

## The Investigation of the Chemical Properties and Maturation Degree of the Vermicompost obtained from the Wastes of Button Mushroom Production

Alireza Ranaee<sup>1</sup>  
Mahdi Mokhtari<sup>2\*</sup>  
Hosein Alidadi<sup>3</sup>

Mohammad Hasan Ehrampoush<sup>4</sup>

<sup>1</sup> MS.c Student, Environmental Health Engineering, Sadoughi University of Medical Sciences, Yazd, Iran

<sup>2</sup> Assistant Professor, Department of Environmental Health Engineering, Sadoughi University of Medical Sciences, Yazd, Iran

<sup>3</sup> Associate Professor, Department of Environmental Health Engineering, Health Sciences Research Center, School of Health, Mashhad University of Medical Sciences, Mashhad, Iran

<sup>4</sup> Professor, Department of Environmental Health Engineering, Sadoughi University of Medical Sciences, Yazd, Iran

(Corresponding author): Mahdi Mokhtari,  
Tel: 03538209121  
Email: mokhtari@ssu.ac.ir Email:

Received: 17 October 2014  
Accepted: 22 January 2015

### Abstract

**Background and objective:** Mushroom cultivation has recently been developing in Iran with a production level of 90 tons per year. Approximately 5 kg of waste is generated by producing one kilogram of button mushrooms. These wastes could be refined by using vermicompost technology converting them into valuable organic fertilizers to replace chemical fertilizers as a way to achieve sustainability. This study aimed to convert button mushroom production wastes into manure and investigate the chemical properties and quality of this fertilizer.

**Methods:** Such wastes as rotten mushrooms, spent mushroom compost (SMC) and peat are generated during the cultivation process of button mushrooms in large quantities. In this study, SMC was vermicomposted in an optimized process of treatment with wood chips, rotten mushrooms, carrot scum and leaves. Quantitative and qualitative indicators and their changes were investigated during six weeks. The obtained results were compared with the National Standards of Vermicompost (No. 13724) and the overall quality was determined in the final product. We used the SPSS software and Pearson's correlation coefficient at the significance level of 0.05 in order to examine the correlation between the inorganic materials and changes in other parameters. In addition, Linear Regression Analysis was used to determine the relationship between the studied variables.

**Results:** The results of this study indicated that the Total Organic Carbon (TOC), potassium and total nitrogen in all the treatments increased with time. However, pH and electrical conductivity (EC) levels declined during the vermicomposting process. Furthermore, a significant increase was observed in the C/N ratio in all the treatments by the end of the six-week period. Therefore, all the fertilizers were classified as Grade one.

**Conclusion:** According to the results of this study, vermicompost process could enhance the indicators of organic fertilizers derived from vermicompost beds. Thus, this method could be suitable for the waste management of button mushroom production in order to achieve a sustainable agriculture.

**Paper Type:** Research Article

**Keywords:** Vermicompost; *Eisenia foetida*; Button mushroom; SMC

► **Citation:** Ranaee A, Mokhtari M, Alidadi H, Ehrampoush MH. The Investigation of the Chemical Properties and Maturation Degree of the Vermicompost obtained from the Wastes of Button Mushroom Production. *Journal of Research in Environmental Health*. Spring 2015; 1(1): 59-59.

## بررسی خصوصیات شیمیایی و درجه رسیدگی ورمی کمپوست به دست آمده از پسماندهای فرآیند تولید قارچ دکمه ای

علیرضا رعنائی<sup>۱</sup>  
 مهدی مختاری<sup>\*۲</sup>  
 حسین علیدادی<sup>۳</sup>  
 محمد حسن احرام پوش<sup>۴</sup>

<sup>۱</sup> دانشجوی کارشناسی ارشد مهندسی بهداشت محیط، دانشکده بهداشت، دانشگاه علوم پزشکی شهید صدوقی یزد، یزد، ایران.

<sup>۲</sup> استادیار گروه مهندسی بهداشت محیط، دانشکده بهداشت، دانشگاه علوم پزشکی شهید صدوقی یزد، یزد، ایران.

<sup>۳</sup> دانشیار گروه مهندسی بهداشت محیط، مرکز تحقیقات علوم بهداشتی، دانشکده بهداشت، دانشگاه علوم پزشکی مشهد، مشهد، ایران.

<sup>۴</sup> استاد گروه مهندسی بهداشت محیط، دانشکده بهداشت، دانشگاه علوم پزشکی شهید صدوقی یزد، یزد، ایران.

مهدی مختاری

(نویسنده مسئول)

تلفن: ۰۳۵۳۸۲۰۹۱۲۱

Email: mokhtari@ssu.ac.ir

تاریخ دریافت: ۹۳/۷/۲۵

تاریخ پذیرش: ۹۳/۱۱/۲

### چکیده

**زمینه و هدف:** توسعه صنعت پرورش قارچ خوراکی در ایران مورد توجه قرار گرفته و میزان تولید آن به ۹۰ هزار تن در سال رسیده است. با تولید هر کیلوگرم قارچ خوراکی دکمه ای، حدود ۵ کیلوگرم پسماند بر جای می ماند که با استفاده از تکنولوژی ورمی کمپوست می توان ضمن تصفیه این پسماندها، آن را به کود آلی با ارزشی تبدیل کرد و میزان استفاده کودهای شیمیایی را کاهش داد و در جهت توسعه پایدار گام برداشت. مطالعه حاضر با هدف تبدیل پسماندهای فرآیند تولید قارچ دکمه ای به کود ورمی و بررسی خصوصیات شیمیایی و کیفیت این کود انجام شد.

**مواد و روش ها:** مطالعه حاضر در سال ۹۲ در واحد ورمی کمپوست کارخانه کمپوست شهر مشهد انجام گرفت.

در این تحقیق ضمن انجام فرآیند ورمی کمپوست بر روی پسماندهای کمپوست قارچ مصرف شده یا SMC در شرایط بهینه با تیمارهای چپس چوب، ضایعات قارچ، برگ و تفاله هویج، شاخص های کمی و کیفی و تغییرات آن طی فرآیند شش هفته ای مورد بررسی قرار گرفت و نتایج به دست آمده با استاندارد ملی ورمی کمپوست مقایسه و درجه کیفیت محصول نهایی تعیین شد. تجزیه و تحلیل داده ها با استفاده از نرم افزار آماری SPSS (نسخه 16.0) و آزمون های همبستگی پیرسون و آزمون رگرسیون لاینر در سطح معنی داری ۰/۰۵ انجام شد.

