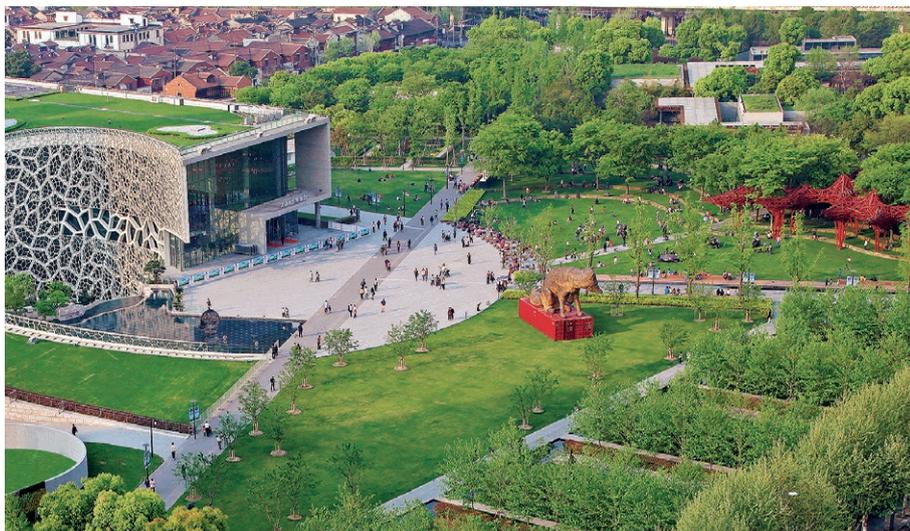
Abstract

Over the past two years, 30 batches of kitchen organic waste materials have been tracked to find out how to use it efficiently in Shanghai. The components of the raw materials were analyzed; meanwhile, scholars conducted a composition study on kitchen waste. The results show that the impurity rate of organic kitchen waste is high. Mainly nitrogen contained in the raw materials of organic kitchen waste. And also, Salt content (Na^+) and crude fat content were high in the organic kitchen waste. 12 batches of kitchen organic waste products were analyzed. After deoiling and desalting of high-temperature biochemical products of kitchen organic waste the nutrient became lower than the raw materials. The salt content (Na^+) and crude fat content of these products were higher than standard organic fertilizer, and the germination index (GI) was lower. If the oil and salt barrier factor should be overcome by strictly sorted and classified, the kitchen organic waste can realize resource utilization.

Key words

kitchen organic waste; components analysis; resource utilization

随着国民经济发展和人民生活水平改善, 中国城市和农村的垃圾量不断增加, 居民消费水平的提高, 也带来餐厨废弃物的迅速增长。据统计, 2015年中国城市垃圾产生量达1 860亿 kg, 其中餐厨垃圾占37%~62%^[1], 2016年中国餐厨垃圾产生量估算有11 910万 kg/d^[2], 与日俱增的餐厨垃圾已成为困扰经济发展和环境治理的重大问题。餐厨垃圾具有水分高、盐分高、有机质含量丰富、组



分时空差异明显、危害性与资源性并存等特点^[3]。针对餐厨垃圾的资源化利用，国内外已经经过了几十年的摸索尝试，目前常用的填埋、焚烧等方法虽然见效快，但是也存在较大的弊端，同时资源利用率较低，因此使用更清洁绿色而且有效的资源化利用处理方法是当前不断探寻的重要目标^[4]，也是现代绿色城市建设及乡村振兴中的一个重要课题。文章通过追踪餐厨有机废弃物原料和其制品，掌握其养分动态并分析其资源化利用障碍因子，研究餐厨有机废弃物资源化利用可行性，探寻安全科学的资源化途径。

1 材料和方法

1.1 餐厨有机废弃物组分调查与分析

本文餐厨有机废弃物 (kitchen organic waste) 定义为：饭店、宾馆和企事业单位食堂等加工、消费食物过程中产生的残羹剩饭、过期食品、下脚料和废料等易腐有机废弃物，严禁混入有毒有害垃圾。这是根据 GB/T 19095《生活垃圾分类标志》中餐厨垃圾定义结合实践摸索后修改而成。

