دانشگاه آزاد اسلامی واحد اهر
فصلنامه‌ی کاربرد شیمی در محیط زیست

سال پانزدهم، شماره‌ی ۵۹
پاییز ۱۴۰۳، صفحات ۶۰-۴۹

"مقاله پژوهشی"

بازیافت پسماند لجنی و تهیه کمپوست از سیستم تصفیه کارخانه روغن خوراکی

(مطالعه موردی،کارخانه گنجه رودبار)

حسین رمضانی گنجه [۱]، زهره قاضی طباطبایی [۲و۳*]

[۱] گروه مهندسی شیمی، واحد اهر، دانشگاه آزاد اسلامی، اهر، ایران

[۲] گروه شیمی کاربردی، واحد اهر، دانشگاه آزاداسلامی، اهر، ایران

[۳] مرکز تحقیقات مدیریت توسعه پایدار حوضه آبریز دریاچه ارومیه و رودخانه ارس، واحد تبریز، دانشگاه آزاد اسلامی، تبریز، ایران

[*] نویسنده مسئول مکاتبات:zghazitabatabai@iau.ac.ir

(دریافت مقاله: ۱۴۰۳/۰۶/۱۸، پذیرش نهایی: ۱۴۰۳/۰۷/۱۶)

چکیده

سابقه و هدف: تولید کمپوست از پسماندهای لجنی تصفیه خانه‌های صنایع روغن خوراکی، به دلیل وجود مقادیر قابل توجه بار آلی در لجن، یک روش مناسب جهت بازیافت و مدیریت این پسماندهای لجنی می‌تواند باشد. در این تحقیق قابلیت تبدیل پسماند کارخانه گنجه رودبار به کمپوست با استفاده از سیستم کمپوست‌سازی در شرایط هوازی و برگرداندن سطحی توده انجام گرفت. مواد و روش‌ها: پسماند کارخانه با ۳۰ درصد کاه گندم برای تنظیم نسبت کربن به نیتروژن به صورت لایه لایه مخلوط شد و چند بار برای همگن شدن مخلوط زیر و رو گردید و در انتها توده‌ای با ابعاد ۲ متر در ۲ متر و ۱/۵ متر ارتفاع ایجاد گردید. فرکانس برگرداندن توده‌ی کمپوست جهت فرایند هوازی هر ٤ روز یکبار بود. تغییرات دما، رطوبت، pH، هدایت الکتریکی و نسبت کربن به نیتروژن در طی روند کمپوست‌سازی به مدت ۹۱ روز مورد پایش قرار گرفت و هر هفته یک بار نمونه‌گیری صورت گرفت. نتایج و بحث: بررسی‌ها نشان داد توده کمپوست در روز ١٤ ام به بالاترین دما، ۵۷ درجه سانتی‌گراد، رسید و سپس توده شروع به سرد شدن کرد و در آخرین روز پایش به دمای ۲۳ درجه سانتی‌گراد رسید. رطوبت مواد در حین کمپوست‌سازی از ٦٥/٨٪ به ۲۹/۳٪ در پایان تحقیق کاهش یافت. تغییرات pH از ٦/٤٣ به ۷/۷۸ رسید. نسبت کربن به نیتروژن از ۳۰/۲۱ با شیب ملایمی به عدد ۱۹/۷٤ در انتهای تحقیق کاهش یافت. نتیجه‌گیری: نتایج این تحقیق نشان داد که توده کمپوست با موفقیت دوره گرمایی خود را طی کرده و نسبت کربن به نیتروژن در نمونه نهایی به حد مطلوب خود رسیده که حاکی از به بلوغ رسیدن توده کمپوست می‌باشد.

واژه‌های کلیدی: بازیافت، پسماند لجنی، کمپوست، هوازی، نسبت کربن به نیتروژن

مقدمه

مدیریت پسماندهای صنعتی یکی از شیوه‌های بسیار مناسب برای ایجاد تعامل و پیوند بین صنعت و محیط زیست و کاهش اثرگذاری سوء فعالیت های صنعتی در محیط زیست می‌باشد (۱). چنین مدیریتی با استفاده از روش‌های مختلف از جمله پیشگیری از آلودگی یا کمینه‌سازی پسماندها در مبدا تولید، بازیافت و بهره‌گیری مجدد قابل اعمال است (۳و۲). ایران در چند دهه اخیر با دشواری‌های مربوط به آلاینده‌های صنعتی در نتیجه رشد سریع صنایع و توسعه صنعتی مواجه شده است. در کارخانه‌های تولید روغن نباتی در ایران که به بهره‌برداری از دانه‌های روغنی کلزا، کنجد، آفتاب‌گردان، سویا و ذرت می‌پردازند، مدیریت پسماند تولیدی از لجن حاصل از عملیات تصفیه فاضلاب نیز یکی از بزرگ‌ترین مشکلات موجود بوده و از آنجایی که پساب حاصل از مرحله صمغ‌گیری[1] و خنثی‌سازی[2] اسیدیته روغن‌های خام که با تزریق سود حاصل می‌شود به همراه سایر پساب‌ها وارد واحد تصفیه فاضلاب می‌گردد، این پسماند حاوی املاح و مواد آلی فراوانی می‌باشد (٤). بدلیل حساسیت‌های محیط زیستی موجود در چنین صنایعی، دفع بهداشتی لجن تولیدی، لازم و ضروری است. با توجه به وجود مقادیر قابل توجه بار آلی در لجن، تولید کودکمپوست از این نوع لجن، یک روش بهینه و مناسب جهت بازیافت پسماند جامد حاصل از سیستم تصفیه خانه صنایع روغن‌های خوراکی می‌تواند باشد. کمپوست از تجزیه کنترل شده مواد آلی در حرارت و رطوبت مناسب به وسیله باکتری‌ها، قارچ‌ها، کپک‌ها و سایر میکروارگانیسم‌های هوازی و یا غیر هوازی بدست می آید (۵). کمپوست یک پروسه بیوشیمیایی تجزیه مواد آلی است که دارای سه مرحله، فعالیت‌های اولیه، مرحله گرمازایی یا ترموفیلیک که با افزایش ناگهانی دما همراه است و مرحله مزوفیلیک که با سرد شدن مواد آلی همراه هست، می‌باشد. فعالیت متابولیکی میکروارگانیسم‌ها باعث تولید گرما می‌شود که این امر منجر به تغییرات فیزیکوشیمیایی مواد آلی به زیست توده و گاز دی اکسید کربن می‌گردد و در پایان باعث تولید مخلوط هوموس پایدار می‌شود (٦). ترکیب شیمیایی مواد اولیه که یکی از مهم‌ترین فاکتورها در تجزیه و هوموس‌سازی می‌باشد شامل کربن، نیتروژن، فسفر، پتاسیم وسایر عناصر بوده که جزو مهمی از فعالیت توده کمپوست می‌باشد و تاثیر مثبتی بر ساختمان، باروری و حاصل‌خیزی خاک دارد. بنابراین استفاده از کمپوست برای تولید محصولات کشاورزی امری ضروری است و در حالت کلی سبب بهبود ظرفیت نگهداری آب در خاک، ظرفیت تبادلی آنیون وکاتیونی، افزایش فعالیت میکروارگانیسم‌های خاک، تجزیه آفت کش‌ها و سایر مواد آلی مصنوعی می‌شود (۷). فرایند تولید کمپوست به دو صورت هوازی و بی هوازی صورت می‌گیرد. مزیت روش هوازی سرعت بالای تجزیه توسط میکروارگانیسم‌های مختلفی نظیر باکتری‌ها، قارچ‌ها و اکتنومیس‌ها و کیفیت بالای کمپوست تولیدی می‌باشد. تولید کمپوست به روش هوازی شامل روش‌های برگردادن توده سطحی، هوادهی غیر فعال، هوادهی فعال و تولید در راکتور می باشد (۸). در روش برگردادن توده سطحی، توده

