Archive of SID

Iranian Journal of Horticultural Science
Vol 47, No 4, Winter 2017 (693-701)
DOI: 10.22059/ijhs.2017.125789.783

علوم باغبانی ایران
دورهٔ ۴۷، شمارهٔ ۴، زمستان ۱۳۹۵ (ص ۷۰۱-۶۹۳)

تأثیر نوع بستر و مدت کمپوست‌سازی بر بازدهٔ زیست‌توده و ویژگی‌های کیفی قارچ دکمه‌ای (*Agaricus bisporus*)

الهام رمضانی خانوانی[۱]، جمالعلی الفتی[۲*] و تیمور رضوی پور[۳]
۱ و ۲. دانشجوی کارشناسی ارشد و استادیار، گروه علوم باغبانی دانشگاه گیلان
۳. مربی، مؤسسهٔ تحقیقات برنج کشور
(تاریخ دریافت: ۱۳۹٤/۳/۲۵ - تاریخ پذیرش: ۱۳۹٤/٦/۸)

چکیده

به‌منظور بررسی تأثیر مدت کمپوست‌سازی بر افزایش بازدهٔ زیست‌توده (بیوماس) و بهبود برخی خواص کیفی قارچ دکمه‌ای (*Agaricus bisporus*) در بسترهای مختلف ناشی از ضایعات کشاورزی، آزمایشی به‌صورت فاکتوریل در قالب طرح کامل تصادفی با دوازده ترکیب تیماری (شش نوع بستر و دو تیمار مدت کمپوست‌سازی) در سه تکرار به اجرا درآمد. تیمارهای مورد استفاده در این آزمایش شامل بسترهای حاوی کلش گندم و کلش برنج به‌عنوان مادهٔ اصلی و مکمل‌های کود مرغی، تفالهٔ زیتون و کود اسبی و دو مدت کمپوست‌سازی (کوتاه‌مدت (۱٦ روزه) و بلندمدت (۲۲روزه)) بودند. بستر حاوی کلش برنج و کود مرغی بیشترین میانگین (٦۷/۱۸ درصد) را ازنظر بازدهٔ زیست‌توده داشتند. قارچ‌های ناشی از بستر کلش برنج و تفالهٔ زیتون بیشترین مادهٔ خشک (۸/۷۳ درصد) را داشتند، درحالی‌که قارچ‌های مربوط به بستر کلش گندم و تفالهٔ زیتون بیشترین نیتروژن (٦/٦۳ درصد)، پروتئین (٤۱/٤٦ درصد) و ظرفیت پاداکسندگی (آنتی‌اکسیدانی) (٥٤/٤ درصد) را تولید کردند. قارچ‌های تولیدشده در بستر کلش برنج و کود اسبی بیشترین خاکستر (۹/۸۳ درصد) را داشتند. قارچ‌های رشد یافته در روش کوتاه‌مدت ازنظر بازدهٔ زیست‌توده بیشترین میانگین (٤۲/٤۱ درصد) را نشان دادند. بر پایهٔ نتایج این آزمایش از لحاظ اقتصادی توصیه می‌شود در استان‌های شمالی کشور به‌ویژه گیلان، بستر کلش برنج و کود مرغی برای تولید قارچ دکمه‌ای استفاده شود.

واژه‌های کلیدی: پروتئین، ظرفیت پاداکسندگی، کمپوست، فنل کل.

The effect of substrate and composting duration on biological efficiency and quality properties of Button Mushroom (*Agaricus bisporus*)

Elham Ramezani- Khanevani[1], Jamal-Ali Olfati[2*] and Teimor Razavipor[3]
1, 2. Former M. Sc. Student and Assistant Professor, Faculty of Agricultural Sciences, University of Guilan, Iran
3. Instructor, Rice Research Institute of Iran
(Received: Jun. 15, 2015 - Accepted: Aug. 30, 2015)