研究连续两年对餐厨有机废弃物按照每个月两批（部分月份未采到样品）的调查频次，对上海市湿垃圾处理点进行定点抽查，每批收集获得餐厨有机废弃物约 2 500 kg，共调查 30 个批次餐厨有机废弃物组分情况。两年合计分析来料总量为

86 000 kg 湿垃圾。将不易降解的非湿垃圾作为杂质人工分拣，调查杂质情况。随机选取其中 24 批以多点取样法取得 200 kg 湿垃圾，用四分法抽取 2 kg 样品进行分析检测。检测由上海市农业科学院进行。

1.2 杂质类型调查

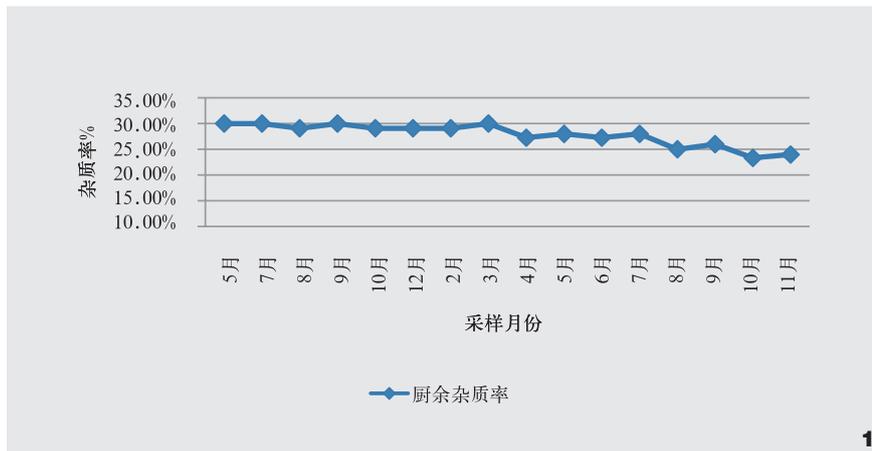
从上海市集贸市场收集了 20 个批次菜场运送的果菜皮湿垃圾抽样，随机抽样量每批 5 000 kg，调查方法为人工分拣，杂质类型主要为 4 类：塑料制品、木制品、玻璃制品、金属制品。

1.3 餐厨有机废弃物资源化利用分析

将餐厨有机废弃物通过高温生化炉进行处理后制作土壤调理剂，选择闵行区 and 嘉定区餐厨有机肥废弃物处理厂 12 个批次样品进行检测成品。

1.4 分析方法

全氮测定用凯氏定氮法；全磷测定用分光光度计法；全钾测定用火焰光度计法；pH 值的测定用玻璃电极法；重金属测定按 GB/T 18877《有机—无机复混肥》；总盐分测定用重量法；粗脂肪测定用索氏提取器法；钠离子测定用硫酸—过氧化氢消化，火焰光度法测定。



1. 湿垃圾杂质率变化情况

2 结果与分析

2.1 餐厨有机废弃物原料研究

2.1.1 原料组分分析

通过人工分拣方法，分别调查了30个批次餐厨有机废弃物原料，总重量为86 000 kg，杂质按每个批次计量，总重量为23 900 kg，杂质率为27.8%。杂质含杂率相对比较高，主要以塑料、砖瓦、玻璃等为主。根据图1所示，按季节来看，湿垃圾杂质率变化不明显，一年半中波动不明显。

2.1.2 果菜皮杂质类型分析

选择菜场果菜皮湿垃圾抽检了20个批次合计调查了93 370 kg果菜皮湿垃圾。对4类杂质进行细分调查，按重量比杂质率为0.86%。杂质情况分析如下：(1) 塑料制品为804.6 kg，而且20个批次都有检出，平均每个批次40 kg；(2) 玻璃制品122 kg，12个批次检出；(3) 金属类制品，以易拉罐为主，共计34 kg，15个批次检出。虽然杂质率重量比不高，但是塑料占比非常高，塑料重量很轻而且不易降解不易分拣。