**یافته ها:** در این مطالعه کل کربن آلی (TOC)، پتاسیم و نیتروژن کل در تمام تیمارها با گذشت زمان افزایش یافت اما میزان pH و EC طی فرآیند ورمی کمپوست کاهش یافت. همچنین افزایش معنی داری در نسبت C/N در تمام تیمارها در انتهای فرآیند شش هفته ای مشاهده شد و تمامی کودهای نهایی در ردیف کودهای درجه یک قرار گرفتند.

**نتیجه گیری:** ورمی کمپوست منجر به بهبود شاخص های کود آلی در بسترهای تحت فرآیند ورمی کمپوست شده و یکی از روش های مناسب مدیریت برای پسماندهای کارگاه های تولید قارچ دکمه ای می باشد که راهی در جهت نیل به کشاورزی پایدار محسوب می شود.

**کلید واژه ها:** ایشینا فیتیدا، قارچ دکمه ای، ورمی کمپوست، SMC

◀ **استاد:** رعنائی ع، مختاری م، علیدادی ح، احرام پوش م ح. بررسی خصوصیات شیمیایی و درجه رسیدگی ورمی کمپوست به دست آمده از پسماندهای فرآیند تولید قارچ دکمه ای. فصلنامه پژوهش در بهداشت محیط. بهار ۱۳۹۴؛ ۱(۱): ۴۹-۵۹.

با افزایش شهرنشینی و ازدیاد جمعیت، جوامع با روند رو به رشد تولید محصولات کشاورزی و به تبع آن، تولید پسماندهای آنها روبرو هستند. رهاسازی این پسماندها در محیط زیست، صدمات جبران ناپذیری را در به دنبال خواهد داشت، لذا مدیریت مناسب پسماندهای کشاورزی از اهمیت ویژه ای برخوردار است. برای مدیریت پسماندهای کشاورزی، روش های متفاوتی وجود دارد که از آن جمله می توان به کمپوست کردن پسماندها توسط گونه های خاصی از کرم های خاکی اشاره کرد که قادر به خنثی نمودن اثرات نامطلوب مواد زائد جامد و استفاده مجدد از آنها به عنوان کود آلی برای تغذیه گیاهان می باشند (۱). از سوی دیگر سیاست کشاورزی پایدار و توسعه پایدار کشاورزی نیز متخصصین را بر آن داشته است که هر چه بیشتر از موجودات زنده در جهت تأمین نیازهای غذایی گیاه کمک بگیرند و به همین دلیل، تولید کودهای زیستی آغاز شده است (۲). در کشور ما، توسعه صنعت پرورش قارچ خوراکی با توجه به اهمیت این قارچ ها از لحاظ تأمین پروتئین و استفاده مستقیم از ضایعات کشاورزی و دامپروری (که در ایران به فراوانی تولید می شود) و همچنین از حیث اشتغالزایی مورد توجه قرار گرفته است. در حال حاضر میزان تولید این قارچ در ایران به حدود ۹۰ هزار تن در سال رسیده است (۳). برای کشت و پرورش قارچ خوراکی دکمه ای، از بستر ویژه ای موسوم به کمپوست قارچ استفاده می شود. با تولید هر کیلوگرم قارچ خوراکی دکمه ای، حدود ۵ کیلوگرم کمپوست مصرف شده به همراه بریده ساقه های قارچ و خاک پیت به صورت مواد زائد بر جای می ماند که با توجه به میزان تولید قارچ، حجم بالایی از مواد زائد را تشکیل می دهد و بخش اعظم آن در مناطق مختلف، بدون استفاده دور ریخته می شود. مقدار بسیار زیادی از این نوع پسماندها در واحدهای کوچک تولید قارچ خوراکی ایجاد

می شوند که به دلیل افزایش روز افزون تعداد این واحدها، مدیریت این پسماندها از اهمیت ویژه ای برخوردار است، زیرا به دلیل عدم وجود تشکیلات صنفی در این واحدهای کوچک و عدم انتقال مسائل علمی به تولید کنندگان قارچ، تاکنون مدیریت این گونه پسماندها و امکان استفاده از آنها میسر نشده است (۴).

<sup>۱</sup> ساتار در سال ۲۰۰۹ طی مطالعه ای تحت عنوان "ترکیبات آلی جدید حاصل از ورمی کمپوست پسماندهای کشاورزی"، باقیمانده های پس از برداشت محصولاتی مانند ارزن و گندم را با کود حیوانی تیمار و تحت ورمی کمپوست قرار داد. نتایج کود نهایی حاکی از افزایش میزان عناصر به شرح زیر بود: نیتروژن (از ۳/۹۷٪ به ۱۵۵٪)، تغییر میزان فسفر (از ۵/۶۷٪ به ۵/۱۲۳٪)، پتاسیم (از ۳/۳۸٪ به ۹/۱۱۲٪)، کلسیم (از ۳/۲۳٪ به ۲/۵۳٪) و کاهش میزان کربن (از ۰/۲۹٪ به ۴/۲۰٪). وی در نتیجه گیری مطالعه خود اظهار داشت که ضایعات کشاورزی می توانند به محصولات با ارزش افزوده تبدیل شوند و وجود غلظت های بالاتر مواد مغذی گیاهی در محصولات نهایی نشانگر پتانسیل پسماندهای کشاورزی در تولید محصولات کشاورزی پایدار است (۵). در مطالعه <sup>۲</sup> وی کین و همکاران در سال ۲۰۰۹ تحت عنوان "بهبود سازی فاکتورهای ورمی کمپوست حاصل از پسماندهای کشاورزی و تنوع ویژگی های اصلی آن"، اعلام کردند که پارامترهای اصلی ورمی کمپوست هنگامی که پسماندهای کشاورزی با ترکیب مناسبی از کود حیوانی تیمار شده باشد، بهترین شرایط را خواهد داشت و ورمی کمپوست، روش مؤثری برای بازیافت ایمن پسماندهای ارگانیک کشاورزی می باشد. در مطالعه آنها نسبت C/N و pH طی فرآیند کاهش یافت، در حالی که

