

公共餐厨垃圾饲料化项目生产可行性分析

王 莉, 刘应宗

(天津大学 管理学院, 天津 300072)

摘要: 每天都有大量的餐厨垃圾产生。餐厨垃圾可通过生物发酵法生产单细胞蛋白饲料, 并满足饲料的基本要求, 其项目规模的确定需从满足处理服务和企业经营 2 个角度来考虑。设计出单细胞蛋白生产的工艺流程, 并对工艺中涉及的设备进行了选型, 以期对餐厨垃圾生产饲料的工业化生产提供参考。

关键词: 餐厨垃圾; 生产流程; 系统优化

中图分类号: X705 **文献标识码:** A **文章编号:** 1007-7375(2009)05-0050-04

Feasibility Analysis of the Transforming Public Food Waste to Feed

Wang Li, Liu Ying-zong

(School of Management, Tianjin University, Tianjin 300072, China)

Abstract: A great deal of public food waste is produced every day. Such food waste can be used to produce single cell protein by bio-fermenting, which meets the basic nutrition for feed. Based on this observation, production process is designed to transform public food waste to feed. Further, method is presented to determine the optimal production capacity with the volume of food waste produced per day in a region, the environment requirement, and profit being taking into account.

Key words: food waste; production process; optimization

1 公共餐厨垃圾生产饲料

1.1 公共餐厨垃圾

餐厨垃圾指人们在买卖、储藏、加工、食用各种食品的过程中所产生的垃圾, 包括不能吃的蔬菜根、叶、帮; 水果皮、核; 吃剩的米、面、鱼、肉; 动物骨、皮、内脏以及废餐具、纸巾等。一般多为散状、软质物件, 间或混有动物骨骼、破损厨具碎片等硬质碎块。这类垃圾分解速度快, 会散发恶臭, 受时间和季节影响大, 有较大的波动性。公共餐厨垃圾是产生于宾馆、饭店, 各类食品批发、加工、零售市场, 政府机关、企事业单位和学校食堂的餐厨垃圾, 其产生点集中, 产量大, 成分相对固定。

1.2 生产饲料的可行性

在蛋白饲料资源普遍贫乏的形势下, 开发和利用新型蛋白饲料资源对我国国民经济的发展具有深远的现实意义。随着人们对环保关注度的提高以及资源化技术的发展, 餐厨垃圾的污染性和资源性逐

步为人们所认识, 以餐厨垃圾为原料进行的资源化研究也受到前所未有的重视。餐厨垃圾本身是废弃的食物, 从营养角度讲, 其富含蛋白质、脂肪及各种微量元素, 蛋白和能量水平大致介于玉米和豆粕之间, 是一种高能高蛋白优质饲料原料。餐厨垃圾主要成分见表 1, 表 2 是几种饲料原料主要成分^[1]。对比表 1 和表 2, 可以看出, 餐厨垃圾的营养成分含量完全可以满足其作为饲料原料的基本要求, 并且餐厨垃圾来源广泛, 成本低廉, 供应量巨大, 产品具有较强的市场竞争力。

表 1 餐厨垃圾主要成分

成分	含量/%	成分	含量/%
含水率	82	灰分	11
挥发性固体	90	碳	51
有机物	90	氮	6
粗蛋白	16	钙	0.76
粗脂肪	26	钠	0.84
粗纤维	2.5	-	-

表2 几种饲料原料常规营养成分 %

项目	玉米	大麦麸	米糠	DDGS
粗蛋白	8.8	12.8	13.0	27.0
粗脂肪	4.5	4.7	14.0	8.0
粗纤维	2.2	11.2	7.5	8.5
灰分	1.4	5.5	12.0	-
钙	0.02	-	0.1	-

以餐厨垃圾为原料利用微生物的大量繁殖和代谢来生产和调制的微生物蛋白饲料,可提高氨基酸、蛋白质和维生素含量,代替大豆、鱼粉等蛋白饲料,并且具有蛋白消化吸收率高、营养功能多、适口性好等优点,且连续生产并不受气候、土壤、自然灾害影响,成功率高。因此微生物发酵餐厨垃圾是开辟蛋白质饲料资源的一条重要途径。

