

文章编号: 1671-1513(2003) 02-0014-04

饮食业有机垃圾的产生现状及处理技术研究

任连海¹, 曹栩然²

(1. 北京工商大学 化学与环境工程学院, 北京 100037;

2. 北京市新大禹 精细化学品公司, 北京 100013)

摘 要: 研究了饮食业有机垃圾的产生现状及其组成, 发现此类垃圾具有很高的回收利用价值. 通过分析饮食业有机垃圾物理破碎、生物处理等就地处理技术的机理和影响因素, 探讨了它们各自的特点, 并利用物理化学原理, 开发了一种以湿热处理为主要步骤的饮食业有机垃圾处理新工艺.

关键词: 饮食业有机垃圾; 泔脚; 厨余; 固体废物处理

中图分类号: X 705; R 124. 3 **文献标识码:** A

饮食业有机垃圾, 以其含水率高、营养成分含量高、极易腐败变质污染环境等特点, 在城市生活垃圾中占有非常重要的地位. 针对我国饮食业有机垃圾产生现状, 合理预测其产生变化趋势, 研究开发并及时采用适合中国国情的饮食业有机垃圾处理技术具有很强的现实意义.

1 我国饮食业有机垃圾产生现状

1.1 我国饮食业有机垃圾产生量

我国城市产生的饮食业有机垃圾量大、面广, 主要是宾馆、饭店、企事业单位食堂等在经营过程中产生的残羹剩饭、下脚料等混合物. 在国内, 一些食堂、宾馆、饭店等饮食单位的有机垃圾产生量惊人. 据北京市垃圾渣土管理处负责人介绍, 近年来北京饮食垃圾呈稳步上升趋势, 约占城市垃圾总量的 17%. 每天产生的剩饭剩菜就达 1 600 多吨, 每月能回收馒头 20 t 左右, 相当于 140 人一年的口粮. 据上海市废弃物管理处有关人士介绍, 上海以近 3 万家普通餐饮企业和 150 家左右星级饭店为主, 平均每天产生的剩饭剩菜达约 1 300 t, 而且春节期间至少增加 50% 以上. 在大中型城市, 这类垃圾资源数量巨大且集中, 十分有利于资源化利用.

1.2 我国饮食业有机垃圾的组成特点

由于食品的日益多样化及人们喜欢更换口味的习惯, 不同饮食单位产生的有机垃圾成分不同; 同一饮食单位不同时间产生的垃圾成分变化也很大.

在不同时间、不同位置从清华大学食堂以及 3 个餐厅共采集 16 个样品, 按国标 GB 6432—86、GB 6433—86、GB 6434—86、GB 6453—86、GB/T 6436—92、GB/T 6437—92、GB/T 6438—92 规定的测定方法, 进行测定分析(见表 1、表 2).

表 1 饮食业有机垃圾水分测定表 单位: %

项目	平均数	标准差	范围
水分	79.0	5.8	64.0~86.3
干物质	21.0	5.8	13.7~36.0

数据表明, 饮食业有机垃圾中水分约占 79%; 绝干物料中粗脂肪约为 29%, 是大豆的 1.5 倍, 总能水平达 20 MJ/kg, 粗蛋白约占 20%, 是玉米的两倍. 试验表明, 粗脂肪消化率为 88.26%, 粗蛋白消化率为 89.63%, 其消化率与常规饲料相近, 说明饮食业有机垃圾经过处理, 有作为饲料原料的可行性. 而且, 随着人们生活水平的提高, 其中有机营养成分含量呈递增趋势, 可见此类垃圾具有很高的开发利用价值.

表 2 饮食业有机垃圾样品绝干物中各种营养成分的含量			
单位: %			
项目	平均数	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

2 饮食业有机垃圾处理技术的发展

以前, 饮食业有机垃圾都是拉到郊区直接喂猪. 这种处理方式存在很多问题: 1) 垃圾含水率较高, 流动性较大, 非常容易泄露, 造成二次污染, 影响环境卫生; 2) 垃圾车严重影响城市日常交通; 3) 这些垃圾未经任何处理, 有的在运输途中就已变质, 喂出的猪的卫生情况堪忧. 所以, 自 2000 年 11 月份起, 北京和上海先后明令禁止清运这类垃圾的三轮车进城. 于是, 饮食业有机垃圾的出路成了令环卫人员头疼的大问题. 鉴于此, 国内外对饮食垃圾就地处理技术展开了广泛研究.