<sup>1</sup> Suthar

<sup>2</sup> WeiQin

میزان EC افزایش قابل ملاحظه ای را نشان داد (۶). در مطالعه آوانی در سال ۲۰۱۳ تحت عنوان "تبدیل بیولوژیکی پسماندهای باغبانی، پسماندهای آشپزخانه و فضولات گاو به محصولات با ارزش افزوده به وسیله کرم ایسینیا فوتیدا"، طی فرایند ورمی کمپوست انجام شده، میزان pH در محصول نهایی پسماندهای باغبانی به میزان ۸/۱۳ رسید که در محدوده مطلوب برای رشد گیاهان قرار گرفت. همچنین در مطالعه آنها محتوای نیتروژن در محصول نهایی حاصل از پسماندهای باغبانی طی فرآیند افزایش یافت و به ۱/۰۲ رسید که این افزایش در محتوای نیتروژن حاصل موکوس، مواد دفعی نیتروژن دار، هورمون های تحریک کننده رشد و آنزیم های حاصل از فعالیت کرم ها طی فرآیند بود (۷). در مطالعه عمرانی و همکار تحت عنوان "قابلیت تهیه کمپوست از پسماندهای خانگی با استفاده از کرم ایسینیا"، ورمی کمپوست باعث کاهش قابل ملاحظه فلزات سنگین موجود در پسماند، به ویژه کروم، کادمیوم و سرب در کمپوست حاصل شد. همچنین شوری نهایی محصول کاهش و طی پروسه ورمی کمپوست، برخی املاح توسط کرم ها حذف شدند. نتایج مطالعه آنها نشانگر افزایش مواد مغذی گیاهی و بهبود نسبت C/N از ۲۹/۵ تا حدود ۱۴/۵ بود (۸). مطالعه تاج بخش در سال ۲۰۰۸ تحت عنوان "بازیافت قارچ خوراکی با استفاده از ورمی کمپوست توسط کرم های فوتیدا و آندری" که طی فرآیند ۹۰ روزه انجام شد، نشان داد ورمی کمپوست منجر به میزان قابل توجهی کاهش در نسبت C/N، pH و هدایت الکتریکی و افزایش کل نیتروژن و کل فسفر شده است. آنها در نتیجه گیری خود اعلام کردند که ورمی کمپوست می تواند به عنوان یک تکنولوژی جایگزین به منظور بازیافت و دفع و مدیریت ایمن پسماندهای قارچ که با انواعی از پسماندهای کشاورزی مخلوط شده اند، در نظر گرفته شود (۹). در

این پژوهش سعی شد تا ضمن انجام فرآیند ورمی کمپوست پسماندهای حاصل از تولید قارچ (SMC) در شرایط بهینه با تیمارهای مختلف (چیپس چوب، ضایعات قارچ، برگ و تفاله هویج)، شاخص های کمی و کیفی و تغییرات آن طی فرآیند مورد بررسی قرار گرفته و با استانداردهای مربوط مقایسه شود و در انتها، درجه کیفیت محصول نهایی تعیین گردد.

### مواد و روش ها

مطالعه حاضر در بهمن ماه سال ۹۲ در واحد ورمی کمپوست کارخانه کمپوست شهر مشهد انجام گرفت. فرآیند ورمی با استفاده از گونه کرم خاکی ایسینیا فوتیدا بر روی کمپوست مصرف شده قارچ و پسماندهای گیاهی مربوط به فرآیند تولید آن (شامل کاه و کلش گندم، باقیمانده ریشه ها، ساقه های قارچ) که از کارگاه تولیدی قارچ سفید توس واقع در منطقه تپه سلام (۴۰ کیلومتری مشهد) تأمین شد، انجام گرفت. در این تحقیق "چیپس چوب، برگ درختان (عمدتاً چنار و سپیدار) و تفاله هویج و و ضایعات قارچ" به عنوان تیمار با نسبت ۴۰٪ تیمار به ۶۰٪ بستر اصلی شسته شده (بستر خیس)، هر کدام با سه تکرار در تشتک هایی به گنجایش ۱۰ کیلوگرم ریخته و کدگذاری شدند، سپس به هر کدام از بسترها ۱۰۰ گرم کرم ایسینیا فوتیدا (که تقریباً معادل ۱۰۰ عدد کرم در نظر گرفته می شود) اضافه شد.

نمونه برداری مرکب از بسترها بر اساس استاندارد ملی شماره ۱۳۳۲۰ صورت گرفت (۱۰). نمونه برداری با دوره توالی ۷ روزه تا هنگام رسیدن کود و پایان یافتن فرآیند (در هفته ششم) انجام گرفت و نمونه های برداشت شده به منظور انجام آزمایشات به آزمایشگاه کارخانه کمپوست مشهد منتقل شدند.

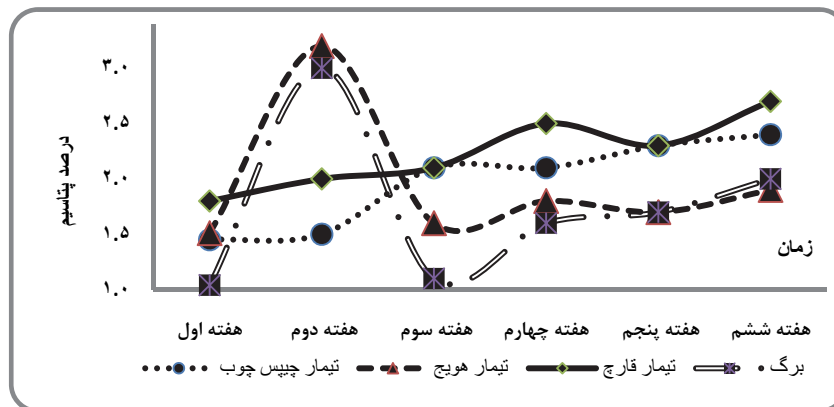
آزمون تعیین درصد کربن، درصد نیتروژن، میزان K و نسبت C/N بر اساس استاندارد ملی شماره ۱۳۳۲۰ انجام

متغیر و سایر متغیرها از آزمون رگرسیون لینیئر استفاده شد. همچنین مشخصات کود نهایی هر یک از بسترها با استاندارد ملی ورمی کمپوست مقایسه و درجه کیفیت محصول نهایی تعیین شد.

