

تأثیر مدت زمان آماده سازی بر سرعت فرآیند تولید ورمی کمپوست از پسماندهای غذایی

روح الله رستمی: دانشجو دوره کارشناسی ارشد، گروه مهندسی بهداشت محیط، دانشکده بهداشت، دانشگاه علوم پزشکی ایران، تهران، ایران
نویسنده رابط: ro.rostamy@gmail.com

امیر نبئی: کارشناس، مسئول آزمایشگاه تصفیه خانه فاضلاب شهری زنجان، زنجان، ایران

دکتر اکبر اسلامی: استادیار، گروه مهندسی بهداشت محیط، دانشکده بهداشت، دانشگاه علوم پزشکی زنجان، زنجان، ایران

حسین نجفی صالح: دانشجو دوره کارشناسی ارشد، گروه مهندسی بهداشت محیط، دانشکده بهداشت، دانشگاه علوم پزشکی شهید بهشتی، تهران، ایران
تاریخ دریافت: ۱۳۸۷/۶/۳۰ تاریخ پذیرش: ۱۳۸۸/۴/۳۰

چکیده

زمینه و هدف: پیش از تغذیه کرم ها با مواد آلی زباله، به جهت اینکه مرحله گرماخواهی تجزیه مواد آلی سپری شده و آسیبی به کرم ها که به درجه حرارت بالا حساس هستند وارد نشود و روند تولید کود نیز سریعتر پیش رود، همچنین برخی آلودگی های زیست شناختی نیز از بین برود، مواد آلی را برای مدتی بدون حضور کرم ها کمپوست می کنند. طول مدت این آماده سازی به لحاظ کیفیت کمپوست حاصله، چگونگی انجام فرآیند ورمی کمپوست و نیز فضا و امکانات مورد نیاز برای آماده سازی، حائز اهمیت می باشد. هدف از این مطالعه بررسی تأثیر مدت زمان آماده سازی پسماندهای غذایی بدون اصلاح اولیه و بدون هوادهی پیوسته بر روی فرآیند ورمی کمپوست بود.

روش کار: در این مطالعه چهار مدت زمان شامل ۰، ۶، ۱۲ و ۱۸ روز آماده سازی پسماندها مورد بررسی قرار گرفت و پارامترهای pH، درصد C (C%)، درصد N (N%)، نسبت C/N و سرعت فرآیند در طول انجام فرآیند مورد پایش قرار گرفتند. در این مطالعه از کرم های گونه Eisenia Foetida برای انجام فرآیند استفاده شد.

نتایج: کمترین مقدار نهایی نسبت C/N در ۶ روز آماده سازی مشاهده می شود و بیشترین مقدار آن نیز مربوط به ۱۸ روز آماده سازی است. همچنین بیشترین مقدار کاهش در نسبت C/N نیز در ۶ روز آماده سازی و به میزان ۶۴/۹۳ و کمترین مقدار کاهش این نسبت نیز در ۱۸ روز آماده سازی و به میزان ۳۶/۵۶ به دست آمد.

نتیجه گیری: نتایج حاصله نشان داد که تفاوت در نسبت C/N در بین زمانهای مختلف آماده سازی معنی دار است ($p < 0.01$) و مدت زمان آماده سازی بر نسبت C/N موثر است. مدت ۶-۱۲ روز نیز مناسب ترین زمان برای آماده سازی پسماند ها بدون اصلاح اولیه به دست آمد.

واژگان کلیدی: آماده سازی، ورمی کمپوست، Eisenia Foetida، پسماندهای غذایی

مقدمه

برای دور کردن این مواد زاید وجود ندارد و از طرفی ازدیاد آنها موجب آسیب به محیط زیستی می شود که موجودات زنده برای بقای حیاتشان به آن نیاز دارند. بنابراین چاره اندیشی در مورد نحوه مدیریت و دفع زباله ها صورت گرفت. یکی از راه حل هایی که از دیرباز توسط انسان آزموده شده، تولید کود از زباله ها و بازگرداندن آنها به چرخه

زباله همواره یکی از مشکلات اساسی در حفظ شرایط بهداشتی محیط در جوامع بشری بوده است و بشر همواره به راه های مختلف مواد زاید تولیدی ناشی از فعالیت های خود را از محل زندگی خود دور ساخته است. امروزه با گسترش جوامع بشری دیگر اماکن زیادی