[1] Degumming
[2] Neutralization

تشکیل شده معمولا بین ۱ تا۳/۵ متر ارتفا ع و عرضی بین ۱/۵ تا ٦ متر دارد. دما می‌تواند در مرکز توده به حدود ٦٥ درجه سانتی‌گراد برسد. استفاده از کاغذ و یا برگ درختان که از مواد سلولزی هستند و دیر تجزیه می‌شوند کمک شایانی به حرکت هوا در داخل توده در این روش می‌کنند. این ترکیب برای توازن نسبت کربن به نیتروژن و پخش یکنواخت رطوبت در کل توده نیز مناسب است. نرخ هوادهی به تخلخل توده بستگی دارد. همچنین در زمان برگرداندن توده حرارت ذخیره شده در داخل توده تا حدودی آزاد می‌گردد و این عمل علاوه بر تبخیر آب منجر به تصاعد گازها از جمله گاز آمونیاک می‌گردد. برگرداندن توده باید زمانی انجام پذیرد که دمای توده یا بالاتر از ۵۰ درجه سانتیگراد و یا پایین‌تر از ۳۲ درجه است (۹). در روش هوادهی غیرفعال، از یک سری لوله‌های سوراخ دار به منظور انجام هوادهی از طریق جریان همرفتی استفاده می‌شود. در این روش هوادهی مناسب تحت تاثیر طراحی مناسب لوله‌های هوادهی می‌باشد (۱۰). روش هوادهی فعال هم یکی از پربارترین روش‌های تولید کمپوست است که در آن دماهای ترمودینامیک ایجاد شده و پاتوژن‌ها غیر فعال می‌شوند. در این روش لوله های داخل توده به یک دمنده و یا مکنده متصل هستند که باعث انتقال هوا در داخل توده می‌شوند. در این روش معمولا از یک ترموکوپل به منظور کنترل نرخ هوادهی توده استفاده می‌شود. زیرا هوادهی بیش از اندازه موجب سرد شدن توده و همچنین تلفات زیاد نیتروژن می‌گردد و پایین بودن دما نیز باعث ناپایداری حرارتی در داخل توده می‌شود (۱۱). در سیستم تولید کمپوست در راکتور هم تولید کمپوست در داخل مخازن مشخص و در دو فاز کاملا متمایز صورت می-گیرد که یکی مرحله تجزیه با نرخ بالا و دیگری مرحله تکمیل است.

در این پژوهش، سعی بر آن شد که با بررسی طرح‌های انجام شده در داخل کشور و نحوه مدیریت پسماند در کارخانه‌های مشابه خارجی، طرحی عملیاتی از تصفیه زیستی (تولید کمپوست) برای مدیریت بهداشتی پسماند، در یکی از کارخانجات تولید روغن در شمال کشور (کارخانه گنجه رودبار)، که در آن روزانه بین ۸۰۰ تا ۱۰۰۰ تن از انواع دانه‌های روغنی، روغن گیری می‌گردد و عملیات تصفیه روغن روزانه برای ۱۵۰ تن انجام می‌شود و پالایش هر ۱۵۰ تن از انواع روغن‌ها روزانه به طور تقریب ۷۵۰ کیلو گرم پسماند در سیستم تصفیه فاضلاب کارخانه تولید می‌کند، بر اساس توانمندی‌های موجود ارائه گردد. اولین گام در انجام این پژوهش، شناسایی کامل و دقیق نوع پسماند نهایی بود. بر اساس ویژگی‌های ضایعات و بودجه کارخانه و با توجه به دستورالعمل‌های موجود در کشور، روش تولید کمپوست هوازی به صورت برگرداندن توده سطحی انتخاب شد.