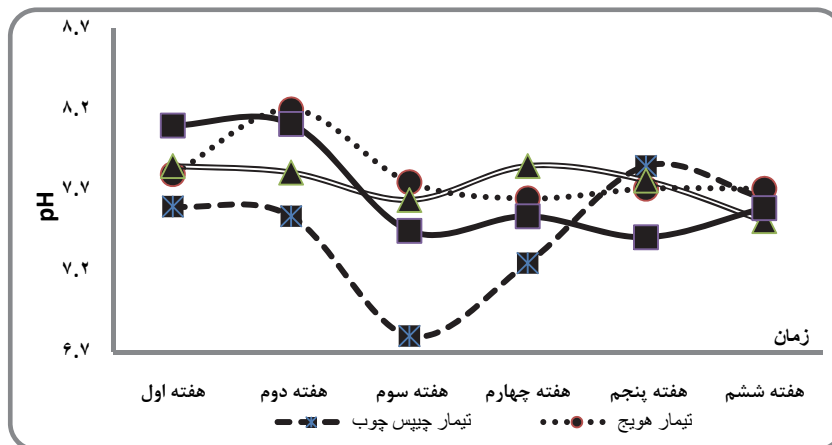
### یافته ها

بر اساس نتایج حاصل از آزمایشات، درصد پتاسیم در تمام تیمارها به طور معنی داری افزایش یافته بود ( $p=0.037$ ) (نمودار ۱). میزان pH در تمام تیمارها به مرور زمان به طور معنی داری کاهش یافته بود ( $p=0.015$ ) و به سمت شرایط اسیدی رفته بود (نمودار ۲).

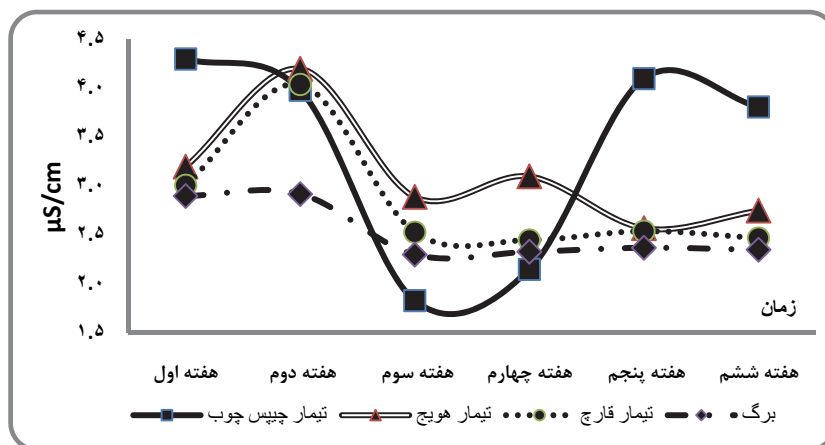
شد (۱۰). میزان pH بر اساس استاندارد ملی شماره ۷۸۳۴ و میزان EC بر اساس استاندارد ملی شماره ۶۸۳۱ انجام گرفت (۱۱-۱۲). تغییرات رشد و کیفیت و اندازه کرم ها، رنگ و بوی کود نهایی نیز به عنوان دیگر شاخص های انتخابی ورمی کمپوست در نمونه های به دست آمده بر اساس استاندارد ملی شماره ۱۳۷۲۴ بررسی شدند (۱۳). پس از جمع بندی نتایج آزمون های انجام شده بر روی نمونه های ورمی کمپوست، اطلاعات به دست آمده در نرم افزار Excel ثبت و نمودارهای مربوطه ترسیم شد. تجزیه و تحلیل داده ها با استفاده از نرم افزار آماری SPSS در سطح معنی داری ۰/۰۵ انجام شد. جهت بررسی ارتباط روند معدنی شدن مواد و تغییرات سایر پارامترها از آزمون همبستگی پیرسون و جهت یافتن رابطه بین یک



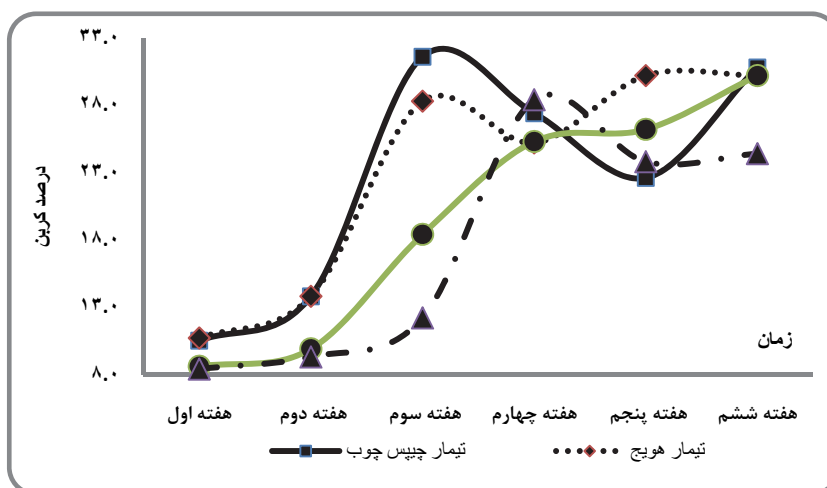
نمودار ۱. مقایسه روند تغییرات درصد پتاسیم طی فرآیند ورمی کمپوست با هر یک از تیمارها



نمودار ۲. مقایسه روند تغییرات pH طی فرآیند ورمی کمپوست با هر یک از تیمارها



نمودار ۳. مقایسه روند تغییرات هدایت الکتریکی بر حسب  $\mu\text{S}/\text{cm}$  طی فرایند ورمی کمپوست با هر یک از تیمارها

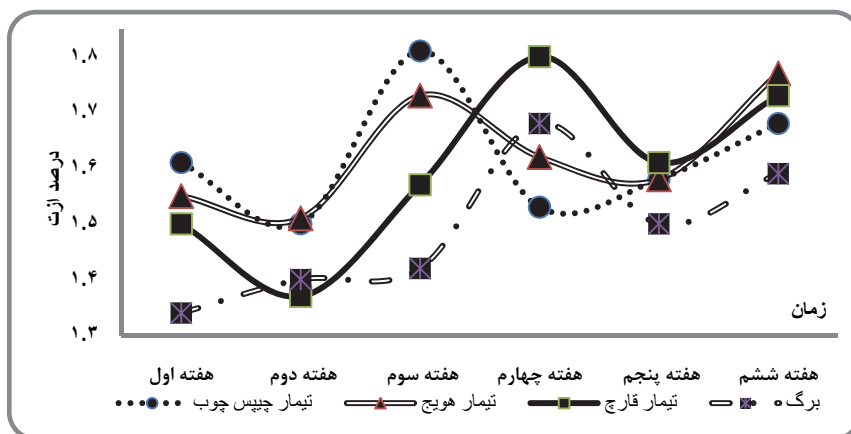


نمودار ۴. مقایسه روند تغییرات درصد کربن آلی طی فرایند ورمی کمپوست با هر یک از تیمارها

