



Investigating the effect of aeration on reducing food moisture by biological drying method

S. Markarian¹, M. Abbasi^{1*}, M. Jalilghazizadeh²

¹ Faculty of Civil, Water, and Environment, Shahid Beheshti University, Tehran, Iran

² Environment Research Center, Shahid Beheshti University

ABSTRACT: Biological drying is one of the pre-processing methods of waste to reduce its moisture. Municipal waste in developing countries, especially Iran, has high humidity due to separation from the source of dry waste and high volume of organic waste. The high humidity of municipal waste makes it difficult to manage this type of waste, reduce the thermal value, produce leachate and complicate disposal and recycling methods. Biological drying is an automated thermal process in which the rate of drying with the biological heat released during the decomposition of organic matter in situ increases and reduces moisture while retaining calories. Therefore, this method can be used as a method of pre-processing organic waste to produce heat and convert it into a fuel with high calorific value. The aim of this study was to investigate the effect of aeration on reducing the moisture content of food waste by biological drying of perishable organic waste. Hence, a new pilot-scale biological drying system was designed for municipal solid waste processing. Also, important and influential factors on biological drying including mixing rate, moisture, particle size, aeration time, aeration amount and bulking factor were investigated. Finally, the pilot performance on perishable food waste prepared from the central self-service of the main campus of Shahid Beheshti University was evaluated with two aeration rates. The results showed that the weight, volume and moisture content of the waste was significantly reduced and the pH value of the waste leachate was stabilized at 8.35. Moisture is also greatly reduced so that at the end of the first phase is equal to 25.10 and the second phase is equal to 21.80 and volatile solids are increased. The final weight of the waste reached 6.86 kg and as a result, aeration in reducing the moisture content of perishable food waste by biological drying method is a sustainable method to reduce the moisture content of the waste.

Review History:

Received: Aug. 15, 2020

Revised: Nov. 24, 2020

Accepted: Dec. 29, 2020

Available Online: Dec. 29, 2020

Keywords:

Aeration

Biological

Moisture Reduction

Food Waste

1- Introduction

Currently, urban solid waste management is one of the global problems, the main reason for which is rapid urbanization, followed by the development of industrial construction activities [1]. Waste-to-energy conversion technology has the potential to reduce the volume of primary waste by 90%, depending on the combination with energy recovery [2]. In developing countries, increasing organic waste is one of the most important environmental problems. There are some waste disposal methods, such as incineration, landfill, biogas production, etc., that are efficient but have negative effects on the environment as well as public health. Anaerobic and aerobic decomposition processes lead to changes in carbon quality because digestible carbohydrates are decomposed easier and faster. The aeration method is currently being used in other countries, especially in Germany [3]. The main advantages of this method are the reduction of leachate pollution, mainly in the form of ammonium and chemical oxygen demand, as well as the reduction of methane production potential. Pre-disposal waste

processing facilitates and reduces collection and disposal costs. Reducing waste moisture is one of the methods of waste processing to reduce the volume, increase the thermal value, reduce contact with the environment by reducing leachate. Biological drying is an automated thermal process in which the rate of drying with the biological heat released increases during the decomposition of organic matter on site. Therefore, a suitable alternative for waste management is proposed in terms of feasibility and cost. Biological drying reduces moisture while preserving calories [4]. The water content of municipal solid waste is a very important factor that affects the combustion efficiency and hence in the energy conversion processes into waste [5]. Therefore, according to the above and the importance of the effect of aeration in biodying in this article, we will investigate the effect of aeration in reducing the moisture content of food waste by biological drying [6]. Therefore, an innovative pilot-scale biological drying system has been designed for the treatment of municipal solid waste. Zaman et al. [7], in their research on the process of biological drying, found that the heat generated by the process of aerobic decomposition

*Corresponding author's email: mary_abbasi@sbu.ac.ir



of organic compounds with air helps to dispose of waste. The result of processing using bio-drying can be used as waste fuel (RDF) and this fuel is produced from different types of solid waste. RDF can be used as an alternative to coal. From the results of the research, we find that the processing of solid waste using bio-drying technology can be used in the production of renewable energy as waste fuel (RDF), reducing the amount of solid waste water, improving the quality and Increasing the amount of recycled solid waste is beneficial [7]. The aim of this study was to investigate the performance of the biological drying process in reducing the moisture content of food waste and the effect of aeration rate on accelerating the drying process.

2- Methodology

In the design and construction of a laboratory pilot, two pilot devices were used to process perishable organic waste for biological drying. To make the main body of the pilot, PVC sheets with resistant high-glass color coating have been used, which is an important reason for choosing this material. And lack of permeability in the face of moisture and leachate is produced by waste. Since the use of biological method only for waste processing is very time-consuming and practically somewhat uneconomical, in the design and construction of the laboratory pilot, the mechanical method has been used to some extent, and in this particular case, the air blower known as tail has been used. The most important advantage is the simplicity of the internal mechanism, availability and low energy consumption.

2- 1- Residual moisture content

To determine the percentage of moisture, the oven drying method was used, which is much more accurate than other methods and is also a step of preparing the samples for further analysis.

2- 2- Electrical conductivity

Electrical conductivity shows the ability of a sample to conduct electricity as a number. In this experiment, 10 g of the sample is mixed with 90 cc of distilled water and mixed for 30 minutes, the samples are filtered and after 10 minutes, the EC level was measured by a digital meter.

2- 3- The amount of ash and volatile solids

Place the empty container in the oven at 550 °C for 15 minutes and after cooling 2 g of the dried sample at 550 °C for 2 hours in the oven at 550 °C. Finally, the sample was cooled in a desiccator and weighed with a precision scale of one-tenth of a milligram.

2- 4- pH value

First, mix one part of the sample with 5 parts of distilled water (50 g of sample in 250 cc of distilled water) for 45 minutes using a mixer, and after 10 minutes, read the pH value using a pH meter.

2- 5- Total organic carbon

TOC samples were measured by TOC analyzer based on NPOC (Non-Purgeable Organic Carbon) program. For the design of experiments for waste processing by biological drying method, important and influential factors should be considered with determining variables, including these factors and key variables can be the amount of mixing, humidity, particle size, aeration time, aeration amount, factor Bulky and pointed out. Due to the importance of the above, two steps were taken to cover all of the above, which include the following steps:

The first and second stages were carried out with perishable food waste prepared from the central self-service of the main campus of Shahid Beheshti University (no decomposable materials by separation) and with different amounts of aeration in two separate devices (pilot), as well as the weight of food waste Used as follows:

The weight of the waste used is gross 45 kg, which after separating the indivisible part by 8.50 kg, its net weight reaches 36.250 kg.

3- Results and Discussion

The purpose of this experiment was to investigate the effect of aeration on reducing the moisture content of food waste for biological drying of perishable food waste (no biodegradable material by separation) and with different amounts of aeration in two separate devices (pilot) that Done on different days. In this stage, the experiments performed include two stages (first stage: with four aeration cavities of 4 millibars per second, second stage: with two aeration cavities of 3 millibars per second) with a type of waste, the results of which Are analyzed in detail in each basket by providing outputs related to the measured parameters in each experiment. In this experiment, the optimal rate has been determined according to the blower power. It should be noted that this rate varies in different types of blowers. The experiment was performed for 41 days in the central greenhouse of Shahid Beheshti University. The pilot environment is completely isolated during aeration and no air entry and exit have taken place during the process. The aeration rate is set by the board connected to the device. Aeration in this experiment was performed based on previous studies for 15 minutes every 2 hours. The parameters for this experiment were reactor temperature, ambient temperature and residual humidity, which were measured daily. Finally, the weight of the residual waste at the end of the period (last day) was significantly reduced and the total of two devices reached 6.860 kg.

4- Conclusion

Biological drying is an automated thermal process in which the rate of drying with the biological heat released increases during the decomposition of organic matter on site. Therefore, it offers an interesting alternative to waste management in terms of feasibility and cost. Biological drying reduces moisture while preserving calories. The use of biological drying is a good method for the treatment of very wet waste, which releases a large amount of leachate if the

waste is burned directly and without any processing. Also, the water content of municipal solid waste is a very important factor that affects the combustion efficiency and, therefore the energy conversion processes into waste. The aim of this study was to investigate the effect of aeration in reducing the moisture content of food waste by biological drying of waste food from perishable food waste. Therefore, an innovative pilot-scale biodegradation system has been designed for the treatment of municipal solid waste and considers important and influential factors with determining variables including mixing rate, humidity, particle size, aeration time, aeration amount and bulk factor. , And due to the importance of the above, two steps have been taken to cover a significant part of the above. The obtained data showed that in the first and second stages, EC decreased with time also after the cycle in the first stage, the existing waste lost its moisture and the most significant changes were observed from the nineteenth day onwards. At the end of the period is equal to 25.10 and in the second stage, the existing waste loses its moisture relatively and the most significant changes are observed on the twenty-sixth day and after the end of the period is equal to 21.80 that the stage Second, compared to the first stage, the percentage of moisture decreases and the amount of volatile solids increases, and the reason is the different amount of aeration in the two pilots. The results showed that the weight, volume and moisture content of the residue decreased as well as the pH of the leachate (8.35) of the residue stabilized and largely removed and remained at 30-40CC and the volatile solids (VS) were constant. The final weight of the waste is equal to 6.860 kg. Therefore, aeration in reducing the moisture content of perishable food waste by biological drying method is a sustainable method to reduce the moisture

