文章编号: 1008-8857(2011)01-0007-06

餐厨垃圾循环处理的产业化分析

尼姝丽[1]，王述洋[1]，梁素钰[2]

(1. 东北林业大学 机电工程学院，黑龙江 哈尔滨 150040; 2. 黑龙江省森林工程与环境研究所，黑龙江 哈尔滨 150081)

摘 要: 阐述了餐厨垃圾的性质及现有处理方法；分析了餐厨垃圾循环处理产业化存在的问题，主要有：餐厨垃圾的产生单位对餐厨垃圾的危害和处理意识淡薄、管理制度不完善、循环处理技术水平低。以循环经济理念为理论基础，在“3R”原则的指导下，提出了餐厨垃圾产业化的对策：建立完善的餐厨垃圾处理和管理系统，建设循环处理“一条龙”式的“产业链”，增加处理补偿，提高循环处理技术水平。

关键词: 循环经济;“3R”原则; 餐厨垃圾; 产业化

中图分类号: TK6 **文献标识码:** A

随着社会经济的快速发展以及城市化进程的加快，我国城市生活垃圾的产生量持续增加。生活垃圾中餐厨垃圾约占 37%~62%，已成为市容环境的主要污染物。餐厨垃圾也称泔脚废弃物，极易腐烂变质，散发恶臭，传播细菌和病毒，对环境卫生造成恶劣影响，且容易滋生病原微生物、霉菌毒素等有害物质[1]。在城市中出现的“地沟油”、“垃圾猪”均来源于此，已成为城市生活中的公害问题。

餐厨垃圾是可以利用的废弃物，对其采用合适的处理方法可以有效地回收和转化餐厨垃圾中可利用的资源，产生数量可观的沼气和有机肥料。

1 餐厨垃圾循环处理的理论基础

1.1 循环经济理念

所谓循环经济，本质上是一种生态经济，它要求运用生态学规律而不是机械论规律来指导人类社会的经济活动；也就是把清洁生产和废弃物的综合利用融为一体的经济。循环经济与传统经济相比的不同之处在于[2]：传统经济是一种由“资源—产品—污染排放”单向流动的线性经济，其特性是高开采、低利用、高排放；而循环经济的出发点是减少资源消耗，保护生态，实现环境和经济建设的和谐统一，实现经济的生态化转向，走可持续发展之路。

收稿日期：2010-08-20

作者简介：尼姝丽(1963-)，女(汉)，博士生，教授，nishuli2004@163.com

基金项目：哈尔滨市科技创新资金项目——学科带头人专项(2007RFXXN002)；哈尔滨市科技创新资金项目——青年专项(2008RFQXN010)

1.2 循环经济“3R”原则

20 世纪 60 年代，美国经济学家波尔丁提出了“循环经济”这一概念，它是对物质闭环流动型经济的简称，指的是把物质、能量进行梯次和闭路循环使用，在环境方面表现为低污染排放，甚至零污染排放，以减量(Reduce)、再利用(Reuse)、再循环(Recycle)的循环经济模式[3]，即“3R”原则。

减量化原则是循环经济的输入端方法，对废弃物的产生是通过预防的方式而不是末端治理的方式来加以避免，从源头节约资源使用和减少资源投入，从而达到减排目的。再利用原则是尽可能多次以及尽可能多种方式地使用，避免物品过早地成为废弃物，从而减少废弃物产生。再循环原则是输出端方法，是尽可能多地再生利用，也就是通常所说的废弃物的回收利用和废弃物的综合利用，使废弃物资源化，变成其他产业或产品的原料，实现资源的循环利用，最大限度地减少废弃物排放。