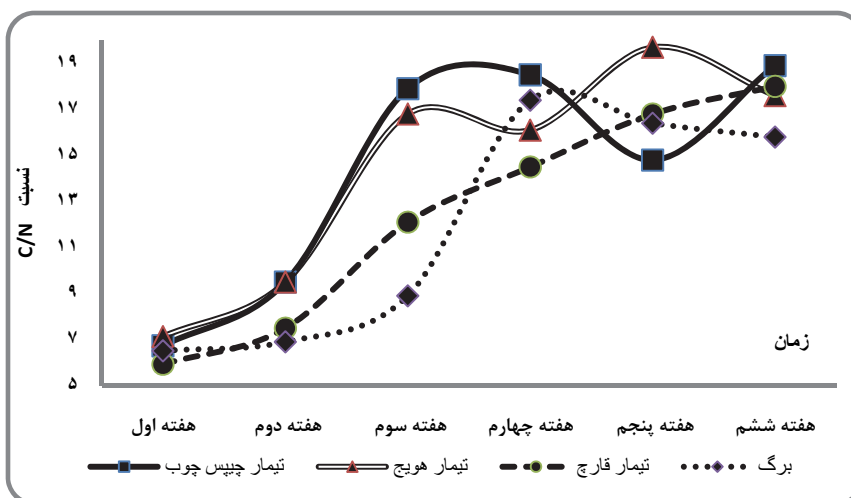
فرآیند ورمی در تمامی بسترها نسبت C/N افزایش یافته و به محدوده ۲۰-۱۷ رسیده بود (نمودار ۶). نخستین بستری که فرآیند ورمی بر اساس علائم کمی (نسبت C/N) و کیفی بسترها (فعالیت کرم ها، بوی بستر و دانه بندی آن) در هفته چهارم، به اتمام رسید، بستر با تیمار برگ بود و سپس در هفته پنجم بستر با تیمار تفاله هویج فرآیند را به اتمام رسانیده و در هفته ششم، فرآیند در دو بستر با تیمارهای قارچ و چیپس چوب به اتمام رسیده بود (نمودار ۷).

همچنین نتایج آزمایشات نشان داد که روند تغییرات هدایت الکتریکی علی رغم نوسانات طی فرآیند در تمام بسترها با تیمارهای مختلف به طور کلی کاهش یافته است (نمودار ۳). میزان کربن آلی کل در تمام بسترها با تیمارهای مختلف به طور معناداری افزایش یافته بود ( $p=0.002$ ) (نمودار ۴).

تغییرات ازت در بسترهای مختلف اگرچه تقریباً از الگوی مشابهی پیروی کرده بود و مقدار نیتروژن در تمامی بسترها افزایش یافته بود، اما این روندها به لحاظ زمانی تطابق نداشتند (نمودار ۵). بر اساس نتایج آزمایشات، طی



نمودار ۵. مقایسه روند تغییرات درصد ازت طی فرایند ورمی کمپوست با هر یک از تیمارها



نمودار ۶. مقایسه روند تغییرات نسبت C/N طی فرآیند ورمی کمپوست با هر یک از تیمارها

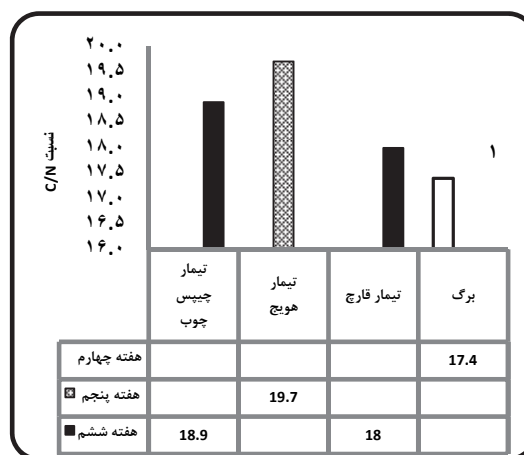
## بحث

تیمار چیپس چوب ثابت شده است. در این مطالعه نمودار درصد پتاسیم تیمارهای هویج و برگ طی هفته دوم جهشی را نشان دادند که شاید این امر متأثر از نوع و اندازه ذرات تیمار باشد. ریز بودن ذرات تفاله هویج و تجزیه سریع بافت برگ‌ها در مقایسه با قطعات چیپس چوب باعث شد تا این ترکیبات به زمان کمتری برای تجزیه و آزاد کردن محتوای مواد خود نیاز داشته باشند و در هفته دوم به حداکثر تجزیه و آزادسازی مواد رسیدند، در حالی که چیپس چوب که متشکل از قطعات بعضاً درشت و ضخیم بوده، به مدت زمان بیشتری برای تجزیه نیاز دارند. همچنین کرم‌های ایسینیا نیز برای تطابق با محیط، نیازمند صرف زمان می‌باشند تا به حد مناسب و معمول فعالیت در بسترها برسند و از محتوای بسترها استفاده و فرآیند

بر اساس نمودار تغییرات درصد پتاسیم (نمودار ۱)، درصد پتاسیم در تمام تیمارها به طور معنی‌داری افزایش یافته بود. در مطالعه نورلیانا<sup>۴</sup> و همکار در سال ۲۰۱۰ که برای ورمی کردن پسماندهای کشاورزی انجام شد، میزان پتاسیم در دسترس پس از فرآیند ورمی افزایش یافت (۱۴) که با نتایج مطالعه حاضر همخوانی داشت. بررسی گراف تغییرات درصد پتاسیم در بسترهای SMC با تیمار برگ و هویج نشان می‌دهد از لحاظ تغییرات درصد پتاسیم، این دو تیمار شباهت زیادی در دوره اجرای فرآیند ورمی داشته و بیشترین درصد پتاسیم در فرآیند ورمی در بستر با تیمار هویج و کمترین درصد پتاسیم در بستر با

<sup>4</sup> Norliyana

جذب و معدنی کردن مواد آغاز شود. به علاوه سرعت فرآیند تجزیه و معدنی شدن برگ ها تحت تأثیر درجه حرارت، صفات و ترکیب شیمیایی برگ می باشد (۱۵). نتایج آماری در خصوص افزایش درصد پتاسیم طی فرآیند در تیمارهای مختلف، اختلاف معنی داری را در سطح ۰/۰۵ نشان داد ( $p=0.037$ ). همچنین بر اساس آزمون رگرسیون لنیر، ارتباط خطی معنی داری بین افزایش روند معدنی شدن مواد و افزایش درصد پتاسیم در محتوای کود به دست آمده وجود داشت.