content of the waste

References

- [1] A.P. Tom, R. Pawels, A. Haridas, Biodrying process: A sustainable technology for treatment of municipal solid waste with high moisture content, *Waste management*, 49 (2016) 64-72.
- [2] M. Atauzzaman, Q. Bari, Effect of passive and forced aeration on composting of market solid waste, *International Journal of Engineering & Technology*, 9(1) (2020) 182-186.
- [3] L. Liu, J. Ma, Q. Xue, J. Shao, Y. Chen, G. Zeng, The in situ aeration in an old landfill in China: Multi-wells optimization method and application, *Waste Management*, 76 (2018) 614-620.
- [4] C. Brandstätter, R. Prantl, J. Fellner, Performance assessment of landfill in-situ aeration—A case study, *Waste Management*, 101 (2020) 231-240.
- [5] C. Scheutz, R.B. Pedersen, P.H. Petersen, J.H.B. Jørgensen, I.M.B. Ucendo, J.G. Mønster, J. Samuelsson, P. Kjeldsen, Mitigation of methane emission from an old unlined landfill in Klintholm, Denmark using a passive biocover system, *Waste management*, 34(7) (2014) 1179-1190.
- [6] K. Suksankraisorn, S. Patumsawad, B. Fungtamman, Co-firing of Thai lignite and municipal solid waste (MSW) in a fluidised bed: Effect of MSW moisture content, *Applied Thermal Engineering*, 30(17-18) (2010) 2693-2697.
- [7] B. Zaman, W. Oktiawan, M. Hadiwidodo, E. Sutrisno, I.W. Wardana, Potential application of biodrying to treat solid waste, in: *E3S Web of Conferences*, EDP Sciences, 2018, pp. 03013.

HOW TO CITE THIS ARTICLE

S. Markarian, M. Abbasi, M. Jalilghazizadeh, *Investigating the effect of aeration on reducing food moisture by biological drying method*, *Amirkabir J. Civil Eng.*, 53(12) (2022) 1171-1174.

DOI: [10.22060/ceej.2020.18861.6986](https://doi.org/10.22060/ceej.2020.18861.6986)





بررسی تاثیر هوادهی در کاهش رطوبت پسماند غذایی به روش خشک کردن بیولوژیکی

استیو مارکاریان^۱، مریم عباسی^{۱*}، مهدی جلیلی قاضی زاده^۲

۱-دانشکده مهندسی عمران، آب و محیط زیست، دانشگاه شهید بهشتی، تهران، ایران
۲- پژوهشکده علوم محیطی، دانشگاه شهید بهشتی، تهران، ایران

تاریخچه داوری:

دریافت: ۱۳۹۹/۰۵/۲۵
بازنگری: ۱۳۹۹/۰۹/۰۴
پذیرش: ۱۳۹۹/۱۰/۰۹
ارائه آنلاین: ۱۳۹۹/۱۰/۰۹

کلمات کلیدی:

هوادهی
خشک کردن بیولوژیکی
کاهش رطوبت
پسماند غذایی

خلاصه: خشک کردن بیولوژیکی یکی از روش‌های پیش پردازش پسماند جهت کاهش رطوبت آن می‌باشد. پسماند شهری در کشورهای در حال توسعه به ویژه ایران به علت تفکیک از مبدا پسماند خشک و حجم بالای پسماند آلی دارای رطوبت بالا می‌باشد. رطوبت بالای پسماند شهری موجب مشکل شدن مدیریت این نوع پسماند، کاهش ارزش حرارتی، تولید شیرابه و سخت کردن روش‌های دفع و بازیافت می‌گردد. خشک شدن بیولوژیکی یک فرآیند خودکار حرارتی است که در آن میزان خشک شدن با گرمای بیولوژیکی آزاد شده در هنگام تجزیه مواد آلی در محل افزایش می‌یابد و موجب کاهش رطوبت ضمن حفظ کالری می‌شود. بنابراین، این روش می‌تواند به عنوان روش پیش پردازش پسماند آلی جهت تولید حرارت و تبدیل آن به ماده سوختنی با ارزش حرارتی بالا مورد استفاده قرار گیرد. هدف از انجام پژوهش حاضر بررسی تاثیر هوادهی در کاهش رطوبت پسماند غذایی به روش خشک کردن بیولوژیکی پسماند آلی فسادپذیر می‌باشد. از این رو، یک سیستم نوین خشک کردن بیولوژیکی در مقیاس پایلوت برای پردازش پسماند جامد شهری طراحی شد. همچنین عوامل مهم و تاثیرگذار روی خشک کردن بیولوژیکی شامل میزان اختلاط، رطوبت، اندازه ذرات، زمان هوادهی، مقدار هوادهی و عامل حجیم مورد بررسی قرار گرفتند. در نهایت، عملکرد پایلوت روی پسماند غذایی فسادپذیر تهیه شده از سلف سرویس مرکزی پردیس اصلی دانشگاه شهید بهشتی با دو نرخ هوادهی ارزیابی گردید. نتایج نشان داد که وزن، حجم و رطوبت پسماند کاهش قابل توجهی یافته و مقدار PH شیرابه پسماند در ۸/۳۵ تثبیت یافت. همچنین رطوبت به میزان زیادی کاهش به صورتی که در پایان دوره مرحله اول برابر با ۲۵/۱۰ و مرحله دوم برابر با ۲۱/۸۰ باقی مانده است و جامدات فرار افزایش یافته است. وزن نهایی پسماند برابر با ۶/۸۶ کیلوگرم رسید و در نتیجه هوادهی در کاهش رطوبت پسماند غذایی فسادپذیر به روش خشک کردن بیولوژیکی یک روش پایدار برای کاهش رطوبت پسماند می‌باشد.

۱- مقدمه

افزایش هزینه‌های مدیریت پسماند، تأسیسات مدیریت مخالفت عمومی سه مرحله و نگرانی از خطرات مرتبط با مدیریت پسماند، منجر به مفهوم مدیریت یکپارچه پسماند شده است. در کشورهای در حال توسعه، افزایش روزافزون پسماندهای آلی یکی از مهم‌ترین مشکلات زیست محیطی است. مدیریت غیراصولی پسماندهای آلی، مشکلات زیست محیطی و بهداشتی نظیر انتقال بیماری، خطر آتش سوزی، مزاحمت بو، مزاحمت زیبایی، آلودگی هوا، آلودگی آب و خسارات اقتصادی و غیره به دلیل سوء مدیریت پسماندهای جامد ایجاد می‌نمایند. مدیریت پسماندهای آلی به دلیل فقر، انفجار جمعیت، شهرنشینی و نبود بودجه بسیار مشکل است. برخی از روش‌های دفع پسماند مانند سوزاندن، دفن پسماند، تولید بیوگاز و غیره وجود دارد که کارآمد هستند اما تأثیرات منفی بر محیط زیست و همچنین بهداشت عمومی دارد [۲].

در حال حاضر مدیریت پسماندهای جامد شهری^۱ یکی از معضلات جهانی است که علت اصلی آن شهرنشینی سریع و به دنبال آن توسعه فعالیت ساخت و سازهای صنعتی می‌باشد. فناوری تبدیل پسماند به انرژی^۲ این پتانسیل را دارد که بسته به ترکیب با بازیابی انرژی، حجم پسماندهای اصلی را ۹۰٪ کاهش دهد. اما بازده انرژی خالص از پسماند به فرآیندهای تبدیل انرژی به چگالی، ترکیب و درصد نسبی رطوبت پسماند بستگی دارد [۱].

افزایش تولید پسماندهای جامد شهری، کاهش ظرفیت دفن پسماند،

- 1 Municipal solid waste
- 2 Waste Technology Energy

* نویسنده عهده‌دار مکاتبات: mary_abbasi@sbu.ac.ir



مواد را می‌توان به عنوان یک سوخت بازیافت شده جامد^۲ در نظر گرفت که با استفاده از آن می‌توان برای تولید انرژی در نیروگاه‌های صنعتی استفاده کرد. از مهم‌ترین مزایای فرآیند خشک کردن زیستی می‌توان به کاهش جرم پسماند، کاهش CH_4 ، CO_2 ، SO_x انتشار NO_x و جلوگیری از انتشار گرد و غبار از شبکه‌های پسماند به داخل جو اشاره کرد [۶].