ABSTRACT

In order to evaluate the effect of substrate and composting duration on biological efficiency and improve some quality properties of button mushroom (Agaricus bisporus) at different substrates from agricultural waste, a factorial experiment in a completely randomized design was done with twelve treatment combinations (six substrates and two composting durations) with three replications. Treatments used in the experiment consisted of substrates including wheat straw and rice straw as the main material and chicken manure, olive bagasse and horse manure as additives, and two composting durations (short (16 days) and long (22 days)). Substrate prepared from rice straw and chicken manure had the highest biological efficiency (67.18 %). Substrate prepared from rice straw and olive bagass had the highest dry matter (8.73 %), while mushrooms obtained from substrate prepared from wheat straw and olive bagasse had the highest nitrogen (6.63 %), protein (41.46 %) and antioxidant capacity (54.4 %). Mushrooms produced in substrate prepared from rice straw and horse manure had the most ash (9.83 %). Mushrooms grown in short method produced compost had the greatest biological efficiency (42.41 %). Based on this experiment rice straw and chicken manure were the better economically substrate for button mushroom compost preparation in the northern provinces of Iran especially Guilan.

Keywords: Antioxidant capacity, compost, protein, total phenolics.

* Corresponding author E-mail: jamalaliolfati@gmail.com Tel: + 98 911 935 1072

www.SID.ir

Archive of SID

مقدمه

قارچ دکمه‌ای سفید مهم‌ترین قارچ خوراکی کشت‌شده در جهان است و برآورد می‌شود که محصول آن در حدود ۴۰ درصد از تولید قارچ خوراکی جهان باشد (Jesus *et al.*, 2013). برای پرورش موفقیت‌آمیز این قارچ بستر کشت عاملی مهم و تعیین‌کننده است. به‌طورمعمول دامنهٔ گسترده‌ای از مواد سلولزی مختلف برای پرورش قارچ‌ها استفاده می‌شود (Uddin *et al.*, 2012). بررسی‌های انجام‌شده نشان می‌دهند که در محیط‌های کشت قارچ به‌جز کربوهیدرات‌ها وجود یک منبع نیتروژن مانند اوره، نمک‌های آمونیوم و اسیدهای آمینه چون آسپاراژین، آلانین و گلایسین برای رشد مناسب قارچ لازم است (Seaby, 1999). روش معمول در کشورهای دارای منابع کود اسبی تهیهٔ کمپوست قارچ دکمه‌ای استفاده از ترکیب کود اسبی، کلش و ماده‌ای با نیتروژن بالا مانند کود مرغی است (Kariaga, 2005). در تهیهٔ کمپوست برای قارچ دکمه‌ای نسبت C/N بسیار مهم است. این نسبت در زمان‌های مختلف تهیهٔ کمپوست متفاوت است (Farsi & Pourianfar, 2011). تهیهٔ کمپوست قارچ سال‌های زیادی است که در دو مرحلهٔ جدا انجام می‌شود؛ مرحلهٔ اول هنگامی است که مواد اولیه مخلوط، مرطوب و انباشته شده‌اند که با تلفات شایان‌توجه مادهٔ خشک همراه است. مرحلهٔ دو که شامل پاستوریزاسیون و تیمار تهویه برای تولید یک بستر به‌گزین و بدون بیمارگر (پاتوژن) است (Baysal *et al.*, 2007). بایستی توجه داشت که هر کشوری بنا به امکانات و شرایط اقلیمی خود از مخلوط و ترکیبی استفاده می‌کند که هم بیشترین تأثیر را بر رشد قارچ داشته باشد و هم ازنظر اقتصادی باصرفه باشد (Farsi & Pourianfar, 2011). برای رسیدن به ترکیب مناسب پرورش قارچ با استفاده از مواد اولیه جایگزین، باید در دسترس بودن، قابلیت حمل‌ونقل، فصلی بودن و هزینه‌های این مواد را در نظر بگیرند (Jesus *et al.*, 2013). چهل نوع‌مختلف از ضایعات گیاهی برای کشت قارچ خوراکی قابل‌استفاده هستند، و در میان آن‌ها حدود ۸۰ درصد می‌تواند به‌طور مستقیم به‌عنوان بستر استفاده شود، درحالی‌که ۲۰ درصد به‌عنوان تغذیهٔ مکمل به کار می‌رود (Jesus *et al.*, 2013).