کرم ها، کاهش کیفیت کود حاصله و اشغال بی مورد فضا در مدت آماده سازی و انجام فرآیند طولانی، شود. از این رو تعیین مدت مناسب این آماده سازی در بهینه سازی فرآیند ورمی کمپوست به لحاظ کیفی و زمان حصول ورمی کمپوست موثر و حائز اهمیت می باشد. بدین جهت، در این مطالعه تاثیر مدت زمان های مختلف آماده سازی بر روی سرعت انجام فرآیند (سرعت حصول کود)، و کیفیت کود حاصله از نظر مقدار کربن، نیتروژن، pH و نسبت C/N در مدت ۱ ماه انجام فرآیند ورمی کمپوست مورد بررسی قرار گرفت.

روش کار

در این مطالعه پسماندهای غذایی به درون ظرفی به ابعاد ۶۰cm طول، ۴۰cm عرض و ۴۰cm ارتفاع ریخته شده و هر روز به صورت دستی و با استفاده از بیلچه هم زده می شدند. تا ۱۸ روز این عمل صورت گرفت و هر پنج روز یک محیط جدید در ظرفی به اندازه گلدان به ارتفاع ۱۵cm و قطر ۱۲cm از این پسمانده ایجاد شد. بدین ترتیب چهار محیط با مشخصات ۳۵۰ گرم بستر، ۱۰ عدد کرم در هر محیط به وزن تقریبی برابر و بالغ، و ۱۰۰ گرم پسمانده غذایی ایجاد شد که ۱۰۰ گرم نیز پوشش ورمی کمپوست بر روی آن قرار می گرفت. به ترتیب ایجاد محیط ها با گذشت زمان از C_۱ تا C_۴ نام گذاری شدند و پارامترهای pH، C_۱، N% و نسبت C/N به جهت تعیین پیشرفت فرآیند به مدت یک ماه در هر یک از محیط ها مورد پایش قرار گرفتند.

نمونه برداری از محیط ها هر ۴ روز یکبار صورت گرفت. به طوری که نمونه اول در روز اول و نمونه دوم در روز پنجم از هر محیط برداشته می شد. نمونه برداری با کنار زدن پوشش رویی، به جهت مخلوط نشدن نمونه با پوشش رویی و به طور مخلوط از قسمت های مختلف پسماند ها صورت می گرفت. بدین ترتیب هر بار ۵ گرم نمونه برداشته می شد.

برای اندازه گیری pH، نمونه ها پس از خارج کردن از اون ۱۰۵ درجه سانتی گراد به مدت ۲۴ ساعت، با آب مقطر

تولید است. از آنجایی که در کشور ما نیز بخش زیادی از زباله های خانگی را مواد آلی فساد پذیر تشکیل می دهند که ماده اولیه تولید کود آلی می باشند (Faraji et al. 2006). این گزینه برای دفع بخش بزرگی از زباله های ما می تواند مطرح باشد. خود فرآیند تولید کود آلی یا کمپوست نیز به چندین روش صورت می گیرد که یکی از آنها استفاده از کرم های خاکی برای تجزیه پسماندهای آلی می باشد که کود حاصله را ورمی کمپوست می گویند (Cooperband 2002; Gupta 2004). کیفیت بالاتر کود حاصله از این روش و تاثیر مثبت آن بر روی گیاهان در مطالعات بسیاری مشاهده شده است (Jeybal and Kuppswamy 2001; Federico et al. 2007). در این روش زباله ها توسط کرم ها خورده شده و مورد تجزیه قرار می گیرند. عوامل متعددی بر چگونگی انجام فرآیند ورمی کمپوست تاثیرگذار هستند که یکی از این عوامل نیز خود موادی آلی هستند که وارد فرآیند می شوند (Gupta 2004; Asgharnia 2003). همچنین یکی از عواملی که بر کیفیت مواد آلی که وارد فرآیند ورمی کمپوست می شوند اثر می گذارد، مدت زمان آماده سازی این مواد است. پیش از تغذیه کرم ها با موادی آلی زباله، به جهت اینکه مرحله گرماخواهی تجزیه مواد آلی سپری شده و آسیبی به کرم ها که به درجه حرارت بالا حساس هستند وارد نشود (Rostami et al. 2008; Adi and Noor 2009) و روند تولید کمپوست نیز سریعتر پیش رود و برخی آلودگی های زیستی نیز از بین برود، مواد آلی را برای مدتی بدون حضور کرم ها کمپوست می کنند (Asgharnia 2003; Rostami et al. 2008). طول مدت این آماده سازی به لحاظ کیفیت کمپوست حاصله، چگونگی انجام فرآیند ورمی کمپوست، مدت زمان لازم برای انجام فرآیند ورمی کمپوست و نیز فضا و امکانات مورد نیاز برای آماده سازی، تاثیرگذار است. چنانکه نامناسب بودن مدت آماده سازی می تواند باعث اختلال در فرآیند و افزایش مدت زمان لازم برای حصول ورمی کمپوست، از بین رفتن