محتوای آب پسماندهای جامد شهری عامل بسیار مهمی است که بر راندمان احتراق و از این رو در فرآیندهای تبدیل انرژی به پسماند تأثیر می‌گذارد [۷]. از دست دادن ۵۰٪ رطوبت در یک مطالعه مقیاس آزمایشگاهی انجام شده بر روی 240 dm^3 راکتور با استفاده از کسری آلی پسماندهای جامد شهری و مواد ساختاری گیاهی با رطوبت بالا گزارش شده است [۸]. در فرآیند تجزیه زیستی، حدود ۶۳٪ تلفات در وزن کسری آلی به دست می‌آید، زیرا جرم زیستی خشک را می‌توان برابر با ۳۷٪ از درصد ماده آلی در نظر گرفت [۹ و ۱۰]. محتوای رطوبت اولیه به عنوان یک پارامتر مهم در فرآیند تجزیه بیولوژیکی شناخته می‌شود زیرا بر واکنش‌های بیوشیمیایی مرتبط با رشد میکروبی و تجزیه بیولوژیکی مواد آلی در طی فرآیند تأثیر می‌گذارد. بهینه سازی فرآیند خشک کردن بیولوژیکی ضروری است زیرا درجه حرارت بالا در فرآیند بیودزاسیون منجر به افزایش واکنش‌های متابولیکی میکروب‌ها می‌شود، اما انتشار آهسته اکسیژن در آب اطراف میکروارگانیسم‌ها کاهش می‌یابد [۱۱]. لذا با توجه به مطالب گفته شده و اهمیت تأثیر هوادهی در بایودرایینگ در مقاله حاضر به بررسی تأثیر هوادهی در کاهش رطوبت پسماند غذایی به روش خشک کردن بیولوژیکی خواهیم پرداخت. از همین رو یک سیستم خشک کردن بیولوژیکی در مقیاس پایلوت نوآورانه برای تصفیه ضایعات جامد شهری طراحی شده است.

ایسارا و همکاران [۱۲] طی پژوهشی به بررسی تعیین تأثیر هوا در تخریب مواد زائد مواد غذایی با استفاده از بیوراکتورهای کمپوست با هوادهی غیرفعال متفاوت پرداختند. نتایج تحقیق نشان داد که میزان بهینه هوا برای کمپوست ۴/۳ درصد از حجم بیوراکتور یا ۴ لوله است. زمان کمپوست ۹ روز با بالاترین دما ۵۸-۵۹ درجه سانتی‌گراد و درجه حرارت به طور مداوم به مدت ۱۸ روز مورد آزمایش قرار گرفت. تجزیه و پالایش زباله‌های آلی طی ۳۰ روز به طول انجامید، با یک مقدار GI بین ۸۵٪ و کیفیت خروجی کود مطابق با استاندارد کمپوست تایلند. مهم‌ترین ماده معدنی کمپوست N، P و K بود که به ترتیب نتایجی برابر با ۱/۵۷٪، ۰/۸۷٪ و ۰/۷۵٪ را نشان داد. از نظر آماری تفاوت معنی داری بین خروجی‌های حاصل از کمپوست با و بدون افزودن PD ۲ وجود نداشت [۱۲].

فرآیندهای تجزیه بی‌هوازی و هوازی منجر به تغییر در کیفیت کربن می‌شود، زیرا کربوهیدرات‌های قابل هضم آسان‌تر و سریع‌تر تجزیه می‌شوند. روش هوادهی در حال حاضر در سایر کشورها به ویژه در آلمان در حال بهره‌برداری و به خوبی مورد استفاده قرار می‌گیرد [۳]. مزایای اصلی این روش کاهش آلودگی شیرابه، به طور عمده به شکل آمونیم و تقاضای اکسیژن شیمیایی^۱ و همچنین کاهش پتانسیل تولید متان^۲ باقی مانده است. با این وجود هوادهی در محل دفن پسماند عوارض جانبی منفی مانند افزایش انتشار CO_2 از طریق فعالیت میکروبی تسریع شده یا افزایش انتشار گازهای گلخانه‌ای قوی را نشان می‌دهد [۴].

با توسعه و افزایش رفاه در شهرها و نیاز انسان به مواد مصرفی، در نتیجه تولید مواد زائد که به عنوان یکی از عوامل آلودگی محیط زیست روز به روز افزایش می‌یابد. پردازش پسماند پیش از دفع منجر به سهولت و کاهش هزینه‌های جمع‌آوری و دفع می‌گردد. کاهش رطوبت پسماند یکی از روش‌های پردازش پسماند جهت کاهش حجم، افزایش ارزش حرارتی، کاهش تماس با محیط زیست از طریق کاهش شیرابه می‌باشد [۵].

خشک شدن بیولوژیکی یک فرآیند خودکار حرارتی است که در آن میزان خشک شدن با گرمای بیولوژیکی آزاد شده در هنگام تجزیه مواد آلی در محل افزایش می‌یابد. بنابراین جابگزين مناسبی برای مدیریت پسماند از نظر امکان سنجی و هزینه پیشنهاد می‌شود. خشک کردن بیولوژیکی باعث کاهش رطوبت ضمن حفظ کالری می‌شود [۶]. رطوبت بالای فرآیند خشک کردن بیولوژیکی می‌تواند برای پردازش پسماندهای جامد شهری حاوی بخش زیادی از ترکیبات آلی مفید باشد، زیرا رطوبت زیاد مواد آلی باعث افزایش رطوبت کل ماتریس پسماند شهری می‌شود. استفاده از خشک کردن بیولوژیکی روش مناسبی برای تصفیه پسماندهای شهری می‌باشد. که در صورت سوختن پسماند مستقیم و بدون هیچ گونه پردازشی مقدار زیادی شیرابه را آزاد می‌کند [۱].

دفن گاز پسماند تقریباً چهل تا شصت درصد متان (CH_4)، و باقی مانده آن اکثراً دی‌اکسید کربن است. در صورت عدم جمع‌آوری و پردازش، انتشارات دفن پسماندهای متان هر دو یک خطر احتمال انفجار [۷] و یک تهدید زیست محیطی شدید را نشان می‌دهد زیرا CH_4 یک گاز گلخانه‌ای قدرتمند است. خشک کردن زیستی یک رویکرد MBT (پردازش بیولوژیکی مکانیکی) است که از واکنش پذیری بیولوژیکی پسماند به منظور تولید ماده‌ای با درجه حرارت پایین‌تر به دلیل کاهش رطوبت می‌باشد. این

1 COD

2 CH4

و TOC با معیارهای داده شده برای کارخانه MBT انجام شد. فعالیت تنفسی قطعه ۰-۲۰ میلی متر بعد از بیدار شدن بیش از حد محدود ۱۰ میلی گرم $g\ dm / 2\ O$ در ماه‌های سپتامبر و ژانویه بود. با این حال، مقدار LOI و TOC پایین‌تر از آن محدود شده در الزامات قانون است، به این معنی: کمتر از ۳۵٪ d.m. و کمتر از ۲۰٪ d.m. به ترتیب. به طور خلاصه، فرآیند MBT برای قطعه ۰-۲۰ میلی‌متر، برای آزمایشگاه تخلیه‌ای که انتظار می‌رود، می‌بایست با توجه به معیارهای کنونی موجود پذیرفته شود. برای قطعه ۲۰-۸۰ میلی‌متر پس از مرحله زیستی سطوح ۴ AT در ماه‌های جولای، سپتامبر و ژانویه بیش از حد بود اما مقدار TOC و LOI مورد نیاز در این ماه‌ها را برآورده می‌کند. این اجازه می‌دهد تا ما نتیجه‌گیری کنیم که کسر ۲۰-۸۰ میلی‌متر مورد بررسی در نصب MBT به درستی انجام شده است [۱۵].

کای^۲ و همکاران [۱۶] در پژوهش خود بررسی نمودند که از بین بردن، یک راه جایگزین برای درمان زباله‌های زیست توده، یک روش صرفه جویی اقتصادی و صرفه جویی در انرژی است که از مواد زائد با استفاده از گرمای میکروبی ناشی از تخریب مواد آلاشی، که بر مبنای فرآیند شبیه به کمپوست است، حذف می‌شود. کاهش رطوبت در طول زیست خشک کردن است. نتایج نشان داد که حذف آب در اولین فاز ترموفیلیک ۶۲ درصد از کل حذف آب را به خود اختصاص داد. در مرحله دوم فاز ترموفیلیک، حذف آب ۲۸٪ بیشتر بود. Biodrying یک ساختار لجن توخالی و طبقه بندی شده با لبه‌های نرم‌تر ایجاد می‌کند، پروتئین‌های معطر و پروتئین‌های میکروبی محلول در EPS را تجزیه می‌کند و آب مرطوب را به آب آزاد می‌کند. اصلاح ساختار، تبدیل EPS و آزاد شدن آب، حذف آب را در طی فرآیند برداشت را تسهیل می‌کند [۱۶]. مطالعات محدودی در رابطه با خشک کردن بیولوژیکی پسماند غذایی و پارامترهای موثر در این فرآیند وجود دارد. هدف از این مطالعه بررسی عملکرد فرآیند خشک شدن بیولوژیکی در کاهش رطوبت پسماند غذایی و تاثیر نرخ هوادهی در تسریع فرآیند خشک کردن می‌باشد.