بحران انرژی سبب شده بشر به اهمیت تحقیق در به‌کارگیری ضایعات کشاورزی، خانگی و صنعتی و تبدیل آن‌ها به محصولات غنی و دارای ارزش تجاری پی ببرد (Tajeddin, 1994). این ضایعات انرژی نهفته‌ای دارند که به‌صورت مستقیم یا غیرمستقیم از انرژی خورشیدی و در فرآیند حیاتی نورساخت (فتوسنتز) به‌دست‌آمده است (Tajeddin, 1994). ضایعات کشاورزی و صنعتی می‌توانند پس از فرآوری لازم به‌عنوان یک منبع غذایی متنوع به کار گرفته شوند. قارچ‌های خوراکی تجزیهٔ مواد آلی را با استفاده از آنزیم‌های مترشحهٔ خود انجام می‌دهند. ترکیب‌های عمده و اصلی که توسط قارچ‌های خوراکی ردهٔ بازیدیومیست‌ها تجزیه می‌شوند شامل سلولز، همی سلولز، لیگنین و پروتئین موجود در ضایعات آلی هستند (Niknahad, 1997). مواد و پسماندهای کشاورزی و کارخانه‌های صنایع غذایی در تحقیقی برای تولید قارچ صدفی استفاده شدند که بیشترین وزن تازهٔ قارچ از بستر غنی‌شده با تفالهٔ زیتون به‌دست آمد (Azizi, 1997). از فاضلاب کارخانهٔ روغن‌زیتون (پسماندهای به‌دست‌آمده از پالایش روغن) به‌عنوان مادهٔ مرطوب‌کنندهٔ بستر دو نوع قارچ صدفی *Pleurotus sajor-caju* و *Pleurotus cornucopiae* با موفقیت استفاده شد (Kalmis & Sargin, 2004). در تحقیقی دیگر تأثیر غنی‌سازی بستر کشت با تفالهٔ زیتون، تفالهٔ خشک چغندرقند و تفالهٔ سویا بر قارچ خوراکی صدفی (*Pleutros sajor-cajo*) بررسی و مشخص شد که میزان تولید قارچ به‌دست‌آمده از کلش غنی‌شده نسبت به شاهد بالاتر است. همچنین افزودن مواد غنی‌کننده به بستر کشت باعث افزایش میزان پروتئین و خاکستر قارچ صدفی شد (Tajeddin, 1994).

ایران وسعت جغرافیایی و تنوع آب و هوایی گسترده‌ای دارد و ازاین‌رو ضایعات کشاورزی هر منطقه متفاوت از دیگر مناطق است. با توجه به نقش پررنگی که تولید قارچ در بازیافت این ضایعات دارد لزوم بررسی ترکیب‌های مختلف هر منطقه بر بهینه‌سازی تولید قارچ دکمه‌ای ضروری به نظر می‌رسد بنابراین این پژوهش برای بررسی بازدهٔ زیست‌تودهٔ (بیوماس) قارچ دکمه‌ای در کمپوست به‌دست‌آمده از ضایعات کشاورزی استان گیلان انجام گرفت.