2 项目产品生产

2.1 项目产品的优选

餐厨垃圾饲料化有2种方式:一是高温消毒制饲料。原理是采用高温消毒原理,杀除病毒,经粉碎后加工成饲料。二是生物处理。原理是在一定的环境条件下将培养出的菌种加入餐厨垃圾密封贮藏,菌种通过代谢活动对饲料原料中的某些物质进行分解和转化使原料中不易被牲畜和家禽利用的大分子物质转变成成为易于消化吸收的小分子物质。同时,微生物菌种得到增殖,由于微生物菌体的单细胞蛋白含量很高,因而提高了成品饲料的蛋白质含量,这就是广义的微生物蛋白饲料。若微生物菌种群中含有对牲畜和家禽具有益生功能的饲用微生物则微生物蛋白饲料就会具有更好的饲喂效果^[2,3]。

尽管餐厨垃圾经高温消毒和干化处理后可以作为动物饲料,但其中某些营养成分如蛋白质的含量可能不符合饲料标准的要求,且这些饲料中的动物蛋白被同种动物食用后可能引起动物疫情的传播。因此餐厨垃圾制饲料技术一般采用生物发酵法产生微生物蛋白饲料。微生物发酵饲料具有天然的发酵香味,良好的诱食效果,可显著提高饲料的适口性;同时饲料中含有大量的有益菌和消化酶,有利于动物肠道菌群的平衡,有助于营养物质的消化吸收;并且饲料中含有以乳酸为主的酸化剂,pH值平均为4.5,有利于动物的胃肠道酸化,抑制有害菌的增长;发酵后的饲料具有降解和吸附霉菌毒素及饲料抗营养因子等有害物质的作用,减轻了其对动物的伤害^[3,4]。

2.2 生产规模的优化

餐厨垃圾生产饲料规模的确定与选择合理与

否,直接关系到项目建成投产后的生产经营状况的好坏和项目投资经济、社会及环保效益的高低。生产规模是指一定时期内能够生产的产品数量,即通常所说的生产能力,生产能力可按照装机能力或设备容量来计算^[5]。餐厨垃圾生产饲料规模可按照每天或每年所能处理餐厨垃圾的最大量来进行衡量。生产规模优化就是从宏观控制的角度,寻求合适的规模,使得资源化企业在完成处理餐厨垃圾的同时所发生的费用最小。

1)从垃圾处理角度确定处理能力

一般企业的生产规模主要是以产品的市场需求分析和成本利润的平衡来确定,但餐厨垃圾生物发酵制蛋白饲料项目除考虑产品市场需求以及自然地理条件等影响因素外,最重要的是受到原料来源的控制。餐厨垃圾的产生具有持续的不间断性并且其性质特点决定不能长时间存储。通常在一个区域内只建立1~2个资源化处理厂,因此其规模可根据整个规划区域所产生的餐厨废弃物数量来确定。根据规划使用年限,准确预测使用年限内餐厨垃圾产生量,以便能够满足处理量的需求。由于餐厨垃圾的产量和当地的社会经济发展密切相关,因此可以通过一些预测方法,如指数平滑、回归分析等得到未来年的人均餐厨废弃物产生率和产生量。

根据服务区域内餐厨垃圾高产月份平均日产量的实际数据确定资源化企业的处理能力。无实际数据时,项目覆盖区域内的餐厨垃圾产生量必须以全面详细的调查为依据,通过对产生源、产生量、自行处理量、混入其它生活垃圾的量分地区进行统计,分析出当前餐厨垃圾基本流向和对应数量,准确计算出覆盖区域内可获得的餐厨垃圾量。项目处理能力,可按下式计算:

$$YQ = \frac{\delta nq}{1\,000}$$

其中,YQ为资源化企业的日处理能力(t/d);n是服务区域的实际人数;q是服务区域居民餐厨废弃物人均日产量(kg/(人·t)),按当地实际资料采用;δ为餐厨废弃物产量变化系数,可按当地实际资料采用,如无资料时,δ值可采用1.3~1.4^[6]。根据规划使用年限,公式中的数据可以是使用年限内的预测量。由于受到垃圾收集的限制,生产规模可分期规划,初期规模应以确保设施正常运行为目标,谨慎稳妥地确定生产规模。