بخش تجربی

مواد اولیه و آماده سازی

ابتدا مقدار ۷۰۰ کیلوگرم از پسماند کارخانه به سایت تحقیقاتی کارخانه حمل گردید. سپس در محلی که برای این منظور به مساحت ۳٦ مترمربع سیمان کاری شده بود قرار گرفت. برای کمپوست کردن پسماندها باید مواد افزودنی از قبیل، کاه، خاک اره، ضایعات کارخانه پشم، برگ زیتون، سبوس برنج، تفاله کنجد، کود مرغی، کود گوسفندی، کود گاوی، ضایعات شاخه‌های انگور و یا غیره برای تعدیل نسبت

کربن به نیتروژن، حجم بخشیدن به توده کمپوست، تهویه هوا و بهبود نفوذپذیری هوا استفاده شود که با توجه به پتانسیل منطقه در تولید کاه گندم از آن برای تولید کمپوست به روش برگرداندن توده سطحی استفاده شد و پسماند کارخانه با ۲۰۰ کیلوگرم کاه گندم به صورت لایه لایه مخلوط شد و چند بار برای همگن شدن مخلوط زیر و رو گردید و در انتها توده ای با ابعاد ۲ متر عرض ۱/۵ متر ارتفاع ایجاد گردید. فرکانس برگرداندن توده هر چهار روز یک بار بود، تا اکسیژن به تمامی نقاط برسد و فرایند هوازی کامل صورت گیرد. پارامترهای مورد نظر در طی روند کمپوست‌سازی به مدت ۹۱ روز مورد پایش قرار گرفت و هر هفته یک بار نمونه‌گیری صورت گرفت و تعداد ١٤ نمونه در طی این مدت بدست آمد و به آزمایشگاه کارخانه ارسال گردید. نمونه‌های ارسالی به آزمایشگاه از سه قسمت سطحی، میانی و عمقی توده بدست آمده و سپس مخلوط شد تا نمونه ارسالی همگن و تعریف کننده کل توده باشد. آنالیزهای فیزیکی و شیمیایی ترکیبات به ترتیب برای همه نمونه ها انجام شد.

آنالیزهای فیزیکی

اندازه‌گیری دما

برای اندازه گیری دمای توده مورد نظر دمای عمق میانی توده توسط دما سنج (مدل WT-03; Swiss made) مورد سنجش قرار گرفت.

اندازه گیری رطوبت

حداقل ۳۰ گرم کود خرد شده در ظرفی که قبلا وزن آن تعیین شده (w_1) ریخته شد و سپس سرپوش ظرف گذاشته شده و ظرف و محتویاتش دوباره وزن گردید (w_2). نمونه در داخل آون در دمای ۱۰۵ درجه سانتی‌گراد خشک شد. ظرف با محتویات آن و سرپوش خنک و با دقت وزن گردید (W_3). مقدار رطوبت (W) بر حسب درصدی از وزن خشک کود از فرمول (۱) بدست آمد (۱۲).

$$w\% = \frac{w2 - w3}{w3 - w1} \times 100 \qquad \text{فرمول (۱)}$$

تعیین pH و اندازه‌گیری هدایت الکتریکی(EC)

میزان اسیدیته و قلیائیت برای عصاره کمپوست صاف شده به نسبت حجمی ۱ به ۱۰ توسط pH سنج (مدل pH meter 650; Swiss made) بدست آمد. به طور معمول هدایت الکتریکی در طول فرایند کمپوست افزایش می‌یابد (۱۳) بنابراین هدایت الکتریکی عصاره کمپوست توسط دستگاه (مدل Metrohm 912; Swiss made) اندازه‌گیری شد.

آنالیزهای شیمیایی

تعیین مقدار فسفر

برای اندازه‌گیری فسفر قابل جذب (یون‌های اورتوفسفات) کمپوست، نمونه کمپوست خشک شده در محیط اسیدی با محلول مولیبدو وانادات، ترکیب شد. با تنظیم اسپکتروفتومتر (مدل DR5000 -15V HACH; USA made) در طول موج ٤٧٠ نانومتر، منحنی کالیبراسیون ترسیم گردید و مقدار فسفر در هر نمونه محاسبه گردید. میزان فسفر در نمونه خشک کمپوست بر حسب درصد از فرمول (۲) بدست آمد (١٤).

$$P = \frac{(A - B) \times V}{2000W} \times 100 \qquad \text{فرمول (۲)}$$

که P درصد فسفر در نمونه، A غلظت فسفر در نمونه بر حسب میلی‌گرم بر لیتر، B غلظت فسفر در شاهد بر حسب میلی‌گرم بر لیتر ،V حجم نهایی کمپوست در مرحله هضم بر حسب میلی‌لیتر، w وزن نمونه کمپوست خشک مورد استفاده جهت هضم بر حسب گرم می‌باشد.

تعیین مقدار پتاسیم

غلظت پتاسیم با استفاده از فلیم فتومتری (Systronics flame photometer-128) و با مقایسه شدت تابش های منتشر شده از نمونه و استانداردها با رسم منحنی کالیبراسیون از طریق برون‌یابی تعیین گردید(۱۵).

تعیین مقدار کربن آلی

مقدار مواد آلی کمپوست نسبت به وزن خشک آن، با استفاده از روش کاهش وزن در کوره الکتریکی، تعیین شد. کربن آلی قابل اکسایش توسط روش اصلاح شده والکلی-بلک معروف به روش هضم تر، اندازه‌گیری شد (۱۶). ماده آلی توسط مخلوطی از پتاسیم دی کرومات و اسید سولفوریک غلیظ اکسید شده و اضافی دی کرومات با فروآمونیوم سولفات، تیتر شد. بدین ترتیب یون‌های دی کرومات نارنجی رنگ، پس از احیاء، به یون های Cr^{+3} سبز رنگ و ترکیبات آلی به دی اکسید کربن، تبدیل شدند. درصد کربن آلی از فرمول (۳) محاسبه شد.

$$OC=60.03\frac{VB-VS}{VB}$$ فرمول (۳)

در این رابطه OC، درصد کربن آلی، V_B، حجم فروآمونیوم سولفات مصرفی بر حسب میلی‌لیتر برای تیتراسیون محلول شاهد، V_S، حجم فروآمونیوم سولفات مصرفی بر حسب میلی‌لیتر برای تیتراسیون نمونه کمپوست، می‌باشند.