www.SID.ir

Archive of SID

مواد و روش‌ها

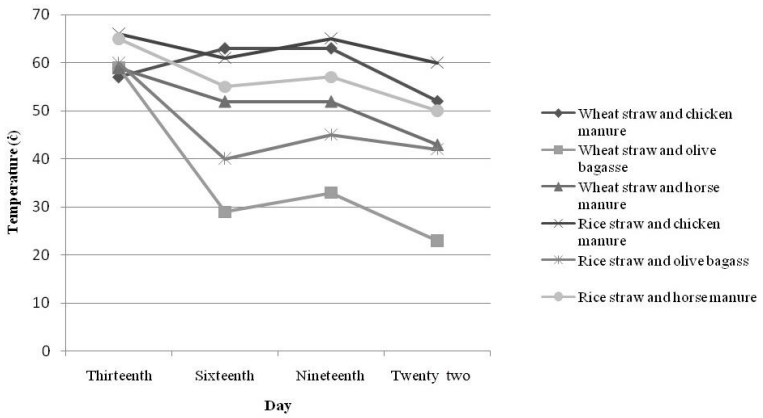
به‌منظور بررسی تأثیر مدت کمپوست‌سازی بر بازدهٔ زیست‌توده، مادهٔ خشک، خاکستر، نیتروژن، پروتئین، فنل کل و ظرفیت پاداکسندگی (آنتی‌اکسیدانی) قارچ دکمه‌ای در بسترهای مختلف به‌دست‌آمده از ضایعات کشاورزی، آزمایشی به‌صورت فاکتوریل در قالب طرح کامل تصادفی با دوازده ترکیب تیماری (شش نوع بستر و دو روش کمپوست‌سازی) در سه تکرار در مزرعهٔ قارچ دانشکدهٔ علوم کشاورزی دانشگاه گیلان در پاییز و زمستان ۱۳۹۳ به اجرا درآمد.

برای تهیهٔ کمپوست، کلش گندم (از روستای فتحکوهٔ بخش رحمت‌آباد) و کلش برنج (از بخش خشکبیجار شهرستان رشت) که به‌وفور در منطقه وجود دارد و سوزاندن آن در کشتزارها هرساله به یک مشکل زیست‌محیطی تبدیل می‌شود به‌عنوان مادهٔ اصلی و پایه استفاده شدند. دیگر مواد که به‌عنوان مکمل برای تأمین نیتروژن و دیگر مواد غذایی همراه با کلش استفاده شدند، شامل کود مرغی (از بخش سنگر شهرستان رشت)، تفالهٔ زیتون (از روستای سیاه‌پوش شهر لوشان) و کود اسبی (از مرکز تحقیقات اسب کاسپین) بر پایهٔ فراوانی در منطقه و داشتن نیتروژن بالا بودند. برای آماده‌سازی بسترها در آغاز کلش خیسانده شده و پس از اشباع کامل کلش مکمل‌های یادشده بر پایهٔ تیمارهای پیش‌بینی‌شده، اضافه شدند. بسترهای بالا در دو زمان ۱۶ روزه و ۲۲ روزه در فاصلهٔ زمانی معین قالب‌زنی شده و روند دمایی آن‌ها ثبت شد (شکل ۱). پیش از قارچ‌مایه‌زنی (spawn) بسترهای مختلف، برخی ویژگی‌های شیمیایی و فیزیکی آن‌ها اندازه‌گیری شد که نتایج در جدول ۱ آورده شده است.

جدول ۱. برخی ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی کمپوست‌ها و مواد اولیهٔ مورد استفاده

Table 1. Some physical and chemical properties of the used composts and raw materials

Composting duration	Substrate	EC*	pH*	C/N	Organic carbon (%)	Total nitrogen (%)	Humidity (%)
Short duration (16 days)	Wheat straw and chicken manure	6.55	6.94	25.55	48.8	1.91	60.6
	Wheat straw and olive bagasse	10.2	6.85	51.6	50.6	0.98	58
	Wheat straw and horse manure	7.82	7.16	27.7	48.2	1.74	64.1
	Rice straw and chicken manure	6.38	7.65	40.16	48.2	1.2	75.7
	Rice straw and olive bagass	11.1	7.44	47.1	47.1	1	74.7
	Rice straw and horse manure	5.87	7.45	28.7	47.1	1.64	77
	Wheat straw and chicken manure	7.31	7.15	22.35	44.7	2	62.1
	Wheat straw and olive bagasse	10.2	6.91	41.4	44.7	1.08	57.4
Long duration (22 days)	Wheat straw and horse manure	7.74	7.24	25.8	46.5	1.8	64.7
	Rice straw and chicken manure	5.36	7.45	26.2	35.9	1.37	75
	Rice straw and olive bagass	8.5	7.33	47.45	46.5	0.98	71
	Rice straw and horse manure	6.72	7.21	22.8	42.4	1.86	77
	Rice straw	4.76	5.93	77.31	51.8	0.67	13.41
	Wheat straw	3.15	6.12	111.83	54.8	0.49	15.01
	olive bagass	11.1	5.45	43.82	48.2	1.1	13.41
	horse manure	7.57	7.43	24.1	42.9	1.78	12.56
	chicken manure	3.74	7.27	19.1	44.1	2.31	11.3
	Wheat bran	1.87	5.9	19.19	54.7	2.85	12.77