2)从企业经营角度确定最佳经济规模

餐厨垃圾生物发酵制蛋白饲料应该考虑回收资源的经济规模,否则,回收资源不足以补偿整个系统

运行成本。生物发酵制蛋白饲料,通过分解有机质垃圾形成饲料产品,要求有一定的规模以便形成工业生产。因此本文对不完全竞争非均衡市场条件下,对蛋白饲料企业最佳经济规模的确定进行探讨。

决定最佳经济规模 Q_0^* 的必要基本条件是边际收入曲线与长期边际成本曲线的均衡(相交)^[7-8]。因此,图1中边际收入MR与长期成本LMC相交点所对应的 Q_0^* 即为最佳规模。 Q_0^* 及企业规模决定过程如下。

根据经济学基本原理,当边际收入与边际成本相等,即 $MR = MC$ 时,企业获得最大利润或亏损最小。在不完全竞争市场中,MR曲线略微向右下方倾斜一点,如图1所示。因此MR与长期边际成本LMC相交的点A所对应的规模 Q_0^* 为能够获得最大规模效益的规模。由于LAC(长期平均成本曲线)是无数条SAC(短期平均成本曲线)的包络线,其中过 Q_0^* 所对应的E'点的那条SAC*的SMC*(短期边际成本)也恰与MR相交于A点,这是保证企业在图1中点 Q_0^* 规模获得最大效益的唯一资源配置。

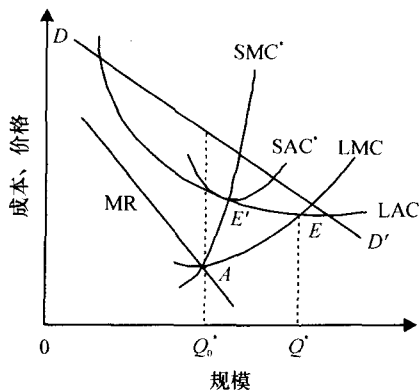


图1 企业最佳经济规模的确定

上述企业最佳经济规模确定取决于饲料市场需求函数和长期成本函数。因此,确定企业规模的关键是拟合出符合实际的市场需求函数和长期平均成本曲线,之后依据上述原理确定企业的最佳经济规模。

当服务区域内调查(预测)的餐厨垃圾产生量YQ小于企业获利最大的经济规模 Q^* 时,可考虑在可能的情况下,扩大服务范围以获得足够量的原料;当YQ大于 Q^* 时,可考虑在服务区域内建设多个资源化企业以完成餐厨垃圾处理任务。总之,以餐厨垃圾为原料制微生物蛋白饲料由于项目的特殊性(资源化企业在治理污染的同时获得饲料产品),其规模的确定也要求综合考虑社会环保和企业获利两方面的因素,实际运行中,需协调两方面的因素以确定合理的项目规模。

3 生产技术选择

如上文所述,餐厨垃圾制饲料技术一般采用生物发酵法。发酵工艺的选择应考虑能否最大限度地进行废物高效发酵,发酵工艺是否便于系统的稳定运行,在经济上能否做到技术和投资的优化。同时,固体发酵的物料性质,如颗粒尺度、含水率、粘滞性、流动性、有机物含量、营养比等均有不同,因此发酵工艺的选择还应考虑发酵物料的特性进行。