1.3 餐厨垃圾的循环处理

餐厨垃圾的循环处理包括收集、运输、资源化处理，如图 1。

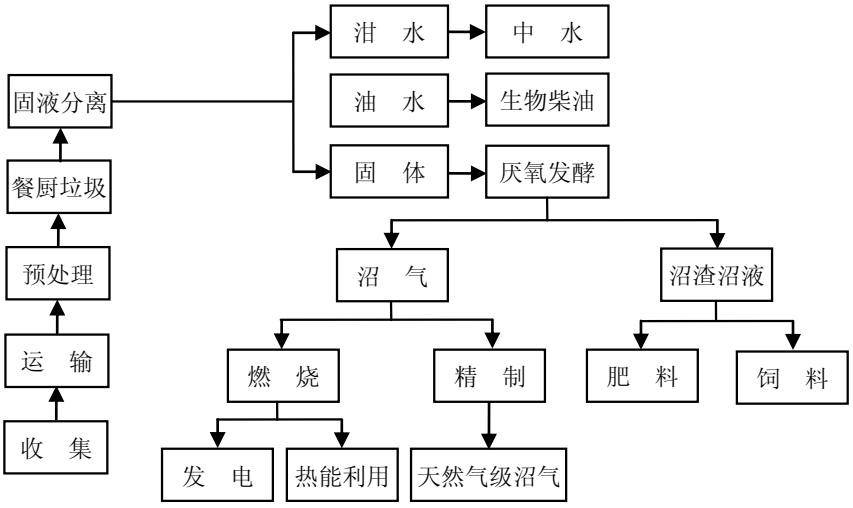

图 1 餐厨垃圾循环处理

Fig. 1 Food waste circular processing

2 餐厨垃圾的性质及处理现状

2.1 餐厨垃圾性质

2.1.1 餐厨垃圾成分分析

餐厨垃圾主要来源于居民在生活消费过程中形成的生活废物，即居民区、饭店、各种企事业单位的食堂。一般，在食品加工过程中产生的食物残余成分主要为菜叶、果皮、碳水化合物；而在饮食消费后的食物成分主要是以淀粉、蛋白质、脂肪为主，还有氮、磷、钾、钙以及各种微量元素，如表 1[4]；同时还表现出高含盐量(湿基：0.8%~1.5%)、游离态脂肪比重大(干基：20%~30%)、含水率高(65%~95%)[5]。

表 1　餐厨垃圾的主要元素含量

Table 1　Main elements in food waste　　%

项　目	C	N	H	O	S
范　围	42.05~47.67	1.91~3.89	5.25~5.93	30.22~34.87	0~0.55
平均值	45.26	2.97	5.83	32.80	0.30

2.1.2　危害性

（1）餐厨垃圾有机物含量高，极易变质、腐烂、发酵，产生大量毒素，而且由于其来源复杂，含有各种细菌和病原菌，成为传染疾病的媒介；洗涤剂、消毒剂和杀虫剂会使泔水中含有大量的铅、汞等有毒有害物质，若直接当做饲料喂养畜禽，会直接污染人类食物链，危害人体健康。

（2）餐厨垃圾的含水率高，这给其收集、运输和处理都带来很大难度。垃圾渗滤水可通过地表径流和渗透作用，污染水体；散发恶臭气体，污染大气，严重影响城市市容和人居环境。若直接排入下水道会对城市下水管道造成很大腐蚀，还会引起下水道堵塞，严重污染地下水源及河流。

（3）不法分子从餐厨垃圾中提炼“地沟油”、“泔水油”。这种经过提炼得到的“地沟油”、“泔水油”含有大量有毒物质如黄曲霉素、苯等。长期食用这种油脂，会造成食用者肿瘤等慢性疾病的发生，如胃、肝的肿瘤，危及人的身体健康和生命安全！

（4）泔水中含有大量病菌，在没有经过任何安全方式处理后就饲喂生猪，会使各种病菌进入生猪体内，人食用后会影响身体健康。

2.1.3　资源性

由餐厨垃圾成分分析可知，其含有大量的营养物质，这些营养物质经过科学高温无害化处理就可以变废为宝、变害为利，可替代玉米、鱼粉、豆粕等加工成高能蛋白优质饲料，而且当氮量占干物质的比例达 3%以上时，是生产绿色食品最理想的肥料，成为一种可以回收再利用的城市资源，这样既吸纳了排放单位产生的餐厨垃圾，也减少了对城市环境的污染，从长远看还可获得可观的经济效益。

餐厨垃圾的生物降解率可高达80%，采用适宜生物转化技术进行处理，具有很大的回收利用价值。若采用沼气发酵技术处理餐厨垃圾，3 000 $kg \cdot d^{-1}$餐厨垃圾完全发酵后，甲烷的理论产气量为1 230 $m^3 \cdot d^{-1}$，每年相当于节省标准煤782 t，实现CO_2减排2 080 t、SO_2减排为23 t，每年可产生50多万元的经济效益[6]。这种回收利用也是循环经济减量、再使用、再循环“3R”处理原则的具体体现。