نمودار ۷. مقایسه نسبت C/N نهایی در زمان اتمام فرآیند هر یک از بسترها

جذب و معدنی کردن مواد آغاز شود. به علاوه سرعت فرآیند تجزیه و معدنی شدن برگ ها تحت تأثیر درجه حرارت، صفات و ترکیب شیمیایی برگ می باشد (۱۵). نتایج آماری در خصوص افزایش درصد پتاسیم طی فرآیند در تیمارهای مختلف، اختلاف معنی داری را در سطح ۰/۰۵ نشان داد ( $p=0.037$ ). همچنین بر اساس آزمون رگرسیون لنیر، ارتباط خطی معنی داری بین افزایش روند معدنی شدن مواد و افزایش درصد پتاسیم در محتوای کود به دست آمده وجود داشت.

بر اساس نمودار ۲، میزان pH در تمام تیمارها به مرور زمان به طور معنی داری کاهش یافته و به سمت شرایط اسیدی رفته بود. به نظر می رسد که کاهش pH در

محصول نهایی به دلیل تولید CO<sub>2</sub> و اسیدهای آلی توسط میکروارگانیسم ها و کرم های خاکی باشد. هارتنستین<sup>۵</sup> در سال ۱۹۸۱ گزارش کرد که کاهش pH، عامل مهمی در حفظ نیتروژن است، چرا که این عنصر در pH های قلیایی به صورت گاز آمونیاک تبخیر می شود (۱۶). نمودار تغییرات pH در بسترهای SMC با تیمار مختلف نشان داد که دامنه تغییرات pH در بسترهای با تیمار برگ، ضایعات قارچ و تفاله هویج تقریباً مشابهت داشت و تنها بستر با تیمار چپس چوب الگوی متفاوتی را دنبال کرده بود که شاید ناشی از خصوصیات کیفی و کمی بافت چوب در مقایسه با سایر تیمارها باشد. بیشترین نوسانات pH نیز در بستر SMC با تیمار چپس چوب به ثبت رسید. در مطالعه گونادی<sup>۶</sup> و همکاران در سال ۲۰۰۲، یکی دیگر از دلایل کاهش pH، تبدیل بیولوژیکی مواد آلی به انواع مواد حد واسط و معدنی شدن شدید نیتروژن به نیترات، نیتريت و فسفر به ارتوفسفات ذکر شد (۱۷). لوه و همکاران در سال ۲۰۰۵ در بررسی تغییرات pH ورمی کمپوست کود گاو و بز، تغییر pH را از حالت خنثی تا قلیایی به طرف شرایط اسیدی عنوان کردند (۱۸) که این نتایج توسط گری<sup>۷</sup> و همکاران در سال ۲۰۰۵ و ندگوا<sup>۸</sup> و همکاران در سال ۱۹۹۹ نیز به دست آمد (۲۰-۱۹). تجزیه و تحلیل آماری نتایج به دست آمده در خصوص کاهش pH طی فرآیند در تیمارهای مختلف، اختلاف معنی داری را در سطح ۰/۰۵ نشان داد ( $p=0.015$ ).

همچنین بر اساس نمودار ۳، روند تغییرات هدایت الکتریکی، علی رغم نوسانات طی فرآیند در تمام بسترها با تیمارهای مختلف به طور کلی کاهشی بود. روند تغییرات فقط در بستر با تیمار چپس چوب نوسان شدیدتری داشت و روال متفاوتی را دنبال کرد. در بسترهای با تیمار هویج و

<sup>5</sup> Hartenstein  
<sup>6</sup> Gunadi  
<sup>7</sup> Loh  
<sup>8</sup> Gary  
<sup>9</sup> Ndgegwa



تیمارهای مختلف اختلاف معنی داری را در سطح ۰/۰۵ نشان داد ( $p=0.002$ ). بر اساس نتایج آزمون رگرسیون لاینر نیز ارتباط خطی معنی داری بین افزایش روند معدنی شدن مواد و افزایش درصد کربن آلی کل در محتوای کود به دست آمده وجود داشت ( $p=0.035$ ).

بر اساس نمودار ۵، اگرچه تغییرات ازت در بسترهای مختلف تقریباً از الگوی مشابهی پیروی کرد (که این امر شاید به دلیل تأثیر خصوصیات یکسان بستر اصلی در تمام بسترهای SMC باشد)، اما به لحاظ زمانی تطابق نداشتند. هرچند بسترهای با تیمارهای قارچ و برگ و نیز چپس چوب و تفاله هویج تشابه بیشتری به لحاظ نوسانات طی فرآیند را نشان دادند. مقدار نیتروژن در تمامی بسترها افزایش نشان داد که ترشح مواد حاوی نیترات هورمون های محرک رشد و آنزیم های ترشح شده توسط کرم های خاکی، از عوامل مؤثر در افزایش ازت عنوان شد (۲۷). تجزیه و تحلیل آماری نتایج به دست آمده در خصوص افزایش درصد نیتروژن طی فرآیند در تیمارهای مختلف اختلاف معنی داری را در سطح ۰/۰۵ نشان داد ( $p=0.045$ ).