2.1 物理处理技术

欧美发达国家大多是在厨房安装一台破碎机, 将饮食垃圾割碎, 用水冲到市政下水管网中, 与城市生活污水一起处理. 处理流程如图 1.

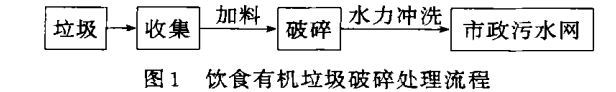


图 1 饮食有机垃圾破碎处理流程

这种方法的优点是价格便宜, 操作简单. 但是, 它一方面要浪费干净的水进行冲洗, 增加了城市污水处理厂的负荷, 另一方面将这些营养物白白冲掉, 也是一种巨大的资源浪费. 西方国家人们的饮食习惯与东方人有很大区别, 产生的垃圾较少, 所以大多采用这种简单的物理破碎处理方式.

2.2 生物处理技术

出于资源化的概念, 很多研究机构开发了基于生物发酵的处理工艺. 它主要包括厌氧发酵和好氧堆肥两种.

2.2.1 厌氧发酵

厌氧发酵是将有机废物在厌氧菌作用下, 降解

产生沼气, 用作能源, 底物经脱水制成肥料. 有机物的厌氧消化过程主要包括液化、产酸和产甲烷 3 个阶段.

反应过程中以含氮有机物($C_aH_bO_cN_d$, 如蛋白质、死菌体及其它动植物残渣等) 和碳水化合物($C_aH_bO_c$, 如淀粉、纤维素、木质素等糖类物质、脂类物质、醇类等) 作为电子供体, 在液化阶段液化为醇类或糖类($C_{a1}H_{b1}O_{c1}$)、有机酸($C_{a2}H_{b2}O_{c2}$). 在产乙酸阶段, 以上阶段产生的可溶性物质作电子供体, 在产乙酸菌作用下, 产生乙酸. 研究表明, 有机垃圾厌氧消化的产乙酸阶段的微生物反应都需要消耗一定的 NH_4^+ 与碱度. 在产甲烷阶段, 主要以乙酸为电子供体^[1], 在产甲烷菌的作用下, 反应计量方程式为式 (1):

$$\frac{1}{8}CH_3COO^- + \frac{\delta a}{\sigma}NH_4^+ + \left[\frac{1}{8} + \frac{f_s}{4} - \frac{(2a + \delta - \epsilon)f_s}{s} \right] H_2O = \frac{f_s}{s}C_aH_bO_cN_d + \frac{1-f_s}{8}CH_4 + \left[\frac{1}{8} - \frac{\delta f_s}{s} \right] HCO_3^- + \left[\frac{f_s}{8} - \frac{(a - \delta)f_s}{s} \right] CO_2 \quad (1)$$

有机垃圾的厌氧消化处理工艺过程如图 2^[2].

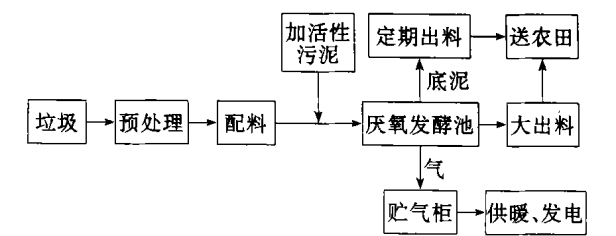


图 2 饮食垃圾厌氧消化工艺流程示意

研究发现, 厌氧消化系统的启动时间一般约为 54 d 左右; 反应器稳态运行的主要影响因子为水力停留时间、化学需氧量容积负荷、进料 TSS 和发酵温度^[3]. 在厌氧消化中, 丙酸是挥发性脂肪酸中毒性最强的. 产甲烷菌对乙酸和丁酸的承受浓度在 10 g/L 以上, 但是对丙酸的承受浓度在 1 g/L 时就出现明显的阻抑现象^[4]. 所以, 在产甲烷阶段, 应尽量避免丙酸的生成或介入.

2.2.2 好氧堆肥

好氧堆肥, 是在通空气的条件下, 好氧微生物起作用, 最终将垃圾制成肥料. 工艺过程如图 3.

好氧堆肥过程按堆体温度分为 3 个阶段: 驯化阶段、中温阶段、高温阶段, 各阶段有其活跃的不同微生物.