۲- مواد و روش‌ها

مواد و مصالح مورد استفاده در طرح و ساخت پایلوت آزمایشگاهی به منظور پردازش پسماند آلی فسادپذیر جهت خشک کردن بیولوژیکی از پایلوت استفاده شد. جهت ساخت بدنه اصلی پایلوت از ورق های پی وی سی^۳ با روکش رنگی هایگلکس مقاوم استفاده گردیده است که علت مهم

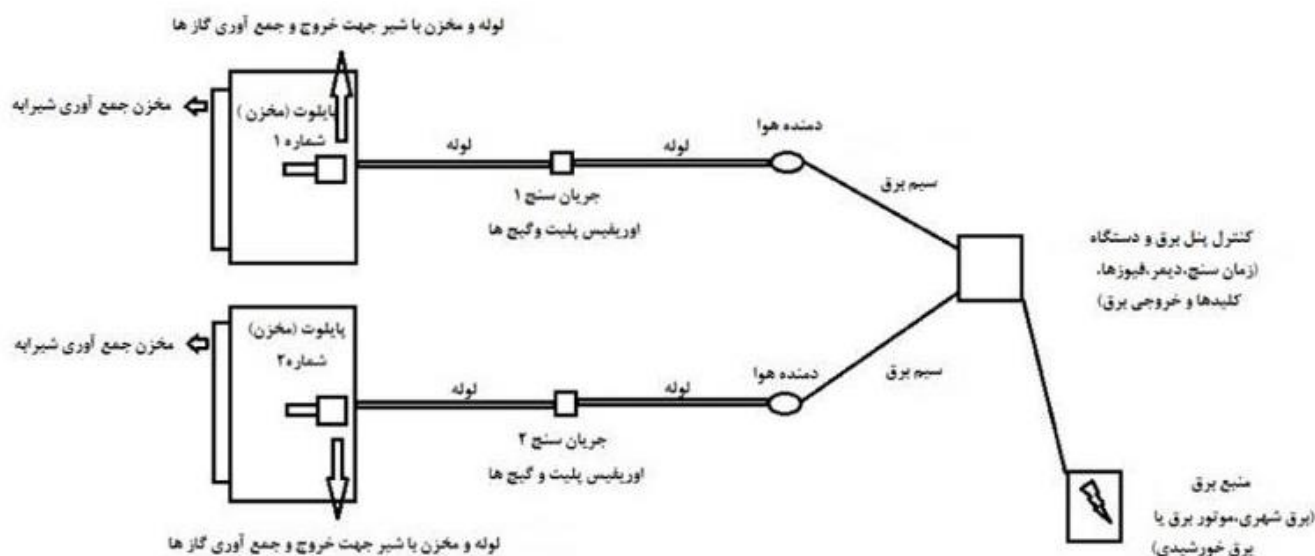
زمان و همکاران [۱۳] طی پژوهشی که در مورد فرآیند خشک کردن بیولوژیکی انجام داده‌اند دریافتند که گرمای تولید شده از فرآیند تجزیه هوازی ترکیبات ارگانیک همراه با هوا به دفع زباله‌ها کمک می‌کند. نتیجه پردازش با استفاده از زیست خشک کردن می‌تواند به عنوان سوخت حاصل از زباله (RDF) استفاده شود و این سوخت تولید شده از انواع مختلف زباله‌های جامد می‌باشد. RDF می‌تواند به عنوان یک جایگزین برای زغال سنگ مورد استفاده قرار گیرد. از نتایج به دست آمده از پژوهش در می‌بایم که پردازش زباله‌های جامد با استفاده از تکنولوژی زیست خشک کردن می‌تواند در تولید انرژی‌های تجدیدپذیر را به عنوان سوخت زباله (RDF)، کاهش میزان آب زباله‌های جامد، بهبود کیفیت و افزایش میزان ضایعات جامد بازیافت شده مفید باشد. فن آوری بیوشیمی قادر به افزایش تجزیه جزئی و هیدرولیز ترکیبات آلی ماکرومولکول می‌باشد. کاربرد زیست خشک کردن می‌تواند کاهش انتشار گازهای گلخانه‌ای مانند دی اکسید کربن (CO_2)، متان (CH_4) و دی نیتروکسید (N_2O) باشد [۱۳].

مارلنا و همکاران [۱۴] طی پژوهشی با هدف جداسازی بیرونی، اساسا با هدف حذف مواد زائد آلی از طریق تبخیر آب موجود در زباله است. با این حال، در بعضی موارد، لوله اتصال می‌تواند در فرآیندهای زیست خشک کردن ایجاد شود. این محلول ممکن است حاوی ترکیبات مختلف بوی نامطبوع، آمونیوم، نیترات و اسیدهای آلی باشد، که قبل از تخلیه به آب، نیاز به مدیریت مناسب دارد. با توجه به اهمیت فعالیت‌های میکروبی در زیست خشک کردن، جوامع باکتری در حال بررسی گسترده، اما مطالعات جامع در مورد باکتری‌ها، اکتینومیست‌ها و قارچ‌ها هنوز هم مورد نیاز است، زیرا همه این میکروارگانیسم‌ها در تجزیه ارگانیزم شرکت دارند. در محصولات زیست خشک شده، غلظت فلزات سنگین افزایش می‌یابد و در سوخت و ساز بعدی آن، کسر خاکستر ممکن است توسط فلزات سنگین آلوده شود. برای کاهش خطرات بهداشتی و اثرات زیست محیطی، گازهای خروجی پلنت‌های زیست خشک کردن باید به درستی مدیریت شوند زیرا اکسیدهای آلاینده، آمونیاک، بیوفیزیک، ذرات ریز و مواد به وجود آمده در گاز خروجی یافت می‌شوند [۱۴].

دیبکا^۱ و همکاران [۱۵] در پژوهش خود نمونه‌های اولیه ضایعات جامد شهری را مورد بررسی قرار دادند. هدف اصلی این کار تجزیه و تحلیل اثربخشی فرآیند بیولوژیکی MSW در راکتور کامل مقیاس با توجه به درجه تجزیه بیولوژیکی مواد آلی و خواص سوخت آن است. نتایج نشان داد ارزیابی کار یک راکتور کامل زیست زیستی با مقایسه مقادیر LOI، ۴ AT

2 Cai
3 P.V.C

1 Debicka



شکل ۱. دیاگرام پردازش پسماند آلی فسادپذیر جهت کاهش رطوبت به روش خشک کردن بیولوژیکی

Fig. 1. Diagram of biodegradable organic waste preprocessing for moisture reduction using biodrying

وات (W) و جریان مصرفی $1/6$ آمپر (A) است که قابلیت استفاده از برق شهری را دارا می باشد علاوه بر آن جهت تنظیم زمانبندی و دوره های (پریودهای) هوادهی از تایمر^۲ ۲۴ ساعته دستی با دقت تنظیم ۱۵ دقیقه و جهت قطع و برقراری مجدد جریان برق از کلیدهای مینیاتوری و فیوز مجزا بهره گرفته شده است، در مورد انتقال جریان هوا از دمنده به فضای داخلی یونیت از لوله پی وی سی (پلیکا) با تحمل فشار نیمه قوی استفاده شده، در محل ورودی به یونیت جهت توزیع یکنواخت تر و بهتر جریان هوا از لوله اصلی به کمک سه راهی، انشعاب به قطر لوله اصلی ایجاد و به قسمت تحتانی از وجه پشتی یونیت وارد شده که محل اتصال با ماستیک کاملاً عایق گردیده است. به منظور اندازه گیری جریان هوای ورودی از دمنده به یونیت از گیج های صفحه ۱۰ سانتی متری با محدوده^۳ صفر تا ۱۰ میلی بار و بدنه تمام استیل با پایه برنجی و اتصالات پلی اتیلنی و پی وی سی (پلیکا) رزوه دار نیم یا یک دوم اینچی بهره گرفته شده است. در ادامه نحوه اندازه گیری پارامترهای آزمایشگاهی بیان شده است.

انتخاب این متریال مقاومت قابل قبول آن در برابر خوردگی ناشی از گازهای متصاعد شده احتمالی از پسماند مورد پردازش و همچنین مقاومت و عدم نفوذپذیری در مواجهه با رطوبت و شیرابه تولیدی از پسماند می باشد. جهت باز و بسته شدن بهتر و ایمن تر یونیت ها از بست های کابینتی ضد زنگ به تعداد سه عدد برای هر یونیت و دو عدد جک هیدرولیکی بهره گرفته شده و جهت حفظ ویژگی عایق بودن از درزگیرهای پلی اتیلنی دو لایه چسب دار در محل درها استفاده شده است، همچنین دستگیره های فلزی جهت باز و بسته شدن وجه فوقانی بر روی آن تعبیه شده که جهت اتصال آنها از پیچ های فولادی استفاده شده است.

از آن جایی که استفاده از روش بیولوژیکی صرف جهت پردازش پسماند بسیار زمانبر و عملاً تا حدودی غیر اقتصادی است در طرح و ساخت پایلوت آزمایشگاهی از روش مکانیکی نیز تا حدی استفاده گردیده است و در این مورد خاص از دمنده هوا معروف به دم^۱ بهره گرفته شده است که مهم ترین امتیاز آن سادگی مکانیزم داخلی، در دسترس بودن و مصرف انرژی پایین است. دمنده هوای مورد استفاده از نوع برقی (تک فاز) با توان اسمی ۱۲۰

2 TIMER
3 RANGE

1 BLOWER

درصد رطوبت پسماند

جهت تعیین درصد رطوبت از روش خشک کردن به وسیله اون که بسیار دقیق تر از سایر روش‌ها می‌باشد و همچنین یک مرحله از آماده سازی نمونه‌ها برای آنالیزهای بعدی است استفاده شد، در این روش مقدار مشخصی از نمونه را ابتدا در یک ترازو با دقت حداقل یک دهم کیلوگرم وزن می‌کنیم و آن را در اون در دمای ۶۰ تا ۷۰ درجه سانتی‌گراد قرار داده و بعد از ۲۴ ساعت آن را از اون خارج نموده و در دسیکاتور قرار می‌دهیم تا سرد شود. بدین ترتیب پس از توزین، اختلاف وزن نشان دهنده میزان رطوبت است.