持续两年跟踪30个批次餐厨有机废弃物原料进行分析，杂质率为27.8%。可能与调查期间上海市还未完全开展垃圾分类有关，因此含杂率相对比较高，但是随着相关垃圾分类政策出台，杂质率有下降趋势。对20个批次农贸市场果菜皮组分分析，杂质率为0.86%，虽然杂质率重量比不高，但是塑料占比非常高。

2.2 餐厨有机废弃物原料成分检测

2.2.1 餐厨有机废弃物原料养分含量分析

对24批次餐厨有机废弃物原料的氮、磷、钾、有机质等养分进行检测分析，结果如表1所示。

全氮含量3.9%~6.9%，平均为5.9%；全磷(以 P_2O_5 计)含量0.9%~2.6%，平均为1.6%；全钾(以 K_2O 计)含量0.4%~0.8%，平均0.6%；总养分6.3%~10.2%，平均8.1%。有机质含量55.2%~65.6%，平均60.7%；C/N为5.0~8.7，平均为6.0，完全符合国家有机肥标准(NY 525-2012)对养分的要求，其中餐厨有机废弃物原料中的全氮含量较高，占总养分的72.7%，这可能和生活条件提高导致饮食中高蛋白含量增加有关；餐厨有机废弃物原料的C/N较低，是堆肥的优质原料。同时结果显示，全氮、全钾、总养分和有机质含量的变异系数均小于15%，说明这些指标的含量变化幅度不大。

2.2.2 餐厨有机废弃物原料障碍因子分析

针对餐厨有机废弃物原料常见的障碍因子，主要包括盐分、粗脂肪等进行检测，结果表明(表2)，含水量为72.4%~82.1%，平均77.2%；总盐分为2.5%~6.7%，平均4.3%；钠离子含量为0.81%~1.86%，平均为1.18%；粗脂肪为16.8%~36.4%，平均28.35；pH值为3.8~4.6，平均4.3。其中含水量和pH值的变异系数较低，说明结果的变化幅度较小；总盐分含量的变异系数明显高于Na和粗脂肪含量，说明餐厨有机废弃物原料总盐

分的含量不如Na和粗脂肪稳定。

2.2.3 餐厨有机废弃物原料重金属含量分析

对上海24个批次餐厨有机废弃物原料的重金属检测分析,结果如表3所示。由于重金属的含量较低,结果的变异系数明显大于养分、总盐分、粗脂肪等指标,根据重金属变异系数的结果,重金属含量的变化幅度从大到小依次为: Hg、Pb、Cd、Cr、As。监测结果显示重金属含量符合国家有机肥标准(NY 525-2012)要求,但As的风险较大,这可能和肉制品生产过程中饲料添加剂有关。

餐厨有机废弃物原料的养分含量较高,养分以氮为主;餐厨有机废弃物的C/N较低,就养分而言是制作肥料的优质原料。其中重金属含量符合有机肥料行业标准要求,但As的风

险较大,餐厨有机废弃物资源化利用时需加强对重金属的监测。盐分较高,同时Na含量明显高于K含量,餐厨垃圾农用时需加强对土壤理化性质的评价与监测。粗脂肪是一种容易分解的有机碳源,由于其粘附性强,施入土壤后容易堵塞毛细管,暂时性地影响作物根系呼吸,从而影响作物生长。餐厨有机废弃物中粗脂肪比较高,由于土壤中本身没有高油脂,当外界带入大量脂肪虽然可以增减蛋白成分,但是也对农田环境和作物生长有较为严重的影响。

2.3 餐厨有机废弃物资源化利用分析

2.3.1 养分指标检测

对12批次餐厨有机废弃物高温生化处理制品,针对氮、磷、钾、有机质等养分进行检测分析,结果如表4所示。

表1 餐厨有机废弃物原料养分检测结果(干基)

项目	N(%)	P ₂ O ₅ (%)	K ₂ O (%)	总养分 (%)	有机质 (%)	C/N
平均值 (n=24)	5.9	1.6	0.6	8.1	60.7	6.0
最大值	6.9	2.6	0.8	10.2	65.6	8.7
最小值	3.9	0.9	0.4	6.3	55.2	5.0
标准差	0.76	0.45	0.09	1.01	2.44	0.97
变异系数 cv (%)	12.79	28.19	13.35	12.40	4.02	16.02