تعیین مقدار ازت کل (روش کجلدال)

نیتروژن کل (نیتروژن آمونیومی، نیتراتی، نیتریتی و ترکیبات آلی نیتروژن دار) موجود در کمپوست، به روش هضم در سیستم کجلدال (مدل Automatic Kjeldahl Analyzer Apparatus K1100)، تعیین شد. سپس پودر سلنیوم به آن اضافه شد و بالن با احتیاط بر روی هیتر هضم قرار گرفت و تا از بین رفتن رنگ و کف ایجاد شده در سطح آن جوشانده شد. بعد از تمام شدن مرحله هضم، به بالن سرد شده مقدار ۲۰ میلی‌لیتر آب مقطر، به آرامی همراه با تکان دادن اضافه گردید. سپس محتویات بالن به بخش تقطیر دستگاه کجلدال منتقل یافت. مقدار ۱۰۰ میلی لیتر از محلول تقطیر شده، جمع آوری شده و چند قطره معرف نیتروژن به آن افزوده و با اسید سولفوریک تیتر گردید. برای مقایسه آزمایش نمونه شاهد (بدون نمونه کمپوست)، مشابه روش فوق انجام شد. حجم مصرفی اسید سولفوریک در آزمایش نمونه شاهد و نمونه‌های کمپوستی، ثبت گردید. نیتروژن کل (T_N) با استفاده از فرمول ٤ محاسبه شد.

$$\%T_N=\frac{(VS-VB)\times N\times\frac{Mw}{m}}{1000}\times 100$$ فرمول (٤)

که در آن V_S حجم اسید سولفوریک مصرفی در تیتراسیون نمونه بر حسب میلی‌لیتر، V_B، حجم اسید سولفوریک مصرفی در تیتراسیون شاهد، بر حسب میلی‌لیتر N، نرمالیته اسید سولفوریک، M_w، جرم مولی نیتروژن، m، وزن نمونه کمپوست خشک شده، می-باشد.

تعیین مقدار نسبت کربن به نیتروژن

زمانی که فرایند کمپوست برای مواد زائد ارگانیک ارزیابی می‌شود، نسبت کربن به نیتروژن (C/N) و تجزیه زیستی مواد آلی باید در نظر گرفته شود. نسبت کربن به نیتروژن (C/N) از فرمول ۵ محاسبه شد.

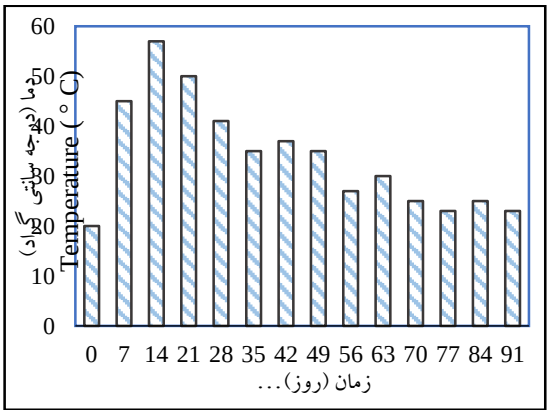
$$\frac{C}{N} = \frac{OC}{T_N} \quad \text{فرمول(۵)}$$

که در آن OC، درصد کربن آلی موجود در نمونه و T_N درصد نیتروژن کل موجود در نمونه کمپوستی می‌باشد.

بحث و نتایج

بررسی اثر دما

اندازه گیری تغییرات دمایی در حین کمپوست سازی حائز اهمیت است، زیرا جمعیت‌های غالب فعال میکروبی با توجه به دمای فرایند کمپوست، تکامل می‌یابند. بنابراین دما نشان‌گر فعالیت میکروارگانیسم‌ها می‌باشد و در تجزیه مواد آلی نقش بسیار مهمی ایفا می‌کند (۱۷). مطالعات نشان داده است که درجه حرارت بیش از ۵۵ درجه سانتی‌گراد برای حذف میکروارگانیسم‌های بیماری‌زا ضروری است (۱۸). البته افزایش دما به فرکانس برگرداندن، تخلخل بافت کمپوست و رطوبت وابسته است. نتیجه بررسی دمایی در شکل ۱ نشان داد که پارامتر دما تغییرات نسبتا مناسبی از خود نشان می‌دهد. درجه حرارت توده از ۲۰ درجه سانتی‌گراد در روز اول به ۵۷ درجه سانتی‌گراد در روز ١٤ ام رسید که نشان از فعالیت باکتری‌های دوره ترموفیلیک در این مرحله است (۱۹). همچنین کمپوست باید برای از بین بردن پاتوژن‌ها سه روز دمای بالای ۵۵ درجه سانتی‌گراد را تجربه می‌کرد که نتایج این تحقیق با سایر تحقیقات هم‌خوانی دارد(۲۰-۲۱). همچنین روند تغییر دما یک سیر نزولی به سمت پایان تحقیق داشت که این مسئله در رابطه با کامل شدن فرایند و به بلوغ رسیدن کمپوست مرتبط می‌باشد.