2.2　餐厨垃圾处理现状

餐厨垃圾作为城市有机生活垃圾主要成分，其水分含量高、热量低，一般为 2 100~3 100 $kJ \cdot kg^{-1}$，如果与其它生活垃圾进行焚烧，不能满足垃圾焚烧发电的发热量要求（即 5 000 $kJ \cdot kg^{-1}$ 以上）；且还会产生二恶英等毒害物质。餐厨垃圾因其高油脂、高盐分以及易腐发臭、易生物降解等特点，如果采取与其它生活垃圾混合进行卫生填埋，容易引起恶臭，产生大量渗滤液，造成二次污染。目前，国际上餐厨垃圾单独处理的方法有很多，如卫生填埋、高温好氧堆肥、餐厨垃圾处理机处理以及饲料化等。餐厨垃圾的处理主要以资源化为主导，我国现主要的处理工艺有制氢、发酵堆肥、制取饲料、厌氧消化—回收沼气等如表 1[7-9]。

表 2 餐厨垃圾处理方法

Table 2 Processing methods for food waste

	处理技术简介	优 点	缺 点	最终产品
制氢	餐厨垃圾作为发酵原料，在处理有机废物的同时，可获取高能、洁净的氢气	能耗较传统的化学产氢法(电解水或热解石油、天然气)少	因餐厨垃圾成分复杂，有机物厌氧产氢过程影响因素多	氢气
堆肥	在人工控制的条件下，将餐厨垃圾置于堆肥房内或用塑料膜将垃圾堆覆盖，利用微生物将垃圾中易降解有机物逐步降解，最终形成稳定的腐殖质	餐厨垃圾有机物含量高，营养元素全面。C/N 比较低，是微生物的良好营养物质，非常适用于作堆肥原料；经过堆肥后的垃圾有肥效高、肥效快、肥效稳定、体积小和致病菌少等优点。	需用场地大、处理周期长，有些病菌不易杀死；堆肥场地产生的污水和废气将会导致再污染，增加环境负荷	有机肥
厌氧发酵	厌氧发酵是废弃物在厌氧条件下通过微生物的代谢活动而被稳定化，同时伴有 CH_4 和 CO_2 产生	技术风险小、操作安全、选址容易、机械能耗较少，具有很高的餐厨垃圾处理效率，而且可以产生高肥效的有机肥和气能源	处理周期长，对设施的密封性要求严格，菌种存在安全管理问题	沼气 有机肥
制取饲料	将培养出的菌种放入密封贮进行繁殖并杀除病原菌制成饲料；采用高温消毒原理，杀除病毒，经粉碎后加工成饲料	营养成分充分利用、操作安全、占地面积小、管理容易、饲料生产周期短、产品销路较好、可实现市场化运营	对餐厨垃圾收运和存放时间要求严格；为了饲料卫生安全，必须保证消毒效果，因而会增加处理成本	动物饲料

3 产业化存在的主要问题

垃圾处理产业化是将垃圾减量、再利用、再循环的工作实行产业化运作及管理；以“垃圾”为处理对象的事业体的集合，包含技术服务、垃圾处理和二次原料开发利用等体系，提供物质资源、环境资源和垃圾处理服务等产品[10]。

目前，全国已有 40 多个城市采用不同模式对餐厨垃圾进行处置，如北京市建成了 5 座处理厂，日处理量 600 t；上海市 2008 年日处理量 444 t；天津市目前建成日处理量 300 t；长春市日处理量 300 t；西宁市日处理量 130 t；银川市日处理量 150 t。但总体来看，餐厨垃圾处理行业尚处于产业雏形，未形成产业。

3.1 对餐厨垃圾的危害和处理意识淡薄

很多城市制定了有关“餐饮业环境污染防治办法”，对“泔水油”、“垃圾猪”等有明确的规定，但由于缺乏广泛的社会宣传和引导，很多餐饮业户对餐厨垃圾的危害和处理意识淡薄，主观意识上抵触禁止用餐厨垃圾喂猪的规定，非法收购者和餐饮业户之间的违规上门收购的地下交易行为还相当普遍，导致垃圾猪现象泛滥，对环境和群众身体健康造成了一定危害，也带来了环境污染和公共卫生安全的隐患。

3.2 管理制度不完善

餐厨垃圾处理是一项涉及社会各个方面的管理工作，应由工商、卫生、城管、环保等部门联合管理。虽然各地已经相继出台相关政策，但各职能部门的执法监督力度不够，同时管理

资源没能有效整合，未能形成一套完整的餐厨垃圾管理法规。没有统一的机构来负责，也导致执法困难，造成餐厨垃圾的流向及处理比较混乱，难以从末端对餐厨垃圾加以控制，导致非法收运、处置。