表2 餐厨有机废弃物原料障碍因子分析(干基)

项目	含水量 (%)	总盐分 (%)	Na (%)	粗脂肪 (%)	pH
平均值 (n=24)	77.2	4.3	1.18	28.4	4.3
最大值	82.1	6.7	1.86	36.4	4.6
最小值	72.4	2.5	0.81	16.8	3.8
标准差	2.72	1.24	0.26	5.62	0.27
变异系数 cv (%)	3.52	28.85	21.89	19.82	6.25

表3 餐厨有机废弃物原料重金属含量分析(干基)

项目	Pb (mg/kg)	Cr (mg/kg)	Hg (mg/kg)	Cd (mg/kg)	As (mg/kg)
平均值 (n=24)	1.62	2.95	0.06	0.11	5.13
最大值	9.61	11.07	0.70	0.59	9.12
最小值	0.00	0.00	0.00	0.00	1.25
标准差	2.84	2.90	0.16	0.15	2.65
变异系数 cv (%)	175.48	98.37	293.71	145.93	51.60

餐厨有机废弃物制品与常规有机肥比较，总养分最大值达到7.3%，略低于有机肥，但是原料测定总养分平均值达到8.5%，可能这与餐厨有机废弃物原料含水量高且来源成分不稳定有关。根据有机肥料的标准，有机质含量达到45%即可，餐厨有机废弃物制品有机质含量较高，pH值平均7.0，已经达到肥料标准。

2.3.2 重金属指标分析

餐厨有机废弃物制品比对有机肥料标准，5项重金属均符合标准(表5)。

2.3.3 障碍成分指标分析

餐厨有机废弃物制品，与普通有机肥料相比可能存在高

油高盐问题，因此针对这两个问题，重点检测了钠离子(Na⁺)、粗脂肪、EC值和种子发芽率(表6)。

由于餐厨有机废弃物经高温生化过程进行肥油处理，并且添加秸秆类辅料稀释，12个样品粗脂肪检测值为4.1%~8.1%，平均值为6.4%，但是比对常规有机肥为未检出。钠离子(Na⁺)是餐厨有机废弃物原料制品中具有代表性、典型性的盐基离子，是一种分散剂，用于土壤后对土壤的团粒结构具有一定的负面影响。12个样品钠离子含量为0.26%~0.44%，平均值为0.34%，而普通有机肥钠离子含量为0.21%，所以餐厨有机废弃物制品需要注意高油高盐影响。

种子发芽指数(肥水比为1:10)是衡量肥料对植物生长影响情况的重要指标。12个样品在开展发芽试验过程中有3个样品发生发霉现象，发芽指数为0~90.7%，有发生不发芽的

表4 餐厨有机废弃物制品养分检测结果(干基)

项目	N(%)	P ₂ O ₅ (%)	K ₂ O (%)	总养分 (%)	有机质 (%)	pH
平均值 (n=12)	2.3	1.7	0.8	4.7	74	7.0
最大值	3.6	2.5	1.2	7.3	84	8.4
最小值	1.4	0.4	0.5	2.3	56	5.0
标准差	0.70	0.74	0.25	1.2	9.66	1.15
变异系数 cv (%)	31.1%	44.2%	31.9%	26.2%	13.0%	16.4%

表5 餐厨有机废弃物粗制品重金属含量分析(干基)

项目	Pb (mg/kg)	Cr (mg/kg)	Hg (mg/kg)	Cd (mg/kg)	As (mg/kg)
平均值 (n=12)	15	11	ND	0.07	3
最大值	30	21	ND	0.54	7
最小值	6	6	ND	0.01	1
标准差	7.48	4.59	/	0.14	1.65
变异系数 cv (%)	50.3%	41.9%	/	197.8%	50.8%