3.1 生产工艺设计

根据技术选择的要求,设计出以餐厨垃圾为原料生物发酵制蛋白饲料的生产工艺流程,如图2所示。

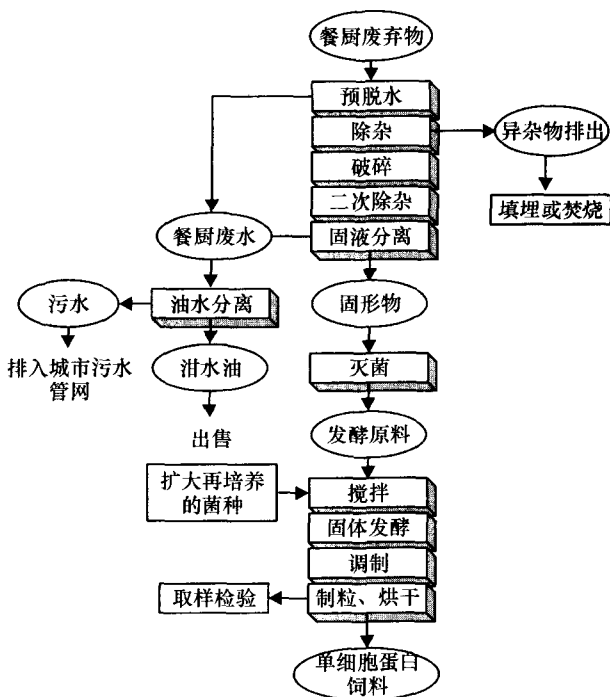


图2 单细胞蛋白饲料生产流程

将餐厨垃圾除去水分并分拣出杂物投入粉碎机粉碎成浆糊状,经二次除杂进行固液分离,固形物经干燥灭菌处理后,再与饲料添加剂、生物发酵剂(菌种)充分混合,倒入发酵罐发酵处理,发酵处理后的物料经调制、制粒和烘干成为单细胞蛋白饲料。固液分离后的餐厨废水再次经油水分离后得到的泔水油可在市场上销售,污水通过城市污水管网排入下水道。

3.2 工艺设备选型

根据工艺流程要求选择主要设备。上述工艺流程中的主要设备有预处理设备、发酵设备以及制粒设备。

1) 预处理设备

预处理设备主要包括分选设备、破碎设备、脱水设备^[9]。预处理系统能够有效控制餐厨垃圾粒径、

含水率等因素,加快后续发酵处理效率及得到较好的成品外观性。

分选设备是用来将餐厨垃圾中各种组成成分进行分类的机械设备,以提高原料的纯度。选择分选设备应考虑物料的形状、尺寸、整体密度、含水率及黏结性^[10],其材料必须耐腐蚀、易清洗,运行能耗低、噪声小、可靠性高。餐厨垃圾分选通常采用平面振动筛。

餐厨垃圾的破碎是把垃圾破碎至处理工艺所需要的形状和尺寸,使垃圾混合物达到均一化。常用的破碎设备是破碎机。该工艺中可选用立式结构的破碎机^[11],转盘上装有带刃的锤片及进出料输送块,在工作中带刃的锤片既能打碎坚硬的骨头,也可以撕断长的纤维物料,而进出料输送块对物料有离心输送的作用,使大黏度物料进出料更加通畅。

脱水设备主要是指脱水机、专用压缩脱水机,能够使餐厨垃圾内的水分充分排出。其材质应选用耐磨、防腐蚀材料,并能调节含水率。选用脱水设备应着重考虑脱水设备的运行费用与操作管理水平。