شکل ۱. تغییر دمایی تیمارها در زمان‌های مختلف کمپوست‌سازی

Figure 1. Temperature changes of the treatments at different times from composting

www.SID.ir

Archive of SID

پس از پایان عملیات قالب‌زنی، هنگامی‌که دمای درون بستر کاشت به ۳۰- ۲۵ درجهٔ سلسیوس کاهش یافت (Mollaie & Besharati, 2011) با توجه به اینکه در فرآیند کمپوست‌سازی دمای کمپوست به ۶۰ تا ۶۵ درجهٔ سلسیوس (دمای پاستوریزاسیون) می‌رسید (شکل ۱) بدون پاستوریزاسیون، قارچ‌مایهٔ قارچ دکمه‌ای به میزان ۱۰ گرم به ازای هر کیلو کمپوست به بسترها به روش بذرپاشی مخلوط اضافه شد. در این آزمایش در هر واحد آزمایشی (کرت) ۴ کیلوگرم از کمپوست با ۴۰ گرم قارچ‌مایه مخلوط شده و آنگاه درون جعبه‌های پلاستیکی به ابعاد ۱۴×۴۰×۵۳ سانتی‌متر ریخته شد. پس از قارچ‌مایه‌زنی، بسترها در دمای ۲۵ درجهٔ سلسیوس و رطوبت نسبی ۹۰درصد برای رشد میسیلیوم‌ها قرار گرفتند (Farsi & Pourianfar, 2011). هنگامی‌که میسیلیوم‌ها رشد کافی داشتند، عملیات خاک‌دهی با ورمی‌کمپوست شسته شده (Rasouli *et al*., 2014) به ارتفاع ۳ الی ۵ سانتی‌متر (Farsi and Pourianfar, 2011). در هر یک از جعبه‌ها انجام شد و برای جلوگیری از نفوذ عامل‌های بیماریزا مقداری از کمپوست سفیدشده با میسیلیوم قارچ با خاک‌پوششی مخلوط شد (Farsi & Pourianfar, 2011). ۷-۵ روز پس از خاک‌دهی و پس از آن‌که میسیلیوم‌ها به سطح بیرونی خاک‌پوششی رسیدند اقدام به تغییر شرایط محیطی شد، به‌طوری‌که به‌تدریج دما به ۱۸ درجهٔ سلسیوس و رطوبت نسبی به ۸۰درصد تا زمان برداشت، کاهش یافت (Farsi & Pourianfar, 2011). پس از برداشت قارچ از بسترهای مختلف ویژگی‌های مربوط به‌صورت زیر اندازه‌گیری شد و نتایج با نرم‌افزار SAS تجزیه شد. برای محاسبهٔ درصد بازدهٔ زیست‌توده (BE) (Kirbag & Akyuz, 2009) و درصد مادهٔ خشک (Kalberer, 1991) قارچ به ترتیب از رابطه‌های زیر استفاده شد:

$$BE = \frac{\text{وزن تر کل محصول}}{\text{وزن خشک بستر}} \times ۱۰۰$$

$$\text{درصد مادهٔ خشک} = \frac{\text{وزن خشک نمونه}}{\text{وزن تر نمونه}} \times ۱۰۰$$