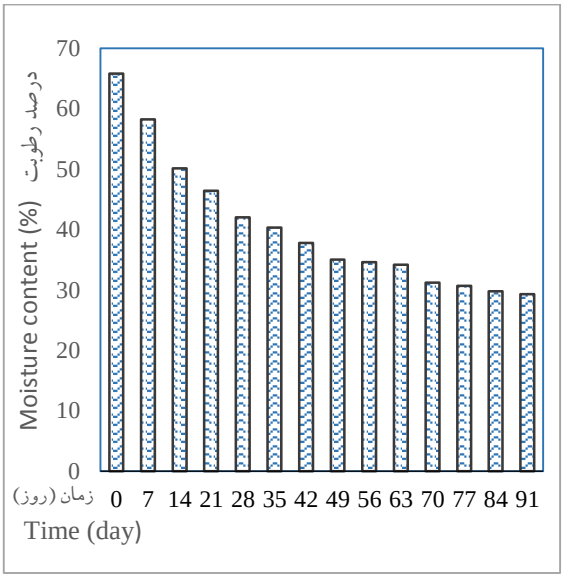
شکل (۱): نمودار تغییر دمایی کمپوست در ۹۱ روز

Fig 1. Compost temperature change chart in 91 days

بررسی رطوبت

رطوبت بر فعالیت میکروبی و همچنین خواص فیزیکی کمپوست تاثیر می‌گذارد. بنابراین دارای تاثیر مهم در تجزیه زیستی مواد آلی است (۱۲). بیش‌تر مواد آلی در رطوبت بین ۵۰ الی ٤٠ درصد به بهترین نحو کمپوست می‌شوند و رطوبت بالای ٦٠ درصد کمپوست را به بی‌هوازی شدن هدایت می‌کند (۲۲). در این مطالعه رطوبت توده در ابتدای دوره رقم ٦٥/٨ درصد بود که این رقم در روز ۲۱ ام تحقیق به ٤٦/٤ درصد رسید و این کاهش ناگهانی می‌تواند به سبب افزایش ناگهانی دمای توده، تبخیر و افزایش فعالیت میکروارگانیسم‌های ترموفیلیک باشد. البته روند کاهش رطوبت می‌تواند تا حدودی به فرکانس برگرداندن توده نیز مربوط باشد، زیرا افزایش هوادهی می‌تواند باعث

تقویت فعالیت‌های بیولوژیکی شود و سیستم را هم خنک کند (۱۹).

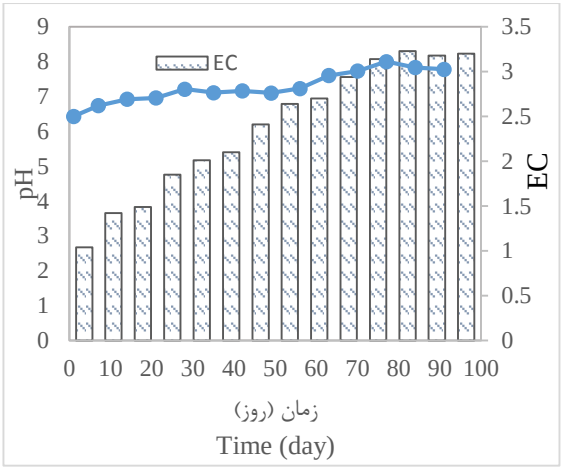


شکل (۲): نمودار تغییرات رطوبت کمپوست در ۹۱ روز

Fig. 2 - Compost moisture change chart in 91 days

بررسی pH و هدایت الکتریکی (EC)

رشد میکروارگانیسم‌ها شدیدا تحت تاثیر pH بوده و pH در محدوده بین ٦ تا ۷/۵ بر فعالیت باکتری-ها و بین ۵/۵ تا ۸ بر فعالیت قارچ‌ها مناسب است (۲۲). در این پژوهش در ابتدای فرایند pH برابر ٦/٤۳ بود و در روز ۷۷ ام به ۸ رسید و در روز آخر تحقیق به رقم ۷/۷۸ تقلیل یافت (شکل ۳)، این نتایج می‌تواند پیامد سنتز مواد آلی با افزایش جمعیت میکروبی باشد که از اسیدها به عنوان سوبسترا استفاده کرده و توده کمپوست را قلیایی می‌کنند و نیز می‌تواند تبدیل مواد آلی به مواد معدنی توسط میکروارگانیسم‌ها باشد، در مجموع به نظر می‌رسد که روند تغییرات pH عادی بوده و نتایج تحقیق با سایر تحقیقات هم‌خوانی دارد (۲۳). افزایش هدایت الکتریکی کمپوست در طول روند کمپوست‌سازی ممکن است به دلیل آزاد شدن نمک‌های معدنی مانند فسفات، پتاسیم و یون آمونیوم و همچنین تبخیر آمونیاک و شسته شدن نمک‌ها بر اثر تجزیه مواد آلی باشد (۲٤). همچنین افزایش شوری کمپوست در پایان فرایند را به افت وزن کلی مواد، معدنی شدن مواد آلی و تبخیر آب نسبت می‌دهند که در نهایت منجر به افزایش غلظت نمک‌های محلول می‌شود (۲۵). با توجه به استانداردهای موجود، مقدار EC برای نمونه‌ها از روز ۳۲ام رو به افزایش بود به گونه‌ای که در روز ۷۷ به حداکثر مقدار خود (۳/۲۳ دسی زیمنس بر متر) رسید که در محدوده قابل قبول قرار داشته و از این لحاظ، برای کاربرد مصرف‌های کشاورزی محدودیتی ندارد (۲٦).