۲/۰۸ می‌باشد. بیشترین مقدار کاهش در درصد کربن در بین محیط‌های C به میزان ۳۵/۰۸٪ و مربوط به محیط C_۲ و کمترین مقدار کربن نهایی نیز مربوط به همین محیط می‌باشد.

کمترین مقدار کاهش درصد کربن نیز در بین این محیط‌ها به میزان ۲۵/۶۵٪ و در محیط C_۱ مشاهده شد. و بیشترین مقدار کربن نهایی نیز در همین محیط و به میزان ۲۷/۸۵٪ به دست آمد.

بیشترین مقدار نیتروژن نهایی در محیط C_۲ و به مقدار ۱/۲۸۸٪ به دست آمد. همه محیط‌ها به جز محیط C_۴ افزایش درصد نیتروژن را نشان دادن به طوری که بیشترین مقدار افزایش درصد نیتروژن نیز در محیط C_۲ و به میزان ۰/۶۴۴٪ به دست آمد.

کمترین مقدار نهایی نسبت C/N در محیط C_۲ مشاهده می‌شود و بیشترین مقدار آن نیز مربوط به محیط C_۴ است. همچنین بیشترین مقدار کاهش در نسبت C/N نیز در محیط C_۲ و به میزان ۶۴/۹۳ و کمترین مقدار کاهش این نسبت نیز در محیط C_۴ و به میزان ۳۶/۵۶ به دست آمد.

همچنین پایش دما در طول مدت آماده سازی نیز نشان داد که تنها در طی سه روز از روز چهارم آماده سازی تا روز هفتم دمای محیط تا حدود ۴۵ درجه سانتی گراد رسیده و در سپس تا انتهای دوره آماده سازی سیر نزولی داشته و در انتهای دوره به حدود ۱۸ درجه سانتی گراد رسیده است.

بحث

بررسی نتایج نشان می‌دهد که تفاوت در نسبت C/N در بین گروه‌ها معنی‌دار است ($p=0/006$). این نتیجه از تحلیل آماری داده‌ها در محیط SPSS و با آنالیز چند متغیری به دست آمد. بنابراین، نتایج نشان دهنده این است که تغییر مدت زمان آماده سازی بر تغییرات نسبت C/N موثر است.

در تعیین شیب خط رگرسیون حاصل از رگرسیون خطی برای تغییرات نسبت C/N، مقادیر زیر برای محیط‌های C_۱، C_۲، C_۳، C_۴ به ترتیب -۴/۴۷، -۷/۱۸، -۷/۵۴، -۵/۵-

به میزان ۵ برابر وزن نمونه مخلوط شد و بعد از ۱۰ دقیقه ثبات، از صافی عبور داده شده و pH آنها با استفاده از pH متر دیجیتال اندازه‌گیری شد (Richard et al. 2009).

اندازه‌گیری مقدار کربن نمونه‌ها نیز با قرار دادن نمونه‌های رطوبت‌گیری شده پس از توزین در کوره مافلر به مدت ۲ ساعت در ۵۵۰°C حرارت داده می‌شد و دوباره توزین شده و با تعیین مقدار VS، مقدار کربن محاسبه شد (Richard et al. 2009; Csuros 1997).

درصد کربن = $\% VS \div 1/8$

به طوری که $\% VS = 100 - \% Ash$

اندازه‌گیری مقدار نیتروژن نیز بر روی نمونه‌هایی به وزن ۰/۱ گرم به روش تیترومتری میکروکج‌لدال صورت گرفت (Csuros 1997). بدین منظور نمونه‌ها پس از خشک کردن، خرد شده و کاملاً مخلوط می‌شد تا نمونه صحیح تری جهت انجام آزمایش حاصل شود.