نسبت C/N، یکی از مهمترین شاخص های رسیدگی ورمی کمپوست بوده که مورد توجه بسیاری از محققین قرار گرفته است. بر اساس نتایج آزمایشات، طی فرآیند ورمی در تمامی بسترها نسبت C/N بر خلاف روند مورد انتظار افزایش یافته و به محدوده ۲۰-۱۷ رسیده بود (نمودار ۶). شاید دلیل این تفاوت در نوع پسماند مورد مطالعه باشد. SMC (کمپوست برگشتی) قبل از استفاده به عنوان بستر کشت قارچ فرایند کمپوست شدن و تثبیت مواد آلی را طی نموده است و سپس در فاز برداشت محصول درصد عناصر اصلی بستر از جمله کربن و ازت رو به زوال نهاده و در انتهای دوره برداشت قارچ، پسماندی فقیر از مواد و عناصر باقیمانده به عنوان کمپوست برگشتی در این تحقیق وارد فرایند ورمی گردیده است. اضافه شدن تیمارها به بسترها و نیز آنزیمها و سایر مواد حاصل از فعالیت کرمها در بسترهای تحت ورمی،

قارچ متناسب با زمان، روند تغییرات مشابهت بیشتری داشت. کمترین نوسان در بستر با تیمار برگ مشاهده شد. EC، شاخص شوری حاصل از تغییر مواد آلی طی فرآیند ورمی کمپوست می باشد (۲۱). مطالعه هلتنز کلاو<sup>۱۰</sup> و همکار در سال ۱۹۷۹ و آلبانل<sup>۱۱</sup> و همکاران در سال ۱۹۸۸ نشان داد که تولید جزئی متابولیت های محلول نظیر آمونیوم و رسوب نمک های محلول هنگام فرآیند ورمی، منجر به کاهش میزان EC در مقایسه با مواد اولیه می شود (۲۳-۲۲). تجزیه و تحلیل آماری نتایج به دست آمده در خصوص کاهش هدایت الکتریکی طی فرآیند در تیمارهای مختلف، اختلاف معنی داری را در سطح ۰/۰۵ نشان داد ( $p=0.011$ ). بر اساس نمودار ۴، میزان کربن آلی کل در تمام بسترها با تیمارهای مختلف به طور معناداری افزایش داشت و روند تغییرات درصد کربن آلی کل نشان داد که در تمام بسترها، الگوی تغییرات تقریباً یکسان بود و بیشترین درصد کربن مربوط به بستر با تیمار چپس چوب و کمترین درصد مربوط به بستر با تیمار برگ بود. افزایش در میزان کربن آلی طی ورمی کمپوست پسماندهای آشپزخانه، پسماندهای کشاورزی با گونه ایسنیا توسط گارگ<sup>۱۲</sup> و همکار در سال ۲۰۰۶ نیز اعلام شد (۲۴) پرامانیک<sup>۱۳</sup> در سال ۲۰۱۰ نیز طی فرآیند ورمی کمپوست کاه برنج، افزایش کربن آلی در محصول نهایی را در سطح معنی دار اعلام نمود (۲۵). در مطالعه سن<sup>۱۴</sup> و همکار در سال ۲۰۰۷ که به بررسی فرآیند ورمی کمپوست ضایعات کارخانجات شکر پرداختند، میزان ترکیبات لیگنو سلولزی در طول فرآیند کاهش یافت و ترکیبات آروماتیک و گروه های کربوکسیلی در ابتدای فرآیند افزایش و در مراحل نهایی ورمی کمپوست کاهش یافت (۲۶). تجزیه و تحلیل آماری نتایج به دست آمده در خصوص افزایش درصد کربن آلی کل طی فرآیند در

<sup>10</sup> Holtzclaw

<sup>11</sup> Albanell

<sup>12</sup> Garg

<sup>13</sup> Pramanik

<sup>14</sup> Sen

منجر به رشد عناصر موجود خاک از جمله کربن و ازت گردیده است. سنسی<sup>۱۵</sup> در سال ۱۹۸۹ اظهار داشت که رسیدن نسبت C/N به حدود ۲۰، نشان دهنده افزایش درجه پایداری و رسیدگی محصول نهایی است (۲۸).

نخستین بستری که فرآیند ورمی بر اساس علائم کمی (نسبت C/N) و کیفی بسترها (فعالیت کرم ها، بوی بستر و دانه بندی آن) در هفته چهارم به اتمام رسید، بستر با تیمار برگ بود. برگ ها از لحاظ درصد مواد آلی فقیر می باشند. بستر دارای تیمار برگ با توجه به درصد بالای مواد لیگنین دار، دوره تغذیه کرم ها را کوتاه کرده (دوره تغذیه برابر با زمان بلعیدن غذا تا هنگام دفع آن می باشد) و در نتیجه کود تولیدی خیلی سریع تر به دست می آید و فرآیند به اتمام می رسد. اما میزان افزایش جمعیت و رشد بالینی کرم ها خیلی کم و کود تولیدی نیز کاملاً سبک می باشد (۲۹) و سپس در هفته پنجم، بستر با تیمار تفاله هویج فرآیند را به پایان رساند و در هفته ششم، فرآیند در دو بستر با تیمارهای قارچ و چیپس چوب به اتمام رسید (نمودار ۷). تجزیه و تحلیل آماری نتایج به دست آمده در خصوص افزایش نسبت C/N طی فرآیند در تیمارهای مختلف اختلاف معنی داری را در سطح ۰/۰۵ نشان داد ( $p=0.036$ ). آزمون رگرسیون لئیر نیز ارتباط خطی معنی داری را بین افزایش روند معدنی شدن مواد و افزایش نسبت C/N در محتوای کود به دست آمده نشان داد.

### نتیجه گیری

نسبت C/N تمامی بسترها نشان داد که همه کودهای به دست آمده از فرآیند ورمی کمپوست به وسیله گونه

ایسینا فوتیدا بر اساس استاندارد ملی ورمی کمپوست، درجه یک محسوب می شوند. بررسی های نتایج این پروژه نشان داد که ورمی کمپوست منجر به افزایش محتوای معدنی بسترها، کاهش EC بسترهای ورمی و افزایش عناصر مهم کود مانند پتاسیم می شود. در مطالعه حاضر بهبود شاخص های مورد نظر در بسترهای ورمی کمپوست ملاحظه شد، لذا با توجه به اینکه کودهای زیستی در بهبود ویژگی های فیزیکی و شیمیایی و حاصلخیزی خاک نقش مهمی ایفا می کنند و ضرورت مدیریت پسماندهای کشاورزی و اینکه کارگاه های تولید قارچ در مناطق مختلف به سرعت گسترش می یابند، یکی از روش های مناسب مدیریت برای پسماندهای کارگاه های تولید قارچ دکمه ای، ورمی کمپوست کردن این پسماندها و تبدیل آن به کودهای با کیفیت عالی می باشد که راهی در جهت نیل به کشاورزی پایدار محسوب شود

### تشکر و قدردانی

این مقاله حاصل پایان نامه دانشجویی می باشد. بدین وسیله از همکاری مدیریت و کارکنان محترم سازمان مدیریت پسماند، کارخانه تولید کود آلی مشهد، به ویژه مسئولین و کارکنان محترم بخش ورمی کمپوست آن کارخانه و تمام افرادی ما را در انجام این مطالعه یاری کردند، تشکر و قدردانی می شود.