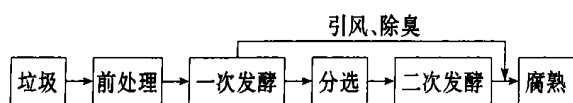


图3 饮食垃圾好氧发酵工艺流程示意

堆肥过程是多种微生物相参加、对垃圾中有机物进行协同作用的复杂生化反应过程。因而所有影响微生物生活和生长的因素都将对堆肥产生影响,其中主要影响因素如下:

1) 环境温度: 若环境温度变化剧烈,将会影响堆肥过程的进行。环境温度降低至 5°C 以下时,堆肥难以进行,环境温度在 10°C 以上时,经过通气等的调节堆肥可以进行^[6]。

2) C : N : P 值: 要使堆肥快速有效的发酵分解, C : N : P 应该保持在 $240 : 8 : (1 \sim 2)$ ^[7]。

3) 堆料的成份: 饮食业有机垃圾中有机物及抑制物质的含量会影响堆肥质量。

4) 通风: 通风有助于提供堆肥过程中最主要的电子受体—氧气^[8]。

5) 饮食业有机垃圾堆肥的生物学效应: 饮食业有机垃圾中含有细菌、放线菌、真菌、酵母菌等大量的微生物。在堆肥化过程中,微生物类群处在一个不断变化的动态平衡之中^[9]。 45°C 时堆肥中曲霉属、芽孢杆菌属、肠道杆菌属、假单孢菌属和芽孢乳杆菌属等为优势菌群;而 55°C 时,除了芽孢杆菌属和假单孢菌属仍然为优势菌群外,乳酸杆菌属、链球菌属和小单孢菌属则成为新的优势菌群。合理利用这些微生物资源,充分发挥微生物之间的协同促进作用,是垃圾堆肥化的重要研究内容之一。

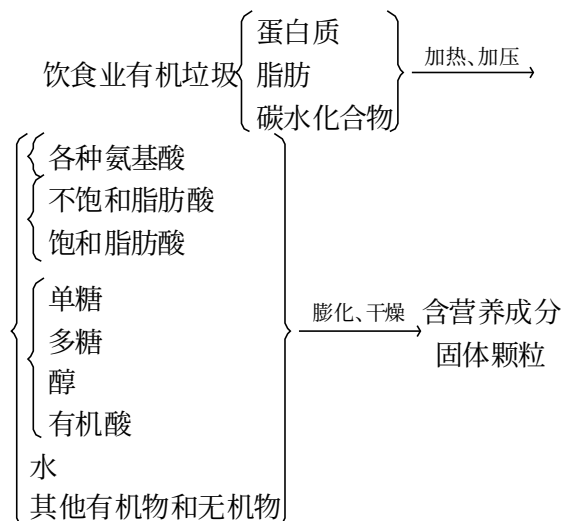
总的看来,生物方法工艺简单,运行费用较低,二次污染少。但是受水分、有机物含量、碳氮比、通风等因素影响较大,反应比较缓慢,并不能最终满足用户的需求;饮食业垃圾中的高油脂含量和高含盐量非常不利于微生物生长,也制约了生物工艺的处理效果。另外,最终产出的肥料受肥效等因素所限,销售较难,如果不能及时卖出去,这些固体物质仍需作为固体废物进行相应的处理处置。

2.3 物理化学处理技术

在控制条件下,物理化学反应要比生物反应速率高。饮食业有机垃圾湿热法处理工艺,作为一种物理化学过程,其原理是将有机垃圾在含水的环境中加热,部分有机物水解生成小分子营养成分,然后迅速卸压、膨化,产物中的水分从颗粒中瞬间溢出,可

以改良固性物微团结构,其余水分主要以间隙水形式存在,易于被去除,经干燥,最终生成疏松细碎的颗粒状产物。膨化后水分呈过热状态,瞬间汽化的同时,也散失了部分水溶性蛋白质和低热值脂肪,瞬时的高温又对脂肪酶和过氧化物酶可起到钝化和灭活作用,更有利于物料的保存^[10]。并且,在反应条件下,淀粉水解糖与氨基酸发生梅拉德 (Maillard) 反应,对产物具有着色致香作用,可改善产物口味,有利于作为饲料原料^[11~12]。

该技术分为两步:第一步,中高温加热,灭菌、部分水解;第二步,膨化、烘干,生成产品。其实质是一系列复杂的物理化学过程。湿热法处理过程的表达式如式(2):