جهت آنالیز آماری از آنالیز چند متغیری و رگرسیون خطی استفاده شد. به منظور بررسی تفاوت بین محیط‌ها از لحاظ فاکتورهای اندازه‌گیری شده، از آنالیز چند متغیری استفاده شد و به منظور تعیین سرعت انجام فرآیند نیز از شیب خط رگرسیون تغییرات نسبت C/N استفاده شد. به این جهت که یکی از شاخص‌های رسیدگی کمپوست، نسبت C/N است که با پیشرفت فرآیند کاهش یافته و در کمپوست رسیده به حدود ۱۵-۱۰ می‌رسد (Asgharnia 2003; William 2000).

نتایج

نتایج حاصل از آزمایش‌های محیط‌های C به شرح جداول ۱ الی ۴ می‌باشد.

همان‌طور که از جداول پیداست، بیشترین مقدار pH در محیط C_۱ دیده می‌شود در حالی که بیشترین مقدار تغییرات pH در محیط C_۳ به مقدار ۲/۵۱ افزایش می‌باشد. کمترین مقدار نهایی pH نیز در محیط C_۴ و کمترین مقدار تغییرات آن نیز در محیط C_۲ و به مقدار

کربن، در اثر فعل و انفعالات بیشتر و کاهش بیشتر مواد آلی و همچنین افزایش در میزان درصد نیتروژن در اثر فعالیت باکتری ها و کرم ها می باشد (Pritam et al. 2008). این روند کاهشی نسبت C/N موجب بهبود کیفی کود حاصله می شود و کارایی آن را برای رشد و افزایش بازده گیاهان بهبود می بخشد.

مقادیر بالای نسبت C/N در محیط C_۴ نیز ناشی از کاهش در درصد نیتروژن و افت کمتر مقدا درصد کربن مواد، نسبت به سایر محیط ها می باشد که دلیل این مساله همان پیشرفت بی هوازی فرآیند می تواند باشد. یکی از دلایل اصلی حادث شدن شرایط بی هوازی در این محیط ها، می تواند ناشی از ساختار مواد باشد که با پیشرفت فرآیند و تجزیه نسبی پسماندها که فرآیند به صورت هوازی پیش می رود و منجر به تولید CO_۲ و آب می شود. پسماندها به اجزای ریزتری شکسته شده و با تولید آب و جرم سلولی، به صورت خمیری شکل در می آیند که این امر به دلیل مانعت از انتشار اکسیژن در توده، موجبات بی هوازی شدن فرآیند را فراهم می آورد (Richard et al. 2009).

دیده شدن بیشترین مقدار نهایی pH در محیط C_۱ را می توان به این مساله نسبت داد که با توجه به کم بودن مدت زمان آماده سازی در این محیط برای تجزیه مولکولهای درشت تر مانند پروتئین ها، اسیدهای آمینه و چربی ها نیتروژن موجود در آنها در طی فرآیند ورمی کمپوست به صورت آمونیاک در محیط توده آزاد شده که موجب افزایش مقدار pH این محیط شده است (Sodaie et al. 2007). گاز آمونیاک می تواند از محیط خارج شود ولی برخورد این گاز با رطوبت کمپوست موجب تشکیل یون آمونیوم محلول و افزایش pH می شود (Miller et al. 1991).

نتیجه گیری

نتایج حاصله نشان داد که تفاوت در نسبت C/N در بین زمانهای مختلف آماده سازی معنی دار است ($p=0/006$) و تغییر مدت زمان آماده سازی بر نسبت C/N موثر است.

به دست آمد که نشان دهنده بیشتر بودن شیب منفی خط در محیط C_۲ می باشد. بنابراین می توان نتیجه گیری کرد که این محیط با سرعت بیشتری افت در میزان نسبت C/N داشته و در نتیجه فرآیند با سرعت بیشتری در این محیط پیش رفته است.