به‌منظور اندازه‌گیری درصد خاکستر میزان ۱۰ گرم از مادهٔ خشک قارچ دکمه‌ای به‌دقت توزین و درون بوته‌های چینی درون کورهٔ الکتریکی در دمای ۵۵۰ درجهٔ سلسیوس قرار داده شد. پس از گذشت هفت ساعت از کوره خارج و وزن شدند. برای محاسبهٔ درصد خاکستر از رابطهٔ زیر استفاده شد (Vieyra *et al*., 2009):

$$\text{درصد خاکستر} = \frac{\text{وزن خاکستر}}{\text{وزن مادهٔ خشک}} \times ۱۰۰$$

برای اندازه‌گیری درصد پروتئین خام قارچ در آغاز میزان نیتروژن کل با روش کجلدال اندازه‌گیری شده و از رابطهٔ زیر درصد پروتئین محاسبه شد (Guebel *et al*., 1991):

درصد پروتئین = درصد نیتروژن × ۶/۲۵

برای استخراج ترکیب‌های فنلی ۱ گرم از بافت تر قارچ را با استفاده از نیتروژن مایع پودر و آنگاه ۳ میلی‌لیتر حلال استخراج، متشکل از ۸۰درصد متانول و ۲۰درصد آب مقطر، به آن اضافه شد. برای انجام عمل استخراج نمونه‌ها به مدت ۲۴ ساعت در یخچال با دمای ۴ درجهٔ سلسیوس نگهداری و پس از ریخته شدن در ریزلوله (میکروتیوپ) با دور ۱۰۰۰۰ به مدت ده دقیقه سانتریفیوژ (MERMLE: Z233M-2) شدند. اندازه‌گیری میزان فنل کل با روش فولین- سیوکالچو (Singleton *et al*., 1999) و ظرفیت پاداکسندگی از راه ویژگی خنثی‌کنندگی رادیکال آزاد DPPH تعیین شد (Brand-Williams *et al*., 1995).

نتایج و بحث

تأثیر نوع بستر و مدت کمپوست‌سازی بر بازدهٔ زیست‌توده

نتایج به‌دست‌آمده از تجزیهٔ واریانس داده‌ها نشان داد که تأثیر نوع بستر و مدت کمپوست‌سازی بر بازدهٔ زیست‌توده در سطح آماری ۱ درصد معنی‌دار است (جدول۱). مقایسهٔ گروهی بین بسترها نشان داد، اثر نوع کلش بر بازدهٔ زیست‌توده و ویژگی‌های مربوط به عملکرد بدون معنی‌دار و تفاوت‌ها ازنظر کیفیت است (جدول ۲). قارچ‌های رشد یافته در بستر حاوی کلش برنج و کود مرغی بیشترین میانگین (۶۷/۱۸ درصد) را ازنظر بازدهٔ زیست‌توده داشت اما اختلاف آن با