3.3　循环处理技术水平低

我国餐厨垃圾循环处理技术市场不完善，技术水平不高，还在发展完善之中。一些边缘化的垃圾处理技术缺乏成功案例的支撑，却仍然活跃在垃圾处理技术市场上寻找商机，采用这类技术的风险往往较大。从加工工艺上看，现有投入运营的餐厨垃圾处置设施技术水平较低，产品附加值低，运行成本高，不能正常运营，达不到企业产业链的延伸，难以实现资源循环利用。从环境保护的要求出发，现有的一些处置设施存在环保措施不到位问题，对环境造成污染。

4　循环处理产业化对策

实现餐厨垃圾的产业化就要完善现有的管理体制，采取市场运作形式。在政府财力不足的情况下，调动社会力量投资、建设、运营。政府按企业化处理的垃圾量进行补贴，为餐厨垃圾处理行业注入经济动力，建立一个餐厨垃圾收集、分类、运输和处理等环节有机结合的机制，统一发展，统一完善的机制，使政府有限的财力发挥最大的环境效益、社会效益和经济效益；使餐厨垃圾中的潜在资源得到充分利用。

4.1　建立完善的餐厨垃圾处理和管理系统

餐厨垃圾管理要实行全过程管理，政府应该负责宏观调控，制定合理的餐厨垃圾产业政策，主要包括：扶持餐厨垃圾产业发展的财税金融政策，逐步实行餐厨垃圾计量收费，健全和完善其经济保证制度；实行“政府引导，企业运作，资源利用，有偿服务”的运作机制；企业和社会应当按照市场机制成立餐厨垃圾管理和处理的民营和股份制公司，负责餐厨垃圾的统一收集、运输、处置和资源再利用。

4.2　建设循环处理“一条龙”式的“产业链”

餐厨垃圾处理应当紧紧依靠市场，在正确的利益分配机制激励下，建立垃圾收集、分类、运输和处理全过程的产业链；防止各环节脱节，减少过高的中间成本，提高垃圾产业规模化水平和效益；建立开放、平等、竞争的生产环境；按照谁投资、谁受益的原则，向社会开放城市垃圾处理产业市场，打破垄断经营，引入竞争机制，实行优胜劣汰，在市场机制和利益驱动下，在政府的宏观调控和政策扶持下不断成长壮大。另外，从产业结构的角度来分析，产业内部应存在合理的分工与竞争，形成合理的结构配置，进而形成完整的上下游“一条龙”式的“产业链”。

4.3　增加处理补偿

实行餐厨垃圾处理产业化，重点是转变机制。应当把餐厨垃圾产业确定为战略产业，并在资金、税收、市场和技术服务等方面制定优惠政策，鼓励和推动垃圾产业的迅速发展。虽然垃圾处理产业化缓解了当前政府投资的压力，但从长远看，垃圾处理的投入需求呈增加趋势。调动社会力量投资、建设、运营餐厨垃圾处理设施，政府按企业化处理的垃圾量进行补贴，增加垃圾处理的投入，实施政府管理与市场化相结合的垃圾处理产业化道路。

4.4 提高循环处理技术水平

加强适合我国国情的餐厨垃圾循环处理技术的研究和开发，用高新技术扶持垃圾处理技术市场。从事垃圾资源化的企业在依靠技术创新实现垃圾资源综合利用的前提下，依托市场，实现规模化生产。发挥科技在城市垃圾产业化中的作用，并通过联合科研、联合设计、联合开发产品等带有技术转移目的的跨国合作，使我国的餐厨垃圾处理产业真正达到国际先进水平，从根本上促进城市生态经济系统物质和能量的良性循环，实现经济效益、社会效益和环境效益的协调统一。

5 结束语

据哈尔滨市环卫部门统计，目前哈尔滨市约有餐饮单位 7 000 余家，日产餐厨垃圾约 300 t，且每年以 8%~10%的速度增加[11]。在这样严峻的形势下，餐厨垃圾处理必须实施源头减量和末端处理并举的战略，以完善的法律法规和先进的处理技术，利用市场机制，增加餐厨垃圾处理的政府补贴，走产业化道路，才能有效解决餐厨垃圾，杜绝“垃圾猪”、“地沟油”对人们构成的潜在威胁。餐厨垃圾处理产业化将会促进循环经济发展，加速城市产业结构的调整，保持经济可持续发展。

参考文献:

[1] 刘晓英. **餐厨垃圾特性及厌氧发酵产沼性能研究**[R]. 北京化工大学, 2010.

[2] 马 磊, 王德汉, 谢锡龙. 餐厨垃圾的高温厌氧消化处理研究[J]. **环境工程学报**, 2009, **22**(8): 1509−1511.