شیب خط مربوط به محیط C_۳ نیز نزدیک به محیط C_۲ می باشد. این ارقام نشان دهنده این مطلب است که ۶-۱۲ روز برای آماده سازی پسماندها زمان مناسب تری بوده است. دلیل این مساله می تواند ناشی از این باشد که در زمان آماده سازی پایین تر، پسماندها هنوز آماده وارد شدن به فرآیند ورمی کمپوست نیستند زیرا که دوره تجزیه مواد زود تجزیه را طی نکرده اند و اجزاء و مولکول های بزرگ آنها شکسته نشده است. در مدت طولانی تر نیز با توجه به ساختار مواد و آنچه که از مقادیر pH نشان داده شده در جداول می توان نتیجه گیری کرد، این است که پیشرفت فرآیند در جهت بی هوازی بوده است روند تغییرات دما نیز نشان دهنده شرایط بی هوازی نسبی پس از چند روز اولیه آماده سازی است و این مسئله باعث تجزیه کندتر پسماندها می شود. از طرفی محیط بی هوازی با محیط هوازی ورمی کمپوست تناسب ندارد و دگرگونی محیط نیز زمان بر است. بنابراین نتایج نشان می دهد که در پسماندهای غذایی با عدم استفاده از مواد اصلاح کننده و عدم به کار گیری تجهیزات مکانیکی برای هوازی نگه داشتن محیط، زمان ۶-۱۲ روز می تواند زمان مناسب تری برای آماده سازی مواد برای فرآیند ورمی کمپوست باشد، Nair و همکارانشان نیز در یک آماده سازی گرمایی به نتیجه مشابه ۹ روز رسیده اند (Nair et al. 2006). این مدت زمان برای سپری شدن دوره گرمایش اولیه کمپوست و همچنین از بین رفتن اغلب عوامل پاتوژن نیز کافی به نظر می رسد (Adams et al. 1951; William 2000). علاوه براین، کمترین مقدار نسبت C/N نیز پس از طی دوره یک ماهه آزمایش، همان گونه که در نمودار ۲ پیداست، در این محیط ها دیده می شود که ناشی از کاهش بیشتر درصد

تشکر و قدردانی

با تشکر فراوان از معاونت پژوهشی دانشگاه علوم پزشکی زنجان به جهت حمایت مالی از این طرح و همچنین کمال تشکر و قدردانی از همکاری مسئولین محترم دانشکده بهداشت علوم پزشکی زنجان بخصوص جناب آقای دکتر مهراسبی و مهندس پیدا، سرکار خانم قصری کارشناس آزمایشگاه دانشکده بهداشت علوم پزشکی تهران، سرکار خانم فرهمند کارشناس آزمایشگاه دانشکده بهداشت علوم پزشکی زنجان، آقایان مجید یارقلی و حجت الله سوری به جهت همکاری هایی که داشتند و همچنین جناب آقای امین اسدالله پور به جهت راهنمایی در تجزیه و تحلیل آماری.

مدت ۶-۱۲ روز مناسب ترین مدت زمان برای آماده سازی اولیه پسماند های غذایی بدون اصلاح اولیه و عدم به کار گیری تجهیزات مکانیکی برای هوای ننگه داشتن محیط، به دست آمد. در این مدت زمان، نسبت C/N نیز در مقادیر مناسب تری قرار داشته و کیفیت کود حاصله به جهت دارا بودن مقادیر بیشتری از عنصر غذایی نیتروژن به شکل تثبیت شده، بهتر خواهد بود.

جدول ۱ - نتایج مربوط به محیط C_۱ (مدت آماده سازی ۰ روز)

ردیف	مدت آماده سازی	pH	C%	N%	C/N
۱		۵/۲	۵۳/۵	۰/۶۱۶	۸۶/۸۵
۲		۴/۷	۳۸/۱	۰/۵۸۸	۶۴/۷۹
۳		۴/۹	۳۵/۳۵	۰/۵۶	۶۳/۱۳
۴		۶/۸	۳۷/۰۴	۰/۶۱۶	۶۰/۱۲
۵		۶/۳۷	۳۵/۶۴	۰/۶۴۴	۵۵/۳۴
۶		۶/۳۹	۲۸/۴۹	۰/۵۸۸	۴۸/۴۵
۷		۷	۲۸/۱۷	۰/۵۸۸	۴۷/۹۱
۸		۷/۱۸	۲۷/۸۵	۰/۷	۳۹/۷۸

جدول ۲ نتایج مربوط به محیط C_۲ (مدت آماده سازی ۶ روز)

