

应用技术

污泥水热炭化技术应用研究

陈维闯¹, 李肖¹, 袁胜利¹, 周业剑², CLAUDIA Schneider³

(1. 山东凯斯达机械制造有限公司, 山东 济宁 272000; 2. 北京顺鸿金建环境科技发展有限公司, 北京 100000; 3. Terra Nova Energy 公司, 德国 杜塞尔多夫 40231)

摘要:利用水热炭化技术对大豆分离蛋白生产过程中的副产品污泥(黑泥、蛋白泥)及湿豆渣进行了脱水干燥实验。结果表明:大豆分离蛋白生产过程中的黑泥及蛋白泥的干燥脱水效果良好,含水率85%左右的黑泥及蛋白泥经水热炭化后泥水分分离,经挤压脱水后含水率降为30%左右,泥中的有机物质保存比例高。该工艺达到了“无害化、资源化、减量化、稳定化”的要求,运行成本低,对外界环境情况、污泥的有机物质含量、含沙量等要求不高,为企业提供了一种全新的污泥处理工艺。

关键词:污泥;水热炭化技术;黑泥;蛋白泥;湿豆渣

中图分类号:TS229;TQ031.3 文献标识码:A 文章编号:1003-7969(2018)09-0135-03

Application of sludge hydrothermal carbonization

CHEN Weichuang¹, LI Xiao¹, YUAN Shengli¹, ZHOU Yejian², CLAUDIA Schneider³

(1. Shandong ChemSta Machinery Manufacturing Co., Ltd., Jining 272000, Shandong, China;

2. Beijing Shunhong Jinjian Environment Technology Development Co., Ltd., Beijing 100000, China;

3. Terra Nova Energy Company, Dusseldorf 40231, Germany)

Abstract: The sludge (black sludge and protein sludge) and wet soybean dregs produced in soybean protein isolate production were dried by hydrothermal carbonization technology. The results showed that black sludge and protein sludge were dried well. Sludge and water was separated after hydrothermal carbonization treatment, moisture reduced from 85% to 30% after pressing, and the organic matter content was high. Hydrothermal carbonization technology met the requirement of harmless, recycling, reduction and stabilization, and had the advantages of low cost, and low requirement of environment, organic matter content and sand content in sludge, so it was a new sludge treatment process for enterprise.

Key words: sludge; hydrothermal carbonization; black sludge; protein sludge; wet soybean dreg

目前,国内大豆分离蛋白生产厂采用的工艺是碱溶酸沉法提取分离蛋白,每生产1t分离蛋白产生30~35t的乳清废水。乳清废水中的有机物质含量较高,富含有机氮、有机磷,可生化性好,易于在厌氧条件下水解、酸化及甲烷化发酵。对污水的处理国内有相对完善的工艺,处理后的污水可以达到国家排放标准^[1-2],但是在污水处理过程中会产生大量的污泥及湿豆渣,分离蛋白工艺产生的污泥分为黑泥和蛋白泥(俗称“白泥”),对这种污泥的处置要

求既能有效去除绝大部分水分,又能保留其中的有机物质以便后续资源化利用,运行成本不能太高,同时处理能力必须能满足要求,而传统的污泥处理方式无法同时满足这些要求。通过欧洲等国的实践和研究,用污水热炭化技术处理污泥在提取废弃物中能量方面有较大的改进。处理同等质量污泥的情况下,污泥水热炭化技术的能耗仅为生物制气技术的75%,而将生物制气过程的47.4%的总能量转化率和72%的废弃物中能量转化率分别提高到67.5%和80.6%。

1 水热炭化的工艺路线

水热炭化的主要工艺流程如下:

(1)污泥预处理:接收污泥(常规工艺下正常排放的污泥含水率为80%),在混合罐内将污泥充分

收稿日期:2018-01-02;修回日期:2018-06-07

作者简介:陈维闯(1983),男,工程师,研究方向为油脂、蛋白、环保成套设备的设计研发(E-mail)chuang@126.com。

搅拌并预热。

(2)污泥泵送:将充分搅拌预热的污泥由混合罐匀速泵送入反应器。

(3)污泥水热炭化反应:在加温加压状态下,添加适当的催化剂,反应器中的污泥被裂解、炭化,并释放水、气、热能。反应过程所产生的热能被回收利用。

(4)冷凝/热交换:炭化后的液体物质为碳质液,送入降温罐区进行冷却,剩余能量经热交换器回收利用。

(5)碳质液脱水:降温后的碳质液经过机械脱水,产生的碳饼含水率约为30%。

(6)废水回收:反应过程所产生的水经处理后可以安全排入水处理管网。

(7)干化/造粒:根据最终用户需要,碳饼可直接燃烧、用于生物肥原料,或可以通过烘干、造粒等工序,制成干物质含量90%的颗粒状,所制颗粒具有良好的冷态强度。

2 脱水实验

利用水热炭化技术对大豆分离蛋白企业的副产品污泥(黑泥及蛋白泥)及湿豆渣进行脱水实验,本实验模拟实际生产过程中的工艺参数,在位于德国 Terra Nova Energy 公司的实验室内完成。

2.1 实验材料

黑泥、蛋白泥、湿豆渣,均取自某大豆分离蛋白



图1 黑泥碳质液

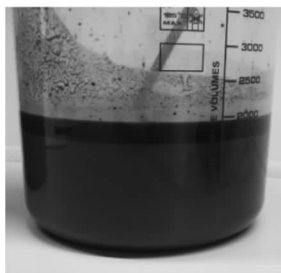


图2 蛋白泥碳质液

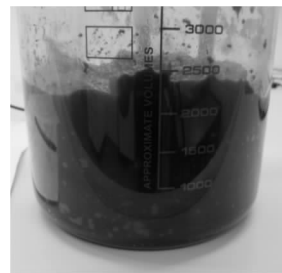


图3 豆渣碳质液

经过反应釜内的高温、高压及一定 pH 的反应,黑泥及蛋白泥内部的分子结构被打破,结合水破壁变成游离水,通过机械挤压即可将水挤出,但湿豆渣中的水没有破壁,3种物料挤压后的含水率见表3。黑泥及蛋白泥挤压脱水后变为有机物质含量极高的碳饼,湿豆渣脱水后未形成干物质含量较多的固体形态,分别见图4和图5、图6。

表3 挤压后3种物料的含水率 %

黑泥	蛋白泥	湿豆渣
30.5	31	72

从表3、图4~图6可以看出,利用水热炭化技

生产厂家。

2.2 实验方法

将3种物料分别放入容器,搅拌均匀后,利用pH计测量pH,并测含水率。物料pH及含水率见表1。

表1 3种物料的pH及含水率

项目	黑泥	蛋白泥	湿豆渣
pH	4.35	4.29	4.1
含水率/%	84.5	83.9	85.5

水热炭化反应的pH需要在4~5之间,3种物料的pH符合要求,不需要调节。将物料分别放入实验装置UCB反应釜中,反应釜是根据实验室内实际情况,按工业化生产要求制作的实验室微型反应器,工艺条件与工业生产条件一致,依靠电加热升温,实际工业化生产中反应釜是带夹套及内部搅拌器的压力容器,热源为导热油。UCB反应釜反应参数见表2。反应完成后,冷却UCB反应釜,取出3种样品。

表2 UCB反应釜反应参数

反应时间/h	反应温度/°C	反应压力/MPa
2.5	185	1.4

2.3 结果与分析

图1、图2、图3分别是黑泥、蛋白泥及湿豆渣反应后的碳质液。

术对黑泥和蛋白泥脱水达到了很好的效果,但对湿豆渣的脱水效果不明显。



图4 黑泥碳饼

(下转第143页)