www.SID.ir

Archive of SID

بسترهای حاوی کلش گندم و کود مرغی، کلش گندم و کود اسبی معنی‌دار نبود، درحالی‌که بستر کلش گندم و تفالۀ زیتون کمترین میزان (۵/۷ درصد) را به خود اختصاص داد (جدول ۳). قارچ‌های به‌دست‌آمده از کمپوست تهیه‌شده به روش کوتاه‌مدت ازنظر بازدۀ زیست‌توده بیشترین میانگین (۴۲/۴۱ درصد) را تولید کردند که با روش بلندمدت اختلاف معنی‌دار داشت (جدول ۴). تفاوت عملکرد قارچ خوراکی در بسترهای مختلف تا حدود زیادی ناشی از ساختار فیزیکی بستر، نسبت C/N، توانایی قارچ در ترشح آنزیم‌ها و ویژگی شیمیایی از جمله میزان شوری است (Ebadi *et al.*, 2013). افزایش بازدۀ زیست‌توده در بستر کلش برنج و کود مرغی احتمال دارد به‌دلیل ساختار فیزیکی مناسب و توانایی قارچ در ترشح آنزیم‌ها بوده باشد. از سویی شوری پایین این بستر نیز می‌تواند دلیل دیگری بر افزایش کارایی بازدۀ زیست‌توده آن باشد (جدول ۱). کاهش بازدۀ زیست‌توده در بستر کلش گندم و تفالۀ زیتون می‌تواند به‌علت بافت فیزیکی نامناسب و توانایی نداشتن قارچ در ترشح آنزیم‌ها باشد. همچنین C/N نامناسب و شوری بالا در این بستر نیز دلیل دیگری است (جدول ۱). اگر بتوان کمپوست را با مخلوط و ترکیب‌هایی که به‌تدریج مواد غذایی خود را آزاد می‌کنند و یا با محلول‌های غذایی دیگر در مراحل مختلف غنی‌سازی کرد، محصول بیشتری از واحد سطح قابل‌برداشت خواهد بود (Farsi & Pourianfar, 2011). آنچه مسلم است میزان تجزیۀ کمپوست در روش کوتاه‌مدت کمتر از روش بلندمدت است، در نتیجه در روش کوتاه‌مدت مواد موجود در کمپوست به‌تدریج در اختیار میسیلیوم قارچ قرار گرفته و از هدر رفت عنصرهای مهم نسبت به روش بلند-مدت جلوگیری شده است پس همان‌طور که نتایج نشان داد، انتظار بر این است که روش کوتاه‌مدت بازدۀ زیست‌تودۀ بالاتری داشته باشد.

جدول ۲. تجزیۀ واریانس ویژگی‌های مورد بررسی پس از اعمال تیمارها

Table 2. ANOVA of the traits after application of the treatments

Source of variation	df	Mean squares							
		Antioxidant capacity	Total phenolics	Protein	Total nitrogen	Ash	Dry matter	Biological efficiency	Yield
Substrate	5	16.1**	0.00096**	111.89**	2.86**	0.63*	2.02*	35.73**	11.65**
Wheat straw substrates compared with rice straw substrate	1	25.05**	0.0036**	222.55**	5.69**	0.3$^{n.s}$	0.0078$^{n.s}$	1.87$^{n.s}$	1.42**
Composting duration	1	209.24**	0.00027$^{n.s}$	11.94$^{n.s}$	0.306$^{n.s}$	0.45$^{n.s}$	0.23$^{n.s}$	6.52**	2.16**
substrate and composting duration interaction	5	0.56$^{n.s}$	0.00046*	10.46$^{n.s}$	0.267$^{n.s}$	0.36$^{n.s}$	0.91$^{n.s}$	1.26$^{n.s}$	0.511*
Error	24	1.17	0.00013	9.93	0.254	0.16	0.53	0.66	0.179
CV (%)		2.05	9.3	8.6	8.6	14.64	9.41	14.16	13.3

ns، * و **: به ترتیب غیر معنی‌دار و معنی‌دار در سطوح احتمال ۵ و ۱ درصد.

ns, * and **: nonsignificant and significant at 5 and 1 probability levels, respectively.