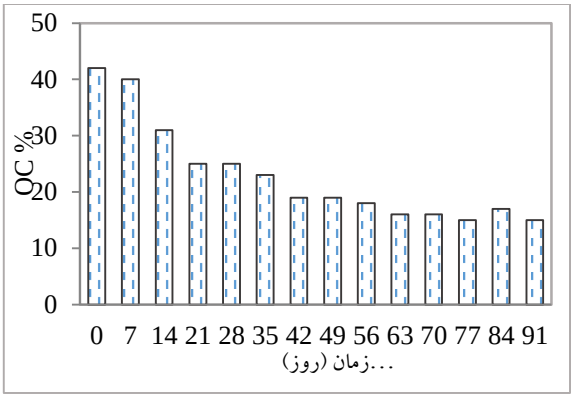
شکل (۳): نمودار تغییرات pH و هدایت الکتریکی در ۹۱ روز

Figure 3- Graphs of pH and electrical conductivity changes in 91 days

بررسی کربن آلی

مقدار کربن آلی نمونه اولیه ٤۲ درصد بود که با نزدیک شدن به انتهای دوره به ۱۵ درصد تقلیل یافت، که کاهش نسبتا زیادی با ابتدای دوره داشت (شکل ٤). البته بیش‌ترین کاهش تا روز ۲۱ ام آزمایش صورت گرفته بود که این نیز می‌تواند به دلیل افزایش تعداد میکروارگانیسم‌ها در دوره ترموفیلیک باشد و به علت استفاده میکروارگانیسم‌ها از کربن آلی در ساخت

دیواره سلولی و همچنین استفاده میکروارگانیسم‌ها به عنوان منبع انرژی می‌باشد (۲۷).

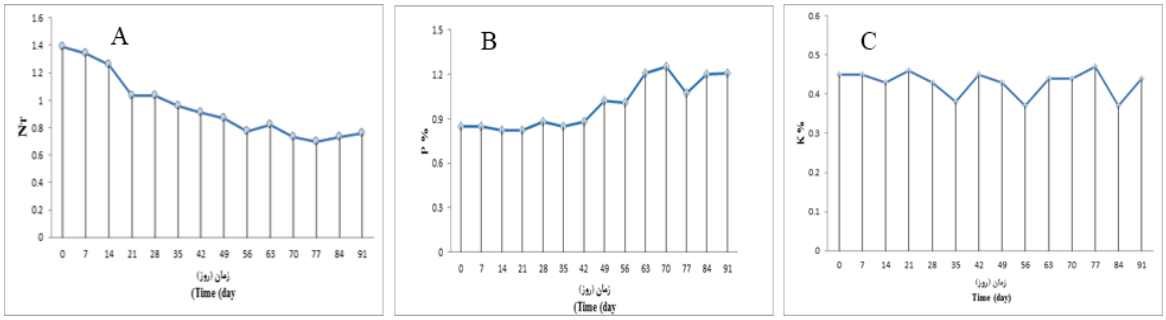


شکل (٤): نمودار تغییرات کربن آلی در ۹۱ روز

Fig. 4. Graph of organic carbon changes in 91 days

نیتروژن کل، فسفر و پتاسیم

نیتروژن، فسفر و پتاسیم سه ماده غذایی عمده هستند که چه به صورت مجزا و چه در ترکیب با یکدیگر بر عملکرد و کیفیت کمپوست تاثیر می‌گذارد (۲۸). مطابق با نمودارهای شکل ۵، نیتروژن کل نمونه در ابتدای تحقیق ۱/۳۹ درصد بود که رفته رفته از مقدار آن کاسته شده و در انتهای تحقیق به ۰/۷٦ درصد رسید. کاهش نیتروژن می‌تواند در اثر تعدد برگرداندن و تصاعد سریع‌تر گاز آمونیاک از توده باشد. مقدار فسفر از رقم ۰/۸۵درصد در ابتدای دوره به عدد ۱/۲۱ درصد در پایان دوره افزایش یافت که این امر می‌تواند در نتیجه شکسته شدن مواد آلی توسط میکروارگانیسم‌ها باشد (۲۹) ولی مقدار پتاسیم نمونه به صورت قابل توجهی تغییر نکرد و روند تغییر آن بین ۰/۳۷ درصد الی ۰/٤۷ درصد بود. تمامی این تغییرات مطابق با مقادیر استاندارد (ISIRI, 10716) می‌باشد.



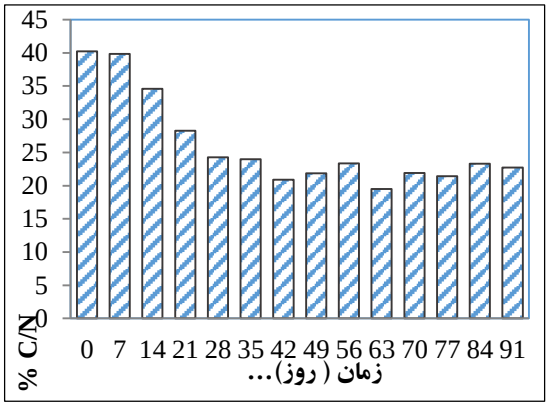
شکل (۵): نمودارهای تغییرات (A) نیتروژن کل، (B) فسفر و (C) پتاسیم در ۹۱ روز

Fig.5. Graphs of changes in (A) total nitrogen, (B) phosphorus and (C) potassium in 91 days

نسبت کربن به نیتروژن

نسبت کربن به نیتروژن (C/N) مشخص کننده بالانس مواد مغذی در داخل توده کمپوست می‌باشد. بررسی‌ها نشان داده است که نسبت کربن به نیتروژن (C/N) مطلوب باید در محدوده ۱۵ الی ۲۵ باشد. مقادیر کم‌تر باعث کاهش N به شکل NH_3 می‌شود، در حالیکه مقادیر بیش‌تر می‌تواند روند کمپوست را به دلیل کمبود نیتروژن برای حمایت از فعالیت میکروبیولوژیک کاهش دهد. حضور کربن بیش از حد هم باعث کاهش فعالیت‌های میکروبی می‌شود (۳۰). مطابق نمودار شکل ٦، مقدار اولیه کربن به نیتروژن ٤۰/۲۱ بود که با کاهش در انتهای دوره به ۲۲/۷٤ رسید. البته طبق استاندارد ملی کمپوست ایران ISIRI,

(10716) این نسبت باید در کمپوست رسیده به رقم ما بین ۲۰ الی ۳۰ برسد. مطالعات دیگر نیز نشان داد نتایج حاصله با آن هم‌خوانی دارد و فرایند کمپوست بطور رضایت بخشی پیشرفت کرده است (۳۲و۳۱).