(2)

该方法处理周期短,对饮食业垃圾中油脂和高含盐量不敏感,产物中含丰富的易于被动植物所吸收的氨基酸、不饱和脂肪酸和糖类等营养成分,可以高温消毒,而且一些有毒有害的有机物,象含硫、硝酸盐的有机物也能被迅速破坏掉^[13],是饮食业有机垃圾的处理及资源化利用的合理出路,具有良好的发展前景。

3 结论

通过上述研究,得出如下结论:

1) 我国城市饮食业有机垃圾产生量大而集中,有利于实现资源化处理。并且,其中营养物质含量丰富,绝干物中粗蛋白含量约 20.73%、粗脂肪约 28.82%、粗纤维约 3.53%,具有很高的开发利用价值。

2) 饮食业有机垃圾极易腐败变质,需与其他城

市生活垃圾分开处理。其中油脂含量、盐含量、水分含量较高,增加了处理难度。

3) 饮食业有机垃圾物理破碎处理技术设备简单,运行费用低,适用于产生量较小的情况;生物处理技术运行费用较低,可以实现资源化,但处理效果受温度、油脂含量、盐含量等因素局限,另外,最终产出的肥料受肥效等因素所限,销售有一定难度。

4) 饮食业有机垃圾湿热法处理技术可有效实现该类废物资源化、减量化、无害化,值得开发推广,不足之处是能耗较大。

参考文献:

[1] 周少奇. 有机垃圾厌氧处理的微生物作用原理[J]. 华南理工大学学报, 1999, 27(9): 81- 84.
[2] 聿振明. 固体废物的处理与处置[M]. 北京: 高等教育出版社, 1996. 252.
[3] 赵由才. 常温厌氧消化技术处理城市生活有机垃圾的中试研究[J]. 环境污染与防治, 2001, 23(4): 168- 171.
[4] Mosche M. Comparison of different models of substrate and product inhibition in anaerobic digestion

[J]. Wat Res, 1999, 33(1): 2545- 2554.
[5] Stentiford E I, Pereira-Neto J T, Mara D D. Low cost composting: research monographs in tropical public health engineering[D]. Department of Civil Engineering, University of Leeds, 1996.
[6] Li Y X, Wang M J, Wang J S. Effect of air temperature on sewage sludge composting[J]. Environmental Science, 1998, 6(1): 53- 58.
[7] 徐 红. 有机垃圾堆肥技术及其控制[J]. 环境科学进展, 1999, 7(4): 120- 126.
[8] 陈朱蕾. 城市生活垃圾两相好氧堆肥的设计[J]. 应用与环境生物学报, 1999, (5): 113- 116.
[9] 陈世和. 城市生活垃圾堆肥的微生物特性研究[J]. 上海环境科学, 1989, 8(8): 17- 21.
[10] 张 谦, 于 明. 膨化对全脂小麦胚芽营养成分的影响[J]. 新疆农业科学, 1999, (5): 232- 233.
[11] Hodge J E. Amino-carbonyl reactions in food and biological[M]. Tokyo: Kodansha Ltd, 1987.
[12] 宋文东. 淀粉水解糖与 1-精氨酸、谷氨酸反应物的气相色谱-质谱分析[J]. 分析化学, 2001, 29(5): 620.
[13] 康 韦, 罗斯 R. 工业废物处理手册[M]. 姜 越 译. 北京: 工人出版社, 1981. 446.

RESEARCH ON MUNICIPAL DIETETIC ORGANIC WASTE PRODUCTION SITUATION AND TREATING TECHNOLOGIES

REN Lian-hai¹, CAO Xu-ran²

(1. College of Chemical and Environmental Engineering, Beijing Technology and Business University, Beijing 100037, China; 2. Beijing Xindayu Fine Chemical Company, Beijing 100013, China)

Abstract: Studied the Municipal Dietetic Organic Waste on its recent production situation and composition, via which showed these kinds of wastes being valuable for reclamation. On the basis of analyzing the theory of physical grinding technology, biological treatments technology for Municipal Dietetic Organic Waste treatment and investigating their influencing factor, considering their limitation for performance respectively, developed a kind of new process for Municipal Dietetic Organic Waste recycling which was on the basis of physics-chemistry theory and the fundamental step was wet heating.

Key words: municipal dietetic organic waste; hogwash; kitchen residue; solid waste treatment

(责任编辑: 邓清燕)