هدایت الکتریکی

هدایت الکتریکی، قابلیت یک نمونه را در هدایت جریان الکتریسیته به صورت عدد نشان می‌دهد. در این آزمایش ۱۰ گرم نمونه را با ۹۰ سی سی آب مقطر مخلوط می‌نماییم و به مدت ۳۰ دقیقه به هم می‌زنیم، نمونه‌ها را صاف نموده و پس از گذشت ۱۰ دقیقه میزان EC را توسط هدایت سنج متر دیجیتالی اندازه گرفته شد.

میزان خاکستر و جامدات فرار

ظرف خالی را به مدت ۱۵ دقیقه در کوره ۵۵۰ درجه سانتی‌گراد قرار داده و پس از سرد شدن ۲ گرم از نمونه خشک شده را در دمای ۵۵۰ درجه سانتی‌گراد به مدت ۲ ساعت در کوره در حرارت ۵۵۰ درجه سانتی‌گراد قرار داده می‌شود. در نهایت نمونه را در یک دسیکاتور سرد نموده و با ترازوی دقت یک دهم میلی‌گرم وزن شد. تفاوت به دست آمده نشان دهنده مقدار خاکستر و جامدات فرار (VS) خواهد بود.

pH

در ابتدا یک قسمت از نمونه را با ۵ قسمت آب مقطر (۵۰ گرم نمونه در ۲۵۰ سی سی آب مقطر) به مدت ۴۵ دقیقه با استفاده از میکسر مخلوط نموده و پس از گذشت ۱۰ دقیقه با استفاده از دستگاه pH متر، مقدار pH را قرائت می‌شود.

کل کربن آلی

TOC نمونه‌ها توسط دستگاه TOC آنالایزر بر اساس برنامه NPOC (Non-Purgeable Organic Carbon) سنجش شد.

پسماند مورد آزمایش

جهت تعیین نوع پسماند آلی ابتدا پسماند تولیدی در شهر تهران مورد بررسی قرار گرفت. در شهر تهران روزانه متجاوز از شش هزار تن پسماند شهری تولید می‌شود، که قسمت اعظم آن را پسماندهای فسادپذیر با منشا گیاهی یا حیوانی تشکیل می‌دهد. ترکیب پسماندهای شهری در این مرحله با کشورهای صنعتی تفاوت‌های زیادی را نشان می‌دهد، بر اساس مطالعات وزارت کشور در سال ۱۳۷۴، تولید روزانه پسماند خانگی برای هر شهروند ۸۰۰ گرم، پسماند بیمارستانی ۱۷ گرم و پسماندهای صنعتی شهر ۲۶ گرم است [۱۲]. جدول زیر میانگین درصد اجزای تشکیل دهنده پسماندهای شهری کشور را در سال ۱۳۷۴ نشان می‌دهد.

با توجه به اینکه بخش عمده پسماند آلی در کشور پسماند غذایی است. پسماند مورد استفاده در این مطالعه از نوع پسماند غذایی آلی فسادپذیر است. درصد رطوبت این نوع پسماند بیشتر از پسماندهای عادی جامد شهری است و در مورد ارزش حرارتی پسماند فسادپذیر به دلیل رطوبت بالا ارزش حرارتی کمتری نسبت به سایر انواع پسماند را دارا می‌باشد.

جدول ۱. میانگین درصد اجزای تشکیل دهنده پسماند های شهری کشور در سال ۱۳۷۴

Table 1. Average of Iran municipal waste composition percentage in 1994

اجزا	درصد
مواد فسادپذیر	۶۲/۶۴
کاغذ	۱۰/۹۲
پلاستیک	۱۰/۲۸
فلز	۳/۲۴
شیشه	۴/۲۴
پارچه	۴/۰۸
چوب	۵/۵۲

جدول ۲. ترکیب پسماند غذایی مورد استفاده در تحقیق

Table 2. Food waste composition used in the study

وزن پسماند	ناخالص	تجزیه ناپذیر	خالص
	۴۵/۰۰۰	۸/۷۵۰	۳۶/۲۵۰

متفاوت در دو دستگاه (پایلوت) جداگانه می‌باشد که در روزهای مختلف انجام شده است که نتایج ذیل به دست آمده است. در این مرحله آزمایشات انجام شده شامل دو مرحله (مرحله اول: با چهار حفره هوادهی به مقدار ۴ میلی بار در ثانیه^۸، مرحله دوم: با دو حفره هوادهی به مقدار ۳ میلی بار در ثانیه) با یک نوع پسماند می‌باشد که نتایج آن‌ها به صورت جزئی در هر سبد با ارائه خروجی‌های مرتبط با پارامترهای اندازه‌گیری شده در هر آزمایش بررسی و مورد تجزیه و تحلیل قرار گرفته است. در این آزمایش با توجه به توان دمنده نرخ بهینه تعیین گردیده است. لازم به ذکر است این نرخ در انواع مختلف دمنده متفاوت می‌باشد. آزمایش انجام شده در مدت ۴۱ روز و در محل گلخانه مرکزی دانشگاه شهید بهشتی انجام گرفته است. محیط پایلوت در زمان هوادهی کاملاً ایزوله بوده و هیچ گونه ورود و خروج هوا در زمان انجام فرآیند صورت نگرفته است. میزان هوادهی توسط بردی که به دستگاه متصل بوده تنظیم گردیده است. هوادهی در این آزمایش بر اساس مطالعات پیشین ۱۵ دقیقه در هر ۲ ساعت صورت گرفته است. پارامترهای مورد نظر برای این آزمایش، دمای راکتور، دمای محیط و رطوبت پسماند مورد مطالعه بوده که روزانه مورد سنجش قرار گرفته است.

• **درجه حرارت و رطوبت**

در این مرحله میزان درجه حرارت و رطوبت داخل و بیرون پایلوت برای هر روز مورد بررسی قرار گرفته است. در این مرحله نیز میزان درجه حرارت و رطوبت داخل و خارج هر مرحله (پایلوت) نشان می‌دهد که در مرحله اول و دوم میزان حرارت و رطوبت برای هر دو به صورت یکسان بوده است.

• **درصد رطوبت**

درصد رطوبت پسماند در هر سه سبد از دو پایلوت مورد بررسی قرار گرفته و اطلاعات مربوط به هر یک در جدول ۵ قابل مشاهده می‌باشد.

کمیت پسماند مورد استفاده

طبق محاسبات انجام گرفته و با توجه به دانسیته پسماند جهت هر یک از یونیت‌های پایلوت آزمایشگاهی نیاز به حدود ۲۵ کیلوگرم پسماند است که جمعاً این مقدار برای هر مرتبه آنالیز و اندازه‌گیری داده‌ها طی بازه‌های زمانی معین به حدود ۵۰ کیلوگرم میرسد. برای طرح آزمایش جهت پردازش پسماند به روش خشک کردن بیولوژیکی باید عوامل مهم و تاثیرگذار را با متغیرهای تعیین‌کننده در نظر گرفت، از جمله این عوامل و متغیرهای کلیدی می‌توان به میزان اختلاط^۱، رطوبت^۲، اندازه ذرات^۳، زمان هوادهی^۴، مقدار هوادهی^۵، عامل حجیم^۶ و ... اشاره کرد. با توجه به اهمیت موارد فوق، اقدام به انجام ۲ مرحله^۷ برای پوشش دادن همه موارد فوق گردید که شامل مرحله‌های ذیل است:

مرحله اول و دوم با پسماند غذایی فسادپذیر تهیه شده از سلف سرویس مرکزی پردیس اصلی دانشگاه شهید بهشتی (فاقد مواد غیر قابل تجزیه از طریق جداسازی) و با مقدار هوادهی متفاوت در دو دستگاه (پایلوت) جداگانه انجام شد، همچنین وزن پسماند غذایی استفاده شده به شرح جدول ۲ می‌باشد.