شکل(٦): نمودار تغییرات کربن به نیتروژن در ۹۱ روز

Fig. 6. Graph of changes in carbon to nitrogen in 91 days

نتیجه‌گیری

در این تحقیق قابلیت تبدیل پسماند کارخانه روغن‌سازی گنجه رودبار به کمپوست با استفاده از سیستم کمپوست‌سازی در شرایط هوازی و برگرداندن سطحی توده انجام گرفت که برای حجم بخشیدن به پسماند و تنظیم نسبت کربن به نیتروژن از ۳۰ درصد کاه گندم استفاده شد. فرکانس برگرداندن توده کمپوست هر ٤ روز یکبار بود. نتایج این تحقیق نشان داد که توده کمپوست با موفقیت دوره گرمایی خود را طی کرد و برای از بین بردن پاتوژن‌ها درجه حرارت بیش از ۵۵ درجه سانتی‌گراد را برای سه روز تجربه کرد. pH، هدایت الکتریکی و نسبت کربن به نیتروژن در نمونه نهایی به حد مطلوب خود، مطابق با استاندارد ملی کمپوست ایران، رسید که حاکی از به بلوغ رسیدن توده کمپوست می‌باشد. بنابراین می‌توان از این کمپوست در کشاورزی و توسعه فضای سبز کارخانه و سایر مناطق استفاده کرد.

تشکر و قدردانی

نویسندگان این مقاله مراتب قدردانی خود را از حوزه پژوهشی کارخانه گنجه رودبار که شرایط آزمایش و امکانات آزمایشگاهی لازم را در راستای اجرای این پژوهش فراهم نمودند، اعلام می‌نمایند.

منابع

[1] Lasaridi, K.E., Manios, T., Stamatiadis, S., Chroni, C., Kyriacou, A., 2018, The Evaluation of Hazards to Man and the Environment during the Composting of Sewage Sludge. Sustainability, Vol. 10, pp. 2618-2625.

[2] Zahedniya, M., Ghazi Tabatabaei, Z., 2018, Investigation of BTEX removal from aqueous solution by single wall carbon nanotubes decorated with ZnO. Journal of Water and Wastewater, Vol. 29, pp.1-11.

[3] Modirshahla, N., Behnaiady, MA., Ghazi Tabatabaei, Z., 2006, Kinetic modeling on photo oxidative degradation of CI acid yellow 23 by UV/H_2O_2 process. Journal of Physical & Theoretical Chemistry, Vol. 2, pp.27-32.

[4] Koolivand. A., Rastgordani. P., Mohammadtalebi. E., 2021, Investigation on the Efficiency of Modified Fenton on the Treatment of Leachate Generated From Oily Sludge Composting. J Arak Uni Med Sci, Vol. 24, pp. 324-333.

[5] Rezazadeh, H., Khrasani, S.K., Haghighi, R.S.A.,2012, Effects of humic acid on decrease of phosphorus usage in forage maize var. KSC704 (Zea mays L.). Australian Jurnal of Agricultural Engineering,Vol. 3, pp. 34-38.

[6] kulikowska, D., Gusiatin, Z., 2015, Sewage sludge composting in a two- stage system: Carbon and nitrogen transformations and potential ecological risk assessment, Waste Management, Vol. 38, pp. 312-320.

[7] Morales, A.B., Bustamante, M.A., Marhuenda-Egea, F.C., Moral, R., Ros, M., Pascual, J.A., 2016, Agri-food sludge management using different co-composting strategies: study of the added value of the