## References

- Azizi, Aslan. Review the strategic plan of edible mushrooms. The promotion, education and agricultural research. Ministry of Agriculture. 1387. [Persian]
- Salimi H, Abas dokht, A. Arif Begay, M. Evaluation of waste mushroom for use in agriculture and horticulture. Winter 89. [Persian]
- Afshar M. Iran ranks seventh of the world's production of edible mushrooms. Iranian Mushroom Growers Association. Available at: URL: <http://www.irmga.com/fa-news-321-508>. Accessed 14/8/92.
- Vahabi Mashak F, Hosseini MH, Shorafa M, Hatami S. Investigation on the effects of mushroom compost on soil chemical properties and leaching. J Water Soil (AGRICULTURAL SCIENCES AND TECHNOLOGY). 2008; 22(2):394-406 [Persian].
- Suthar S. Bioremediation of Agricultural Wastes through Vermicomposting. Bioremediation Journal. 2009; 31(1):21-8.
- WeiQin Z, Ying JX, YuJie W, LiPing W, Zhou Y. Optimization of factors in vermicomposting of agricultural organic wastes and variation of main properties of the compost. J Ecology Rural Environment. 2009; 25(4):77-82.
- Wani KA, Mamta, Rao RJ. Bioconversion of garden waste, kitchen waste and cow dung into value-added products using earthworm *Eisenia fetida*. Saudi J Biol Sci. 2013; 20(2):149-54.
- Omrani G.H, A. H. Capability of Earth worm (*Eisenia Fetida*) in processing of Household Wastes to Vermicompost. Journal of School of Public Health and Institute of Public Health Research. 2011. ISSN: 1735—7586. [Persian]
- Tajbakhsh-Tabar J. Investigation on Vermicomposting of Spent Mushroom Compost and Different Organic Wastes, and Comparing of this product with peat moss as Casing Layer in a pilot scale. December 2008, Volume 28, Issue 4, pp 476-482. [Persian]
- Institute of Standards and Industrial Research of Iran. (2011). (ISIRI 13320 1st. Edition). Compost Sampling and Physical and Chemical Test Methods, ICS: 65.080; 13.030.
- Institute of Standards and Industrial Research of Iran. (2011). (ISIRI 7834 1st. Revision). Soil quality - Determination of pH, ICS: 13.080.10.
- Institute of Standards and Industrial Research of Iran. (2003). (ISIRI 6831 1st. Edition). Soil-Measurement of Specific electrical conductivity- Test Method, ICS: 13.080.05.
- Institute of Standards and Industrial Research of Iran. (2011). (ISIRI 13724 1st. Edition). Vermicompost-Physical and chemical Specifications, ICS: 13.080.30; 65.080.
- Sailila N, Bakar AA, Mahmood NZ, Teixeira da silva JA, Abdullah N, Jamaludin AA. Nutrient Elements of Different Agricultural Wastes from Vermicomposting Activity. Dynamic Soil, Dynamic Plant. 2010; 4(Special Issue I):155-8.
- Zarrin Kafsh, M. Fundamentals of soil science in relation to plants and the environment. Islamic Azad University Press. 1997. P:808. [Persian]
- Hartenstein R. Production of earthworms as a potentially economic source of protein. Biotechnol Bioengg. 1981; 23(8):1797-1811.
- Gunadi B, Blount C, Edward CA. The growth and fecundity of *Eisenia fetida* in cattle solids pre-composted for different periods. Pedobiol. 2002; 46:15-23.
- Loh TC, Lee YC, Liang JB, Tan D. Vermicomposting of cattle and goat manures by *Eisenia fetida* and their growth and reproduction performance. Bioresour Technol. 2005; 96(1):111-4.
- Garg VK, Kaushik P. Vermistabilization of textile mill sludge spiked with poultry droppings by an epigeic earthworm *Eisenia foetida*. Bioresour Technol. 2005; 96(9):1063-71.
- Ndegwa. PM, Thompson. SA, Das KC. Effects of stocking density and feeding rate on vermicomposting of biosolids. Biores Technol. 2000; 71(1):5-12.
- Pathma j, Sakthivel N. Microbial diversity of vermicompost bacteria that exhibit useful agricultural traits and waste management potential. Springerplus. 2012; 1: 26.
- Holtzclaw KM, Sposito G. Analytical properties of the soluble metal-complexing fractions in sludge-soil mixtures. IV. Determination of carboxyl groups in fulvic acid. Soil Sci Soc Am J. 1979; 43(2):318-23.
- Albanell E, Plaixats J, Cabrero T. Chemical changes during vermicomposting (*Eisenia fetida*) of sheep manure mixed with cotton industrial wastes. Biol Fertil Soils. 1988; 6:266-9.
- Garga P, Gupta A, Satya S. Vermicomposting of different types of waste using *Eisenia foetida*: A comparative study. Biores Technol. 2006; 97(3):391-5.
- Pramanik P, Ghosh GK, Chung YR. Changes in nutrient content, enzymatic activities and microbial properties of lateritic soil due to application of different vermicomposts: a comparative study of ergosterol and chitin to determine fungal biomass in soil. Soil Use and Management. 2010; 26(4):508-15.
- Sen B, Chandra TS. Chemolytic and solid-state spectroscopic evaluation of organic matter transformation during vermicomposting of sugar industry wastes. Bioresour Technol. 2007; 98(8):1680-3.
- Shiraishi. K. On the chemotaxis of the earthworm to carbon dioxide. Sci. Rep. Tōhoku Univ. 1954. 20: 356-361.
- Senesi N. Composted materials as organic fertilizers. Sci Total Environ. 1989; 81-82:521-4.
- Brown A. Review of lignin in biomass. J. Appl. Biochem. 1985. 7: 371-387.