۳- نتایج و بحث

هدف از انجام این آزمایش بررسی تاثیر هوادهی در کاهش رطوبت پسماند غذایی برای خشک کردن بیولوژیکی پسماند حاصل از پسماند غذایی فسادپذیر (فاقد مواد غیر قابل تجزیه از طریق جداسازی) و با مقدار هوادهی

- 1 Mixing Ratio
- 2 Moisture Content
- 3 Size
- 4 Aeration Time
- 5 Aeration flow
- 6 Bulking Agent
- 7 Run

8 Milibar second

جدول ۳. درجه حرارت و رطوبت داخل و بیرون پایلوت مرحله اول

Table 3. Indoor and outdoor temperature and moisture of pilot in the first stage

مرحله اول	درجه حرارت		رطوبت	
	داخل (درجه سانتی‌گراد)	بیرون (درجه سانتی‌گراد)	داخل (درصد)	بیرون (درصد)
روز اول	۵/۶	۶	۷۵	۶۱
روز هفتم	۸/۵	۵/۸	۵۶	۵۵
روز چهاردهم	۱۴	۱۱/۷	۷۱	۵۵
روز هجدهم	۱۶/۲	۱۱/۴	۷۸	۵۴
روز بیست و پنجم	۹	۸/۲	۷۵	۵۰
روز سی و دوم	۶	۶/۳	۷۰	۴۱

جدول ۴. درجه حرارت و رطوبت داخل و بیرون پایلوت مرحله دوم

Table 4. Indoor and outdoor temperature and moisture of pilot in the second stage

مرحله دوم	درجه حرارت		رطوبت	
	داخل (درجه سانتی‌گراد)	بیرون (درجه سانتی‌گراد)	داخل (درصد)	بیرون (درصد)
روز اول	۵/۵	۶	۷۲	۶۱
روز هفتم	۸/۵	۵/۸	۵۶	۵۵
روز چهاردهم	۱۴	۱۱/۷	۷۱	۵۵
روز هجدهم	۱۶/۲	۱۱/۴	۷۸	۵۴
روز بیست و پنجم	۹	۸/۲	۷۵	۵۰
روز سی و دوم	۶	۶/۳	۷۰	۴۱

جدول ۵. درصد رطوبت پسماند در هر سه سبب از دو پایلوت

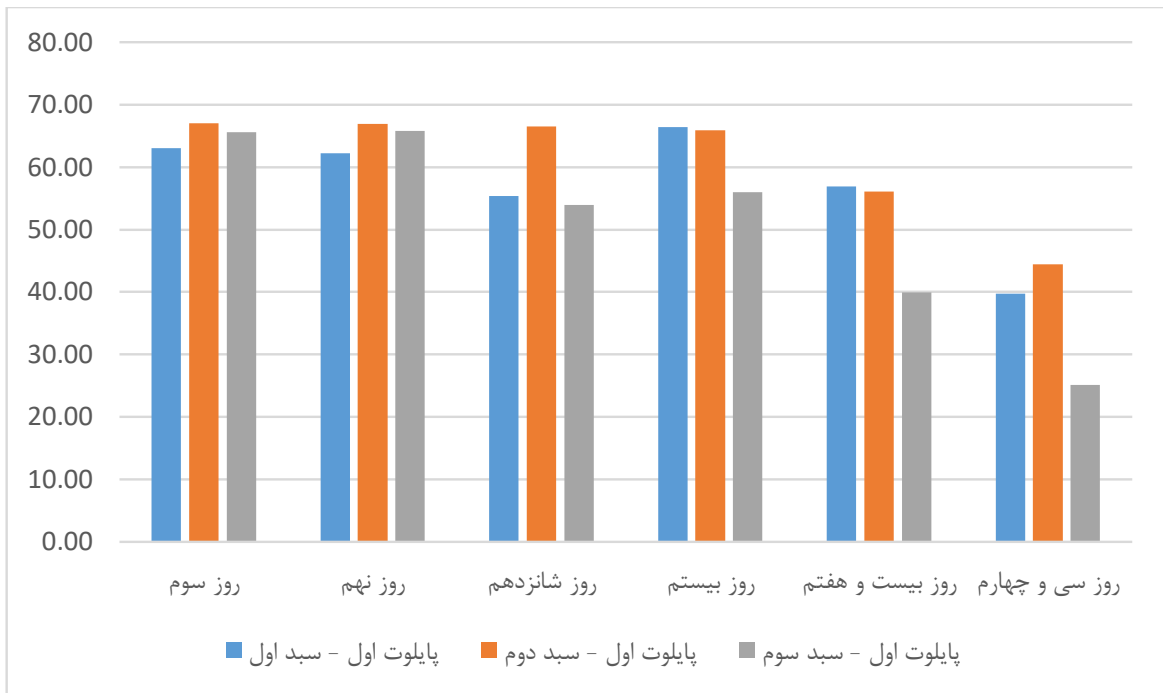
Table 5. Food waste composition used in the study

روز دوره	مرحله اول			مرحله دوم		
	پایلوت اول _سبب اول (درصد)	پایلوت اول _سبب دوم (درصد)	پایلوت اول _سبب سوم (درصد)	پایلوت دوم_سبب اول (درصد)	پایلوت دوم_سبب دوم (درصد)	پایلوت دوم_سبب سوم (درصد)
روز اول	۶۷/۹۰	۶۷/۵۰	۶۸/۵۰	۶۵/۳۰	۶۲/۳۰	۶۷/۶۰
روز سوم	۶۳/۰۰	۶۷/۰۰	۶۵/۶۰	۶۵/۴۰	۶۷/۳۰	۶۴/۴۰
روز ششم	۶۶/۸۰	۶۶/۵۰	۵۸/۴۰	۶۷/۲۰	۶۷/۸۰	۶۶/۹۰
روز هشتم	۶۴/۲۰	۶۵/۸۰	۶۴/۳۰	۶۶/۸۰	۶۵/۷۰	۶۴/۳۰
روز نهم	۶۲/۲۰	۶۶/۹۰	۶۵/۸۰	۶۵/۵۰	۶۷/۸۰	۶۶/۲۰
روز دهم	۶۶/۹۰	۶۹/۳۰	۷۰/۴۰	۶۹/۳۰	۶۸/۶۰	۶۷/۷۰
روز شانزدهم	۵۵/۴۰	۶۶/۵۰	۵۳/۹۰	۶۸/۹۰	۷۰/۳۰	۶۱/۴۰
روز بیستم	۶۶/۴۰	۶۵/۹۰	۵۶/۰۰	۶۷/۵۰	۶۶/۶۰	۴۵/۷۰
روز بیست و سوم	۵۷/۵۰	۵۹/۶۰	۵۲/۱۰	۶۸/۶۰	۶۰/۹۰	۳۹/۰۰
روز بیست و هفتم	۵۶/۹۰	۵۶/۱۰	۳۹/۹۰	۶۷/۲۰	۶۵/۴۰	۳۹/۸۰
روز سی و چهارم	۳۹/۷۰	۴۴/۴۰	۲۵/۱۰	۵۵/۷۰	۴۷/۱۰	۲۱/۸۰

سوم و عدم تماس مستقیم با هوا می‌باشد.

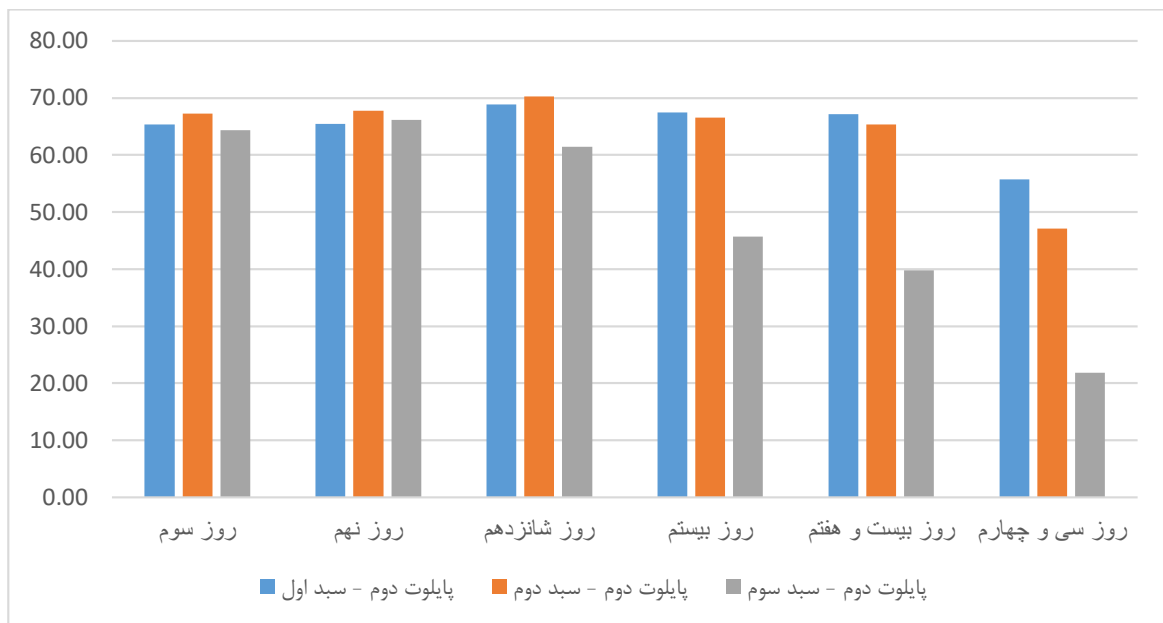
در مرحله دوم درصد رطوبت در ابتدا برای هر سه سبب بین ۶۰ تا ۷۰ درصد است که در دوره‌های بعدی رطوبت مربوط به سبدهای اول و دوم روند تقریباً ثابتی دارند و تنها در دوره آخر اندکی کاهش می‌یابند اما در مورد سبب سوم از روز شانزدهم به بعد روند کاهشی شدید داشته است که علت آن نیز مانند مرحله قبل به دلیل مجاورت سبب سوم در نزدیکی حفره‌های دمنده می‌باشد.