- [J]. 中国慢性病预防与控制, 2017, 8(25):636-638.
- [6] 李凤娟. 生育三烯酚预防动脉粥样硬化的机理研究[D]. 合肥:中国科技大学, 2009.
- [7] 任建敏. 食物中植物甾醇生理活性及药理作用研究进展[J]. 食品工业科技, 2015, 36(22):389-393.
- [8] 雷茜茜. 角鲨烯的抗氧化活性及其脂质体制备研究[D]. 海口:海南大学, 2013.
- [9] 王素君, 李培武, 张良晓, 等. 超声波辅助提取植物油中甾醇和生育酚[J]. 中国油料作物学报, 2016, 38(3):373-378.
- [10] UDDIN M S, SARKER M Z, FERDOSH S, et al. Phytosterols and their extraction from various plant matrices using supercritical carbon dioxide: a review[J]. J Sci Food Agric, 2015, 95(7):1385-1394.
- [11] SUN J, ZHAO X E, DANG J, et al. Rapid and sensitive determination of phytosterols in functional foods and medicinal herbs by using UHPLC-MS/MS with microwave-assisted derivatization combined with dual ultrasound-assisted dispersive liquid-liquid microextraction[J]. J Sep Sci, 2017, 40(3):725-732.
- [12] SAGRATINI G, ALLERGRINI M, CAPRIOLI G, et al. Simultaneous determination of squalene, α -tocopherol and β -carotene in table olives by solid phase extraction and high-performance liquid chromatography with diode array detection[J]. Food Anal Methods, 2013, 6(1):54-60.
- [13] TSOCHATZIS E D, TZIMOU-TSITOURIDOU R. Validated RP-HPLC method for simultaneous determination of tocopherols and tocotrienols in whole grain barley using matrix solid-phase dispersion[J]. Food Anal Methods, 2015, 8(2):392-400.
- [14] CHEN Y Z, NKAO S Y, JIAN H C, et al. Determination of cholesterol and four phytosterols in foods without derivatization by gas chromatography-tandem mass spectrometry[J]. J Food Drug Anal, 2015, 23(4):636-644.
- [15] GU Q, YI X, ZHANG Z, et al. A facile method for simultaneous analysis of phytosterols, erythrodiol, uvaol, tocopherols and lutein in olive oils by LC-MS[J]. Anal Methods, 2016, 8(6):1373-1380.
- [16] YUAN C X, JU Y J, JIN R S, et al. Simultaneous determination of tocopherols, phytosterols and squalene in vegetable oil deodorizer distillates by HPLC-DAD[J]. Chromatographia, 2015, 78(3/4):273-278.
- [17] NAIR V D P, KANFER I J H. Determination of stigmasterol, β -sitosterol and stigmastanol in oral dosage forms using high performance liquid chromatography with evaporative light scattering detection[J]. J Pharm Biomed Anal, 2006, 41(3):731-737.
- [18] WEN X, ZHU M H, HU R, et al. Characterisation of seed oils from different grape cultivars grown in China[J]. J Food Sci Technol, 2016, 53(7):3129-3136.

(上接第136页)

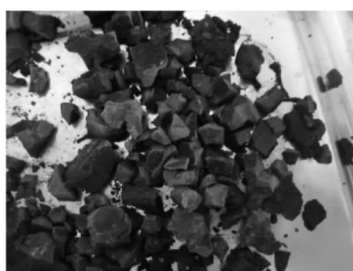


图5 蛋白泥碳饼



图6 挤压脱水后的湿豆渣

3 实际应用

根据对济宁市污水处理厂 50 t/d 水热炭化污泥处理生产线的实测, 处理 1 t 污泥的成本约 150

元, 远低于目前大部分烘干或蒸发工艺, 且该工艺对污泥中的有机物质保留完好, 反应后污泥碳饼的热值约 7.5 MJ/kg, 相当于褐煤的热值。对一般的市政污泥, 可用于电厂掺煤燃烧(若原料污泥的有机物质含量高, 反应后的污泥碳饼热值会更高)。因大豆分离蛋白工艺过程产生的污泥中含大量的有机物质, 还可以考虑将反应后的蛋白泥用于动物饲料, 处理后的黑泥可用于有机肥原料。

4 结束语

污泥水热炭化技术整个处理过程能达到“无害化、资源化、减量化、稳定化”的要求, 且运行成本低, 对环境情况、污泥的有机物质含量、含沙量等要求不高, 能有效脱除大豆分离蛋白生产过程中产生的污泥中的水分, 且能有效保留污泥中的有机物质, 是一种具有极高环保价值的污泥处理工艺。

参考文献:

- [1] 李磊, 张尊举. UASB + A/O 工艺处理大豆蛋白生产废水[J]. 环境科学与管理, 2016, 41(7):109-112.
- [2] 刘峻, 葛怀波, 朱召军. 大豆蛋白纤维生产废水处理工程设计及运行[J]. 煤炭与化工, 2016(9):122-124.