2) 发酵设备

在工业上应用的固态发酵反应器是圆盘式、转鼓式及搅拌式。旋转圆盘式发酵机是目前国内较为先进的新型固态发酵设备。广东省农业机械研究所研制的 GTF-5 型固体通风发酵机,密封效果好,不仅杜绝了杂菌污染,更能有效地保持温度、湿度,并能方便地进行自动化测温、控温、控湿,为微生物生长繁殖提供有利条件。转鼓式固态发酵反应器适用于固态发酵的特点,可满足充足的通风和温度控制。Han 等设计的反应器配有搅拌轴、料气进出口及接种口等,培养基灭菌、接种、干燥等均可在发酵器内进行,可有效防止杂菌污染,恒温水浴控制发酵温度,恒温冷水喷雾冷却转鼓,发酵过程中,温度波动小,机械化程度较高。搅拌式反应器有立式和卧式之分。江苏大学生物工程研究所研制出的固态发酵反应器将物料的混合、灭菌、冷却、接种、发酵几个工艺过程集中在一个工位完成,避免了物料的搬动,保证微生物生长所需的环境条件并有效防止了杂菌污染^[12]。固态发酵反应器要有良好的搅拌、通气、散热、冷却系统,能够进行无菌操作,能够控制发酵过程中的温湿度和水分等,同时应便于清洗消毒、费用低等,这是选型时需考虑的关键因素。

3) 制粒设备

制粒机是饲料生产中最关键的设备之一。制粒机主要由调速喂料器、调质筒、压粒室和蒸汽系统 4 部分组成。选型时对其性能的评定主要从结构设计

的合理性、操作方便程度、结构参数的选择、加工手段、制造水平、零部件选材、进货渠道及控制功能等几方面来综合考虑^[13]。

根据设备生产上的适用性原则,主要设备的选择可以选择成套设备,以保证生产能顺利进行。目前,餐厨垃圾饲料化处理成套设备的研制正积极开展。宁波开诚生态技术有限公司等单位通过系统优化分离除杂、温控均质、絮凝分离、固液和油水分离、微生物发酵、烘干、三废处理等工艺技术,自主研发出一种适合规模化处理餐厨垃圾的成套设备。在项目的设备选型中,应根据实际需要,认真比选出技术先进、运行可靠、生产适用的高效设备。

4 结束语

生物发酵制蛋白饲料生产技术是一种新兴的餐厨垃圾资源化技术。要使该技术真正发挥作用,形成规模化生产,这有赖于垃圾分类制度的进一步完善,同时对饲料产品的安全性,尤其是有可能导致动物疫病流行的问题应引起足够的重视,要开展这方面的研究工作,并尽快制定再生饲料产品的安全标准并采取措施加以落实。

参考文献:

- [1] 苏维洲,高雁,孙震,等. 餐饮废弃食物(泔水)加工再生为蛋白质饲料的探讨[J]. 饲料工业,2003,24(10):51-52.
- [2] 徐妙云,陈志敏. 有机废弃物饲料资源化的研究进展[J]. 新饲料,2007(3):17-19.
- [3] 付婉霞,王会红. 餐厨垃圾资源化技术及应用[J]. 建设科技,2008(2):94-95.
- [4] 陆熹,李霞,仲小兰,等. 微生物发酵在我国饲料工业中的应用及发展探讨[J]. 现代农业科技,2008(1):156-158.
- [5] 刘应宗. 固定资产投资建设经济学[M]. 天津:天津人民出版社,2006.
- [6] 城市垃圾转运站设计规范 CJJ47-91[S]. 建标(1991)854 号.
- [7] 赵国杰. 工程经济学[M]. 2 版. 天津:天津大学出版社,2004.
- [8] 赵国杰. 工程经济学与管理经济学[M]. 天津:天津大学出版社,2003.
- [9] 陈国美. 餐厨垃圾生产肥料管理研究[D]. 天津:天津大学管理学院,2007.
- [10] 周敬宣. 环保设备及课程设计[M]. 北京:化学工业出版社,2007.
- [11] 陈建乐. 一种餐厨垃圾有机垃圾生物处理方法:中国,03149635.0[P]. 2005-02-02.
- [12] 徐抗震. 激光选育混合菌发酵苹果渣生产饲料蛋白的研究[D]. 西安:西北大学,2005.
- [13] 肖远金. 畜禽饲料制粒设备的选型[J]. 河北畜牧兽医,2005,21(4):44.