نتایج به دست آمده حاکی از آن است که در هر دو مرحله فرایند هوادهی به مدت چهل و یک روز انجام شده است. در مرحله اول درصد رطوبت در ابتدا برای هر سه سبب حدود ۶۸٪ می‌باشد. که در دوره‌های بعدی تا روز نهم روند تقریباً ثابتی داشته است در زمان دهم اندکی میزان رطوبت افزایش یافته و پس از آن تا انتهای دوره روندی کاهشی داشته است. روند کاهشی رطوبت برای سبب سوم بیشتر از دو سبب دیگر است که علت آن مجاورت سبب سوم در نزدیکی حفره‌های دمنده می‌باشد. همچنین سبب اول نیز بیشتر از سبب دوم کاهش رطوبت داشته که علت آن قرار گرفتن سبب دوم در میان سبب اول و



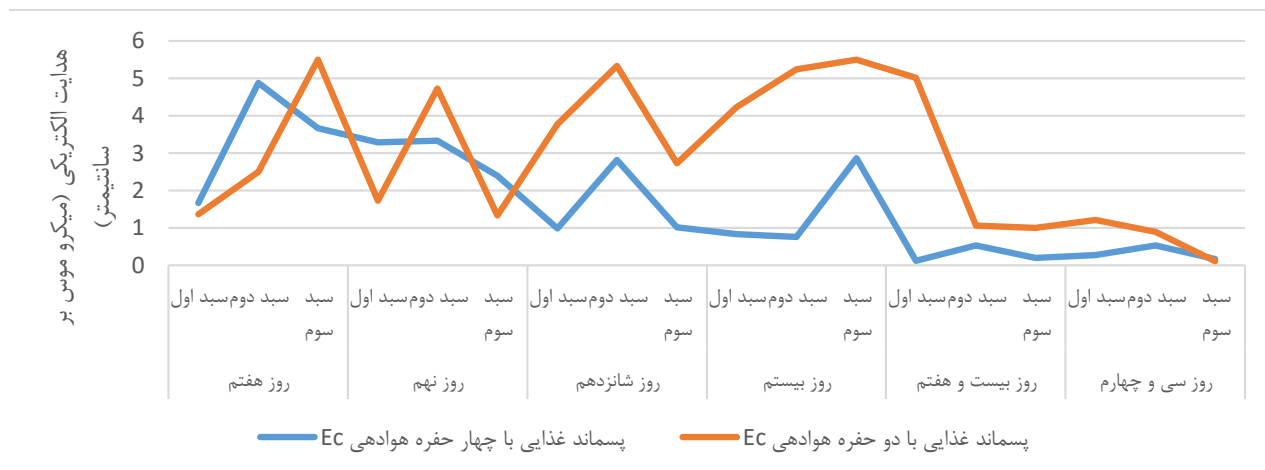
شکل ۲. درصد رطوبت مرحله اول

Fig. 2. moisture content in the stage 1



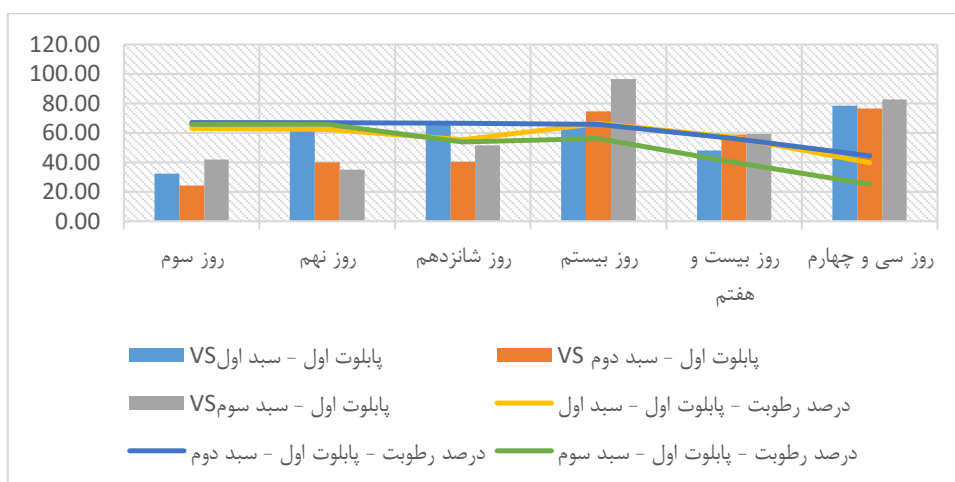
شکل ۳. درصد رطوبت مرحله دوم

Fig. 3. moisture content in the stage 2



شکل ۴. نتایج EC در مرحله اول و دوم

Fig. 4. EC results in the stages 1 and 2



شکل ۵. مقایسه درصد رطوبت و VS در مرحله اول

Fig. 5. Comparison of moisture content and VS in the stage 1

به نسبت مرحله دوم با توجه به تعداد بیشتر حفره‌های هوادهی شاهد کاهش سریع میزان EC خواهیم بود. به صورتی که در روز پایانی هر سه سید مرحله اول عددی زیر ۱ را به ما نشان می‌دهد ولی در سیدهای مرحله دوم فقط سید شماره ۳ که در معرض هوادهی مستقیم می‌باشد به زیر عدد ۱ رسید است.

• میزان جامدات فرار

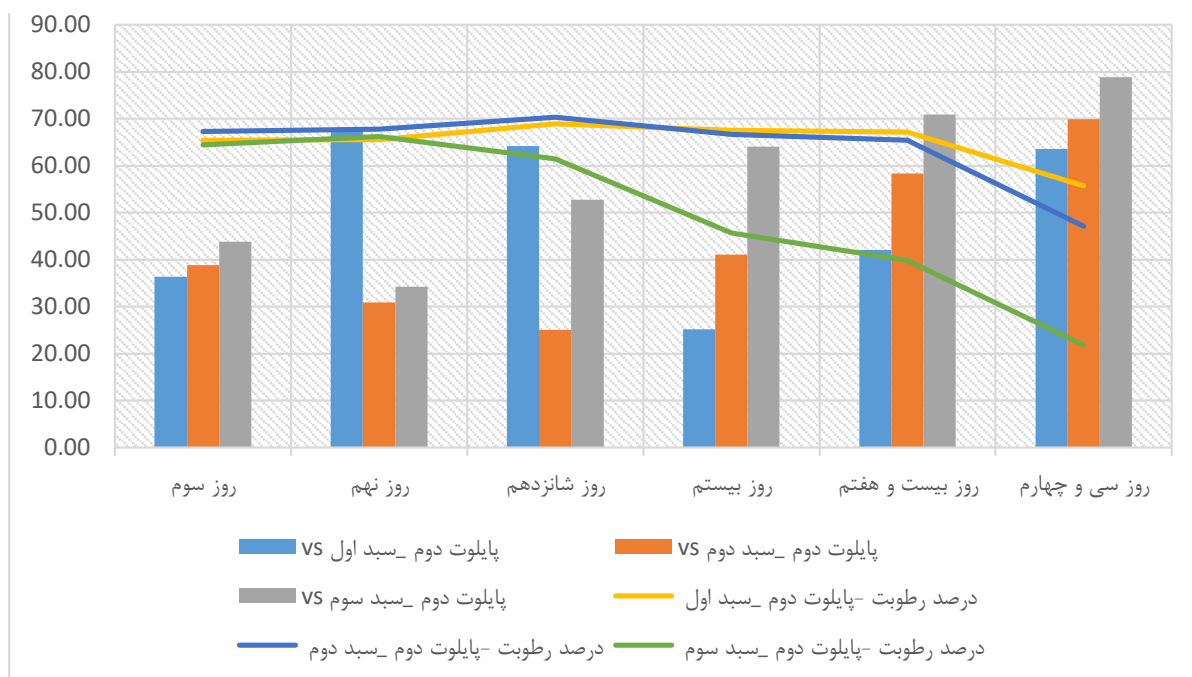
در این مرحله درصد رطوبت و میزان جامدات فرار (VS) مقایسه شده است. که نتایج به دست آمده در شکل‌ها ۳-۴ حاکی از کاهش رطوبت و افزایش جامدات فرار می‌باشد.

همان‌طور که در شکل ۵ قابل مشاهده است بعد از گذشت سیکل مدنظر در مرحله اول، پسماند موجود رطوبت خود را از دست داده و بیشترین تغییرات معنادار در روز نوزدهم به بعد مشاهده شده است.

• میزان روزانه هدایت الکتریکی

هدایت الکتریکی آب نشان دهنده میزان املاح‌های موجود در آب می‌باشد. واحد هدایت الکتریکی که آن را با EC نیز نمایش می‌دهند. 1-ohm یا 1mho می‌باشد و واحد هدایت الکتریکی ویژه آب $\mu\text{mho/cm}$ (میکرو موس بر سانتی‌متر) که در سیستم SI با $\mu\text{Siemens/cm}$ (میکرو زیمنس بر سانتی‌متر) نمایش داده می‌شود. از همین رو در این بخش مقدار EC برای هر سید در هر مرحله در هر روز از پابلوت آزمایشی مورد بررسی قرار گرفته است.