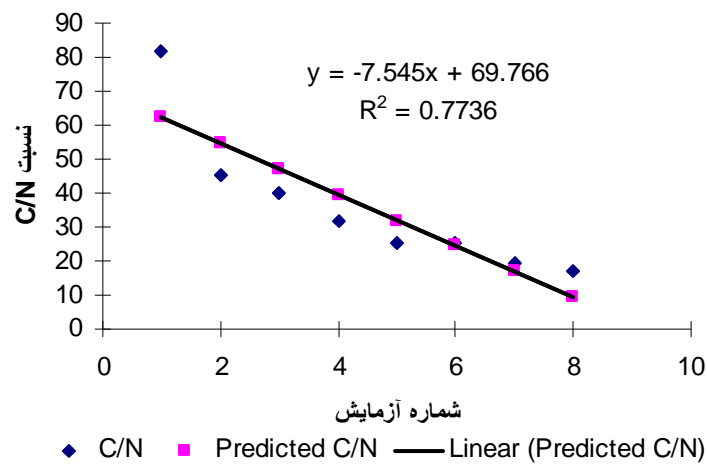
ردیف	مدت آماده سازی	pH	C%	N%	C/N
۱		۴/۸۲	۵۲/۸۱	۰/۶۴۴	۸۲
۲		۵/۵۵	۳۲/۸۵	۰/۷۲۸	۴۵/۱۲
۳		۶/۹	۲۶/۹۸	۰/۶۷۲	۴۰/۱۵
۴		۵/۳	۲۵/۱۳	۰/۷۸۴	۳۲/۰۵
۵		۶/۳۹	۲۴/۱۱	۰/۹۵۲	۲۵/۳۲
۶		۶/۴۲	۲۳/۹۷	۰/۹۵۲	۲۵/۱۷
۷		۶/۲	۲۳/۰۵	۱/۱۷۲	۱۹/۶
۸		۶/۳	۲۱/۹۹	۱/۲۸۸	۱۷/۰۷

جدول ۳ - نتایج مربوط به محیط C_p (مدت آماده سازی ۱۲ روز)

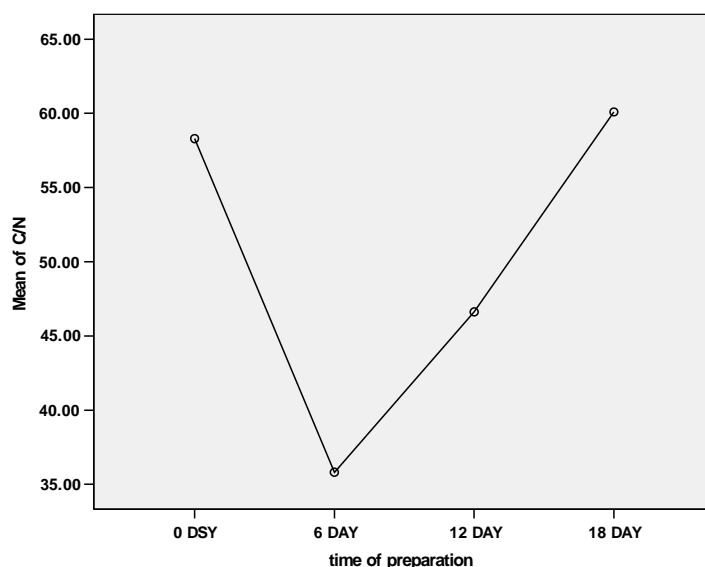
ردیف	مدت آماده سازی	pH	C%	N%	C/N
۱	۴/۲	۵۳/۷۳	۰/۶۷۲	۷۹/۹۶	
۲	۴/۲۷	۴۶/۷۸	۰/۶۱۶	۷۵/۹۵	
۳	۵/۱۸	۴۳/۰۱	۱/۰۳۶	۴۱/۵۲	
۴	۵	۳۳/۹۵	۰/۸۴	۴۰/۴۲	
۵	۵/۵۳	۳۱/۸۹	۰/۸۴	۳۷/۹۷	
۶	۶/۴۲	۲۸/۶۹	۰/۷۵۶	۳۷/۹۵	
۷	۶/۵	۱۹/۱۴	۰/۵۸۸	۳۲/۵۴	
۸	۶/۷۱	۱۸/۶۵	۰/۷	۲۶/۶۴	

جدول ۴ - نتایج مربوط به محیط C_e (مدت آماده سازی ۱۸ روز)