表6 餐厨有机废弃物制品障碍成分分析

项目	Na ⁺ (%)	粗脂肪 (%)	EC值 (ms/cm)	种子发芽指数 (%)
平均值 (n=12)	0.34	6.4	7.4	50.3
最大值	0.44	8.1	10.2	90.7
最小值	0.26	4.1	4.9	0
标准差	0.06	1.47	1.87	/
变异系数 cv (%)	17.2%	23.2%	25.4%	/



2. 湿垃圾高温生化处理厂
3. 湿垃圾制品发芽率试验

批次，平均发芽指数为50.3%。相对存放时间比较长的样品发芽指数较高。

餐厨有机废弃物经高温生化过程进行肥油处理(图2)，并且添加秸秆类辅料稀释后，养分平均值为4.7%，有机质含量平均值为74%，钠离子平均值为0.34%，粗脂肪平均值为6.4%。其中养分含量比普通有机肥低，钠离子和粗脂肪高于普通有机肥，发芽指数较低，仅为50.3%。从餐厨有机肥堆肥制品检测结果来看，养分含量并不高，难以成为优质的有机质肥料主料培肥土壤，同时必须注意油分、盐分作为资源化利用的障碍因子，需要进一步研究。

3 讨论与展望

通过湿垃圾原料组成成分分析，发现湿垃圾来源复杂且杂质率较高，特别是塑料制品占比高，必须经过严格分拣后才能后续利用。通过餐厨有机废弃物制品分析发现油盐指标比较高，钠离子(Na^+)含量过高的话可能会引起土壤结构退化以及加剧盐碱化程度，粗脂肪含量高则影响土壤黏度从而影响作物生长^[6]。此外，发芽指数较低，可能是由于高油高盐影响了作物发芽(图3)；有霉变情况是因为餐厨有机废弃物营养丰富引起微生物快速繁殖，如处理不当可能对土壤和水环境造成二次污染，导致疾病传播^[6]。

目前农业部只允许餐厨垃圾作为土壤调理剂产品登记，要求源头进行严格分拣收集，不能混杂其他垃圾，另外由于土壤调理剂用量少，对土壤环境风险相对也较小。因此在《上海市生活垃圾管理条例》法规基础上通过严格分类的湿垃圾建议可以细分以下三类资源化利用途径：

(1) 农贸市场以果菜皮为主的湿垃圾，其原料来源相对单一，如果严格分类，相对风险较小，按相关要求严格分类后，可作为有机肥生产的部分原料，和畜禽粪便混合堆肥，生产有机肥料。

(2) 餐饮、食堂的餐厨有机废弃物作为土壤调理剂生产，制定相应标准，申请农业部土壤调理剂登记证。建议优先使用于园林绿化，限量使用于农业生产，为保护耕地筑好技术屏障。

(3) 居民区湿垃圾由于其源头较复杂，建议作为园林绿化基质使用，应用于上海新建园林改土与已有绿地的维护。📌

参考文献

- [1] De Clercq D, Wen Z G, Fanf, et al. Performance Evaluation of Restaurant Food Waste and Biowaste to Biogas Pilot Projects in China and Implications for National Policy[J]. *Journal of Environmental Management*, 2017, 189: 115-124.
- [2] 刘克峰, 刘悦秋, 王红利, 等. 北京市城市生活垃圾成分调查及农用性分析[J]. *北京农学院学报*, 2001, 16(4): 25-30.
- [3] 胡新军, 张敏, 余俊锋, 等. 中国餐厨垃圾处理的现状、问题和对策[J]. *生态学报*, 2012(14): 4574-4584.
- [4] 程亚莉, 毕桂灿, 沃德芳, 等. 国内外餐厨垃圾现状及其处理措施[J]. *新能源进展*, 2017, 5(4): 266-267.
- [5] 刘研萍, 王伟, 陈雪, 等. 盐分对餐厨垃圾厌氧消化的影响[J]. *中国沼气*, 2016, 34(2): 53-57.
- [6] 孙翔, 肖芸, 阙慧, 等. 基于生命周期分析的餐厨垃圾肥料化利用环境风险评价研究[J]. *环境污染与防治*, 2013, 5(8): 33-38.