در این قسمت نیز شکل ۴ نتایج EC به دست آمده نشان می‌دهد که در مرحله اول و دوم EC با گذر زمان کاهش یافته است، که این کاهش رطوبت برای سید سوم به نسبت سید اول و دوم بیشتر بوده و در مرحله اول



شکل ۶. مقایسه درصد رطوبت و VS در مرحله دوم

Fig. 6. Comparison of moisture content and VS in the stage 2

جدول ۶. نتایج pH و TOC شیرابه

Table 6. pH and TOC results of leachate

شاخص	خروجی
TOC	۳۱۲۱
PH	۸/۳۵

نتایج حاکی از آن است که مرحله دوم نسبت به مرحله اول دارای کاهش درصد رطوبت و افزایش میزان جامدات فرار کمتر می‌باشد و علت آن هم همان طور که در قسمت‌های قبلی گفته شده مقدار هوادهی متفاوت در دو پایلوت (مرحله اول: با چهار حفره هوادهی، مرحله دوم: با دو حفره هوادهی) می‌باشد. همچنین شاخص‌های pH و TOC شیرابه بیانگر مطلوب بودن آزمایشات می‌باشد. که نتایج به دست آمده در جدول ۶ قابل مشاهده است. در نهایت وزن پسماند باقی مانده در پایان دوره (روز آخر) به مقدار قابل توجهی کاهش و در مجموع دو دستگاه به ۶/۸۶۰ کیلوگرم بالغ گردیده است و نکته قابل ذکر دیگر مقدار pH پسماند در همان تاریخ به صورت عصاره محلول در آب مقطر است که شاخص ۷ الی ۷/۵ را نشان می‌دهد.

همچنین در پایان دوره (روز آخر) میزان درصد رطوبت کاهش چشم‌گیری داشته و میزان جامدات فرار با افزایش رو به رو شده است. این میزان کاهش رطوبت و افزایش جامدات فرار به ترتیب در سبب سوم، اول و دوم را شاهد هستیم. همان طور که در شکل ۶ قابل مشاهده است بعد از گذشت سیکل مدنظر در مرحله دوم، پسماند موجود رطوبت خود را نسبتاً از دست داده و بیشترین تغییرات معنادار در روز بیست و ششم به بعد مشاهده شده است. همچنین در پایان دوره (روز آخر) میزان درصد رطوبت کاهش داشته و میزان جامدات فرار با افزایش رو به رو شده است. این میزان کاهش رطوبت و افزایش جامدات فرار به ترتیب در سبب سوم، اول و دوم را شاهد هستیم.

۴- نتیجه گیری

خشک شدن بیولوژیکی یک فرایند خودکار حرارتی است که در آن میزان خشک شدن با گرمای بیولوژیکی آزاد شده در هنگام تجزیه مواد آلی در محل افزایش می‌یابد. بنابراین، جایگزین جالبی برای مدیریت پسماند از نظر امکان سنجی و هزینه ارائه می‌دهد. خشک کردن بیولوژیکی باعث کاهش رطوبت ضمن حفظ کالری می‌شود. استفاده از خشک کردن بیولوژیکی روش مناسبی برای تصفیه پسماندهای بسیار مرطوب است که در صورت سوختن پسماند مستقیم و بدون هیچ گونه پردازشی، مقدار زیادی شیره را آزاد می‌کند. همچنین محتوای آب پسماندهای جامد شهری عامل بسیار مهمی است که بر راندمان احتراق و از این رو در فرآیندهای تبدیل انرژی به پسماند تأثیر می‌گذارد. هدف از انجام پژوهش حاضر بررسی تأثیر هوادهی در کاهش رطوبت پسماند غذایی به روش خشک کردن بیولوژیکی پسماند حاصل از پسماند غذایی فسادپذیر می‌باشد. از همین رو یک سیستم بیودرینگی در مقیاس پایلوت نوآورانه برای تصفیه ضایعات جامد شهری طراحی شده است و عوامل مهم و تأثیرگذار را با متغیرهای تعیین کننده شامل: میزان اختلاط، رطوبت، اندازه ذرات، زمان هوادهی، مقدار هوادهی و عامل حجیم در نظر گرفته شده، و با توجه به اهمیت موارد فوق، اقدام به انجام دو مرحله برای پوشش دادن بخش قابل توجهی از موارد فوق گردیده است. داده به دست آمده نشان داد که در مرحله اول و دوم EC با گذر زمان کاهش یافته است، همچنین بعد از گذشت سیکل مدنظر در مرحله اول، پسماند موجود رطوبت خود را از دست داده و بیشترین تغییرات معنادار در روز نوزدهم به بعد مشاهده شده است که در پایان دوره برابر با ۲۵/۱۰ می‌باشد و در مرحله دوم، پسماند موجود رطوبت خود را نسبتاً از دست داده و بیشترین تغییرات معنادار در روز بیست و ششم به بعد مشاهده شده و در پایان دوره برابر با ۲۱/۸۰ می‌باشد. که مرحله دوم نسبت به مرحله اول داری کاهش درصد رطوبت و افزایش میزان جامدات فرار کمتر می‌باشد و علت آن هم مقدار هوادهی متفاوت در دو پایلوت می‌باشد. نتایج نشان داد که وزن، حجم و رطوبت پسماند کاهش یافته همچنین مقدار pH شیرابه (۸/۳۵) پسماند تثبیت و به میزان زیادی حذف و به میزان ۳۰-۴۰ CC باقی مانده است و جامدات فرار (VS) افزایش یافته است. وزن نهایی پسماند برابر با ۶/۸۶۰ کیلوگرم می‌باشد در نتیجه هوادهی در کاهش رطوبت پسماند غذایی فسادپذیر به روش خشک کردن بیولوژیکی یک روش پایدار برای کاهش رطوبت پسماند می‌باشد.

منابع

- [1] A.P. Tom, R. Pawels, A. Haridas, Biodrying process: A sustainable technology for treatment of municipal solid waste with high moisture content, *Waste management*, 49 (2016) 64-72.
- [2] M. Atauzzaman, Q. Bari, Effect of passive and forced aeration on composting of market solid waste, *International Journal of Engineering & Technology*, 9(1) (2020) 182-186.
- [3] L. Liu, J. Ma, Q. Xue, J. Shao, Y. Chen, G. Zeng, The in situ aeration in an old landfill in China: Multi-wells optimization method and application, *Waste Management*, 76 (2018) 614-620.
- [4] C. Brandstätter, R. Prantl, J. Fellner, Performance assessment of landfill in-situ aeration—A case study, *Waste Management*, 101 (2020) 231-240.
- [5] S. Markarian, M. Abbasi, M.J. Ghazizadeh, Evaluation of waste biological process for moisture reduction, in: 4th international congress of agricultural development, natural resources, environment and tourism in Iran Tabriz, 2018.
- [6] G. Passamani, M. Ragazzi, V. Torretta, Potential SRF generation from a closed landfill in northern Italy, *Waste management*, 47 (2016) 157-163.
- [7] C. Scheutz, R.B. Pedersen, P.H. Petersen, J.H.B. Jørgensen, I.M.B. Ucendo, J.G. Mønster, J. Samuelsson, P. Kjeldsen, Mitigation of methane emission from an old unlined landfill in Klintholm, Denmark using a passive biocover system, *Waste management*, 34(7) (2014) 1179-1190.
- [8] K. Suksankraisorn, S. Patumsawad, B. Fungtammasan, Co-firing of Thai lignite and municipal solid waste (MSW) in a fluidised bed: Effect of MSW moisture content, *Applied Thermal Engineering*, 30(17-18) (2010) 2693-2697.
- [9] F. Viganò, S. Consonni, M. Ragazzi, E.C. Rada, A model for mass and energy balances of bio-Drying, in: North American Waste-to-Energy Conference, 2011, pp. 63-70.
- [10] G. Ionescu, E.C. Rada, M. Ragazzi, C. Mărculescu, A. Badea, T. Apostol, Integrated municipal solid waste scenario model using advanced pretreatment and waste to

- solid waste, in: E3S Web of Conferences, EDP Sciences, 2018, pp. 03013.
- [14] M. Dębicka, M. Żygadło, J. Latosińska, Investigations of bio-drying process of municipal solid waste, *Ecological Chemistry and Engineering. A*, 20(12) (2013).
- [15] M. Dębicka, M. Żygadło, J. Latosińska, The effectiveness of biodrying waste treatment in full scale reactor, *Open chemistry*, 15(1) (2017) 67-74.
- [16] L. Cai, T. Krafft, T.-B. Chen, D. Gao, L. Wang, Structure modification and extracellular polymeric substances conversion during sewage sludge biodrying process, *Bioresource Technology*, 216 (2016) 414-421.
- energy processes, *Energy Conversion and Management*, 76 (2013) 1083-1092.
- [11] J. Ryckeboer, J. Mergaert, K. Vaes, S. Klammer, D. De Clercq, J. Coosemans, H. Insam, J. Swings, A survey of bacteria and fungi occurring during composting and self-heating processes, *Annals of microbiology*, 53(4) (2003) 349-410.
- [12] I. Prohmdetbun, T. Srisatit, Effect of Passive Aeration on Fed Batch Composting of Organic Waste in Compost Bioreactors, *EnvironmentAsia*, 13(1) (2020).
- [13] B. Zaman, W. Oktiawan, M. Hadiwidodo, E. Sutrisno, I.W. Wardana, Potential application of biodrying to treat

چگونه به این مقاله ارجاع دهیم

S. Markarian, M. Abbasi, M. Jalilighazizadeh, Investigating the effect of aeration on reducing food moisture by biological drying method, Amirkabir J. Civil Eng., 53(12) (2022) 5503-5516.

DOI: 10.22060/ceej.2020.18861.6986