composts obtained. J. Clean. Prod. Vol. 121, pp.186–197.
[8] Khurshid, M., Khan, M.Z., Abbasi, M.K., Kazmi, M.H., 2011, Lignite-derived humic acid effect on growth of wheat plants in different soils. Pedosphere, Vol. 21, pp. 124-131.
[9] Soyöz, C., Ekinci, K. & Kilic, Ş. 2021, Effects of Recirculation of Exhaust Air in Rotary Drum Composter on Composting Properties and Energy Consumption. Waste Biomass Valor, Vol. 12, pp. 3645–3656.
[10] Ghorbanpour, A., Pooya, A., and Naji Azimi, Z., 2022, Application of Green Supply Chain Management in the Oil Industries: Modeling and Performance Analysis. Mater. Today Proc. Vol 49, pp. 542–553.
[11] Valadabadi, S.A., Farahdahr, F., Amiri, I., Razavi Pour, T., 2011, Effect of Azolla compost on the yield and absorption of nitrogen, phosphorus and potassium in rice. Quarterly Journal of ecophysiology of crops. Vol. 3, pp. 378-387.
[12] Kumar, M., Ou, Y.L. and Lin, J.G., 2010, Co-composting of green waste and food waste at low C/N ratio. Waste Management, Vol. 30, pp. 602- 609.
[13] Sarlaki, E., Sharif Paghaleh, A., 2017, Effects of centrifuge pretreatment on membrane ultrafiltration of coal-derived humic alkaline extracts. Iranian Journal of Biosystems Engineering. Vol. 48, pp. 273-283.
[14] Barrington, S., Choiniere, D., Trigui, M., and Knight, W., 2003, Compost convective air flow under passive aeration. Bioresource Technology. Vol. 86, pp.259-266.
[15] Chowdhury, S., Bolan, N.S., Seshadri, B., Kunhikrishnan, A., Wijesekara, H., Xu. Y., 2016, Co-composting solid biowastes with alkaline materials to enhance carbon stabilization and revegetation potential. Environmental Science and Pollution Research. Vol. 23, pp.7099-7110.
[16] Kougias, P.G., Angelidaki, I., 2018, Biogas and its opportunitiesda review. Front. Environ. Sci. Eng. Vol. 12, pp. 14-20
[17] Sabiene, N., Kusliene, G., Zaleckas, E., 2010, The in- fluence of land use on soil organic carbon and nitrogen con- tent and redox potential. Agriculture. Vol. 97, pp. 15-24.
[18] Omrani, G.A., Abdoli, M.A., Safa, M., 2017, The Impact of Input Material on Compost Quality Using Aerated Static Piles in Rural Areas, J. Env. Sci. Tech., Vol. 21, pp. 224-237.
[19] Karnchanawong, S. Nissaikla, S., 2014, Effects of microbial inoculation on composting of household organic waste using passive aeration bin. International Journal of Recycling of Organic Waste in Agriculture. Vol. 3, pp.113-119.
[20] Han, W., Clarke, W., Pratt, S., 2014, Composting of waste algae: a review. Waste management. Vol. 34, pp.1148-1155.
[21] Saffar Taluri, S., Jafari, S.M. & Bahrami, 2019, A. Evaluation of changes in the quality of extracted oil from olive fruits stored under different temperatures and time intervals. Sci Rep. Vol. 9, 19688.
[22] Gomez, R.B., Lima, F.V., Bolasell, M.A.G., Gea, T., Ferrer, A.S., 2005, Respirometric assays at fixed and process temperatures to monitor composting process. Bioresource technology.Vol.96, pp. 1153-1159.
[23] Guo, F., Fu, G., Zhang, Z., 2015, Performance of mixed-species biocathode microbial fuel cells using saline mustard tuber wastewater as self-buffered catholyte. Bioresource technology, Vol. 180, pp. 137-143.
[24] Dong, Y., Qu, Y., He, W., Du, Y., Liu, J., Han, X., Feng, Y., 2015, A 90-liter stackable baffled microbial fuel cell for brewery wastewater treatment based on energy self-sufficient mode. Bioresource technology, Vol. 195, pp. 66-72.
[25] Soobhany, N., 2018, Assessing the physicochemical properties and quality parameters during composting of different organic constituents of municipal solid waste. Journal of Environmental Chemical Engineering. Vol. 6, pp. 1979-1988.
[26] Sarlaki, E., Kianmehr, M.H., Ghorbani, M., 2022, Analytical methods for assessing the quality of sugarcane bagasse compost and improving the physicomechanical properties toward densification. Environmental Sciences. Vol.19, pp. 107-130.
[27] Gea, T., Ferrer, P., Alvaro, G., Valero, F., Artola, A., Sánchez, A., 2007, Co-composting of sewage sludge: fats mixtures and characteristics of the lipases involved. Biochemical Engineering Journal. Vol. 33, pp. 275-83.

[28] Zazouli, M.A, Ala, A., 2019, Review of Co-Composting Municipal Sewage Sludge with a Variety of Biological Waste, Journal of Health. Vol. 10, pp.19-33.
[29] Ahn, H., Richard, T.L., Glanville, T., 2008, Optimum moisture levels for biodegradation of mortality composting envelope materials. Waste Management. Vol. 28, pp. 1411-1416.
[30] Komilis, D.P., 2006. A kinetic analysis of solid waste composting at optimal conditions. Waste management. Vol. 26, pp. 82-91.
[31] Puyuelo, B., Ponsá, S., Gea, T,, Sánchez, A., 2011, Determining C/N ratios for typical organic wastes using biodegradable fractions. Chemosphere. Vol. 85, pp. 653-659.
[32] Yan, Z., Song, Z., Li, D., Yuan, Y., Liu, X., Zheng, T., 2015, The effects of initial substrate concentration, C/N ratio, and temperature on solid-state anaerobic digestion from composting rice straw. Bioresour. Technol. Vol. 177, pp. 266–273.

"Research article"

Recycling of Sludge Waste and Preparation of Compost from the Treatment System of Edible Oil Factory

(Case study, Rudbar Ganjeh Factory)

Hossein Ramezani Ganjaei[1], Zohreh Ghazi Tabatabaei[2,3,*]

1-Department of Chemical Engineering, Ahar Branch, Islamic Azad University, Ahar, Iran
2- Department of Chemistry, Ahar Branch, Islamic Azad University, Ahar, Iran
3-Sustainable Development Management Research Center of Urmia Lake Basin and Aras River, Tabriz Branch, Islamic Azad University, Tabriz, Iran

*Corresponding author: zghazitabatabai@iau.ac.ir

(Received: 8 September 2024, Accepted: 8 October 2024)

Abstract

Introduction: Production of compost from sludge wastes of edible oil refineries can be a suitable method for recycling these sludge wastes due to the significant amounts of organic charge in the sludge. In this research, the ability to convert the waste of Ganjeh Rudbar factory to compost in aerobic conditions and return the surface of the mass was investigated. Materials and Methods: The sludge deposited in factory-treated wastewater was mixed with 30% wheat straw in layers to volume the waste and it adjust the carbon to nitrogen ratio. The mixture was stirred several times to homogenize. A mass with dimensions of 2 ×2 meters and a height of 1.5 meters was created. For aerobic process, the mass was returned every 4 days. The factors were monitored during the composting process for 91 days. During the composting process, changes in temperature, humidity, pH, EC and carbon to nitrogen ratio were monitored for 91 days and sampling was done once a week. Results and discussion: Studies showed that the compost mass reached its highest temperature (57 °C) on the 14th day. The mass then began to cool, reaching a temperature of 23 ° C on the last day of monitoring. Humidity at the end of the study decreased from 65.8% to 29.3%. The carbon to nitrogen ratio decreased from 30.21 with a slight slope to 19.74 at the end of the study. Conclusion: The results of this study showed that the compost mass has successfully passed its heating period and the ratio of carbon to nitrogen in the final sample has reached its desired level, which indicates that the compost mass has matured.

Conflict of interest: None declared.

Keywords: Recycling, Sludge Waste, Compost, Aerobic, C/N ratio