[3] 黄文雄. 餐厨垃圾处理现状及发展[J]. **建设科技**, 2002, **8**(3): 90−92.

[4] 王 星, 王德汉, 李俊飞. 餐厨垃圾的厌氧消化技术现状分析[J]. **中国沼气**, 2006, **24**(2): 35−38.

[5] 袁玉玉, 曹先艳, 牛冬杰. 餐厨垃圾特性及处理技术[J]. **环境卫生工程**, 2006, **14**(6): 46−49.

[6] 尼姝丽, 梁素钰, 王述洋. 循环经济模式下餐厨垃圾资源化制沼与效益评价[J]. **能源研究与信息**, 2010, **26**(4): 193−197.

[7] 牛冬杰, 赵雅萱, 刘常青, 等. 餐厨垃圾厌氧产氢综述[J]. 环境污染与防治, 2007, **29**(5): 371−376.

[8] 冯思静, 马云东, 关晓玲, 等. 城市生活垃圾的减量化管理经济效益分析[J]. **环境科技**, 2010, **23**(1): 76−78.

[9] 何雄浪, 朱旭光. 发展我国城市废弃物循环经济的理论与实践思考[J]. **当代经济管理**, 2008, **30**(11): 15−18.

[10] 熊孟清, 隋 军. 垃圾处理产业化的内涵[J]. **再生资源与循环经济**, 2009, **2**(5): 15−18.

[11] 新华网. http://www.xinhuanet.com/chinanews/2009-07/19/content_17140051.htm.

Industrialization analysis of food waste circular processing

NI Shu-li[1], WANG Shu-yang[1], LIANG Su-yu[2]

(1. Northeast Forest University, Harbin 150040; 2. Forest Engineering and Environment Research Institute of Heilongjiang Province, Harbin 150081, China)

Abstract: The properties of food waste and its existing processing methods were introduced in this paper, and problems with the industrialization of food waste circular processing were analyzed. The

(转第 31 页)

建立了一个结构合理、界面友好、操作简便的网络共享平台，用户可以方便地利用数据库中的数据资源进行中密度纤维板热压工艺设计，根据成品的性能可以选择优化的热压过程工艺参数达到降低生产能耗的作用。

参考文献:

[1] 吴 晨, 张 亮, 张 静. **数据库开发与实例**[M]. 北京: 清华大学出版社, 2006.
[2] 盖天宇, 孙明丽, 邹天思. ASP **程序开发范例宝典**[M]. 北京: 人民邮电出版社, 2006.
[3] 张树亮, 李 超. **网络应用系统开发案例精解**[M]. 北京: 清华大学出版社, 2006.
[4] 胡仁平, 杨 洋, 左雪平. 基于遗传神经网络的电火花加工效果的预测[J]. **机械设计与制造**, 2007, **45**(11): 135−137.
[5] 徐小兵, 陈蔚鸿. 基于神经网络的绝缘陶瓷电火花加工工艺效果预测模型[J]. **机械设计与制造**, 2009, **47**(12): 129−130.
[6] YU J B, WANG S J, XI L F. Evolving artificial neural networks using an improved PSO and DPSO[J]. *Neurocomputing*, 2008, **71**(4−6): 1054−1060.

The optimization system of energy consumption in the MDF pressing process

XU Kai-hong, TIAN Yan-qing, GU Zhi-xin

(College of Electromechanical Engineering, Northeast Forestry University, Harbin 150040, China)

Abstract: Using existing data for environmental tests, a database system based on C/S structure for the pressing-process parameters of MDF has been designed and created using SQL Server database management system and the Windows operating system. The database system includes a network database management system and a query system. It is easy to expand, powerful and enables LAN/WAN data sharing. Moreover, the BP neural-network optimization technique has been used for the database. The process parameters can be optimized and the optimum processing parameters can be found. The processing costs can thus be lowered and the energy consumption can be reduced.

Key Words: technological database; BP neural network; database optimization; data query; decreasing energy consumption

(接第 12 页)

food-waste producers are lacking in consciousness for the hazard of food waste and its treatment. The management system remains imperfect, and the technical capabilities of circular processing are low. Based on the circular economy logos and the “3R” principle, countermeasures on the food waste industrialization were suggested. A perfect system for the processing and management of food waste should be established and a coordinated-process industry chain for circular processing should be constructed. In addition, the compensation and the technical competence for circular processing should be increased.

Key Words: circular economy; “3R” principle; food waste; industrialization