ردیف	مدت آماده سازی	pH	C%	N%	C/N
۱	۳/۷۵	۵۰/۰۲	۰/۶۴۴	۷۷/۶۶	
۲	۴/۷۵	۴۹/۳۸	۰/۷۲۸	۶۷/۸۳	
۳	۴/۸۷	۳۹/۹۷	۰/۵۸۸	۶۷/۹۸	
۴	۵/۰۱	۳۹/۴۷	۰/۶۴۴	۶۱/۲۹	
۵	۵/۴	۳۴/۲۶	۰/۵۸۸	۵۸/۲۶	
۶	۵/۶	۳۲/۹۲	۰/۶۱۶	۵۳/۴۴	
۷	۵/۹	۳۱/۲۵	۰/۵۸۸	۵۳/۱۴	
۸	۶/۲	۲۳/۰۲	۰/۵۶	۴۱/۱	



نمودار ۱ - خط رگرسیون مربوط به نسبت C/N در زمان آماده سازی ۶ روز (محیط C_p)



نمودار ۲ - مقادیر میانگین نسبت C/N در محیط های C

References

- Adams, R.C., MacLean, F.S., Dixon, J.K., Bennett, F.M., Martin G.I. and Lough R.C., 1951. The utilization of organic wastes in N.Z. Second interim report of the inter-departmental committee. *New Zealand Engineering*, pp. 396-424.
- Adi, A.J. and Noor, Z.M., 2009. Waste recycling: Utilization of coffee grounds and kitchen waste in vermicomposting. *Bioresource Technology*, 100 (2009), pp. 1027-1030.
- Asgharnia, H., 2003. Comparison of aerobic compost and vermicompost according to maturation time and microbial and chemical quality. *6th national congress of environmental health, Mazandaran, Iran* [In Persian].
- Cooperband, L., 2002. The Art and Science of Composting. University of Wisconsin-Madison, *Center for Integrated Agricultural Systems*.
- Csuros, M., 1997. Environmental Sampling and Analysis Lab Manual *Spi ed. CRC Press Inc.*
- Faraji, Z., Alikhani, H., Savabeghi, G.H. and Rastinnahid, S., 2006. Vermicompost technology, a replace cycle in material recycling, to attain of environmental health and sustainable developing. *1st expert ional congress of environmental engineering, Tehran* [In Persian].
- Federico, A., Borraz, J.S., Molina, J.A.M., Nafate, C.C., Archila, M.A. and Oliva, L.M., 2007. Vermicompost as a soil supplement to improve growth, yield and fruit quality of tomato (*Lycopersicon esculentum*). *Bioresource Technology*, **98**(15), pp. 2781-2786.
- Gupta, P.K., 2004. Vermicomposting for sustainable agriculture *1st ed. India: Agrobios*.
- Jeyabal, A. and Kuppaswamy, G., 2001. Recycling of organic wastes for the production of vermicompost and its response in rice-legume cropping system and soil fertility. *European Journal of Agronomy*, **15**(3), pp. 153-170.
- Miller, F.C., Macauley, B.J. and Harper, E.R., 1991. Investigation of various gases, pH and redox potential in mushroom composting Phase I stacks. *Australian Journal of Experimental Agriculture*, **31**(3), pp. 415 - 423.
- Nair, J., Sekiozoic, V. and Anda, M., 2006. Effect of pre-composting on vermicomposting of kitchen waste.

- Bioresource Technology.*, **97**(16), pp. 2091-2095.
- Pritam, S., Kaushik, C.P. and Garg, V.K., 2008. Vermiconversion of industrial sludge for recycling the nutrients. *Bioresource Technology.*, **99** (2008), pp. 8699–8704.
- Richard, T., Trautmann, N., Krasny, M., Fredenburg, S. and Stuart, C., 2009. Cornell Composting, Cornell Waste Management Institute. Available from: http://compost.css.Cornell.edu/Composting_homepage.html.
- Rostami, R., Nabaei, A. and Eslami, A., 2008. Survey of optimal temperature and moisture for worms' growth and operating vermicompost production of food wastes. *Health and environment*, **1**(2), pp. 105- 112.
- Sodaei, MS., Aliasgharzadeh, N. and Oustan, SH., 2007. Mineralization kinetic of nitrogen in an attended soil by compost, vermicompost and animal manure. *Sci. Technol. Agrical. Natura. Resour*, **11**(42), pp. 405- 414.
- William, F.B., 2000. Compost quality standards & guidelines. *New York State Association of Recyclers*, pp. 6-10.