تأثیر نوع بستر و مدت کمپوست‌سازی بر مادۀ خشک

نتایج به‌دست‌آمده از تجزیۀ واریانس نشان داد، تأثیر نوع بستر بر مادۀ خشک قارچ‌های تولیدی در سطح ۵ درصد معنی‌دار، ولی تأثیر مدت کمپوست‌سازی معنی‌دار نبود (جدول ۲). مقایسۀ گروهی بین بسترها نشان داد که تأثیر نوع کلش بر مادۀ خشک معنی‌دار نیست (جدول ۲). بستر حاوی کلش برنج و تفالۀ زیتون بیشترین مادۀ خشک (۸/۷۳ درصد) را تولید کرد و با بسترهای حاوی کلش گندم و کود مرغی، کلش گندم و تفالۀ زیتون و کلش گندم و کود اسبی تفاوت معنی‌داری نداشت، درحالی‌که کمترین میزان مربوط به بستر کلش برنج و کود اسبی (۷/۰۴ درصد) بود (جدول ۳). در مورد مادۀ خشک باید گفت، هرچقدر رطوبت بستر کمتر باشد، وزن خشک بستر و در نتیجه وزن خشک قارچ‌های به‌دست‌آمده بیشتر خواهد بود. احتمال می‌رود چون قارچ‌های موجود در بسترهای کلش گندم و تفالۀ زیتون، کلش گندم و کود مرغی و کلش گندم و کود اسبی نسبت به بستر کلش برنج و تفالۀ زیتون تحت تنش رطوبتی بودند (جدول ۱) فعالیت بیشتری برای جذب رطوبت داشته‌اند، در نتیجه باوجودی که بستر کلش برنج و تفالۀ زیتون نسبت به این بسترها رطوبت بالایی دارد، قارچ‌های به‌دست‌آمده از آن مادۀ خشک بالایی (۸/۷۳ درصد) را نشان دادند و کمترین میزان (۷/۰۴ درصد)

www.SID.ir

Archive of SID

مربوط به بستر کلش برنج و کود اسبی بود. میزان وزن خشک قارچ تحت تأثیر بستر کشت قارچ قرار می‌گیرد (Bernas *et al*., 2006; Manzi *et al*., 1999). درصد نیتروژن نسبت به خاکستر در قارچ‌های بستر کلش برنج و تفالهٔ زیتون برعکس بستر کلش برنج و کود اسبی، بالاتر بود (جدول ۱). با توجه به موارد بالا می‌توان نتیجه گرفت که تغییر مادهٔ خشک قارچ در این بسترها بیشتر تحت تأثیر نیتروژن آلی یا ترکیب‌های نیتروژن‌دار آلی از جمله پروتئین‌ها بوده است.

تأثیر نوع بستر و مدت کمپوست‌سازی بر خاکستر

نتایج به‌دست‌آمده از تجزیهٔ واریانس نشان داد تأثیر نوع بستر بر خاکستر در سطح ۵ درصد معنی‌دار، ولی تأثیر مدت کمپوست‌سازی معنی‌دار نیست (جدول ۲). مقایسهٔ گروهی بین بسترها نشان داد، تأثیر نوع کلش بر خاکستر معنی‌دار نیست (جدول ۲). قارچ‌های به‌دست‌آمده از بستر کلش برنج و کود اسبی بیشترین خاکستر (۹/۸۳ درصد) را داشتند ولی تفاوت آن با بسترهای کلش برنج و کود مرغی، کلش گندم و کود اسبی، کلش گندم و تفالهٔ زیتون و کلش گندم و کود مرغی معنی‌دار نبود، درحالی‌که کمترین خاکستر (۵/۴۲ درصد) مربوط به بستر کلش برنج و تفالهٔ زیتون بود (جدول ۳). مادهٔ خشک قارچ‌ها در بستر کلش برنج و کود اسبی کمتر از بستر کلش برنج و تفالهٔ زیتون است (جدول ۳). با توجه به اینکه تغییرپذیری‌های مادهٔ خشک قارچ در این بسترها بیشتر تحت تأثیر نیتروژن آلی بوده، در نتیجه انتظار می‌رود میزان خاکستر بستر کلش برنج و کود اسبی بیشتر از بستر کلش برنج و تفالهٔ زیتون باشد.

جدول ۳. مقایسهٔ میانگین ویژگی‌های مورد بررسی پس از اعمال تیمارها

Table 3. Mean comparison of the traits after application of the treatments

Substrate	Antioxidant capacity (%)	Protein (%)	Total nitrogen (%)	Ash (%)	Dry matter (%)	Biological efficiency (%)
Wheat straw and chicken manure	53.3^{ab}	38.42^{a}	6.14^{a}	9.42^{a}	7.54^{ab}	52^{ab}
Wheat straw and olive bagasse	54.4^{a}	41.47^{a}	6.63^{a}	6.92^{ab}	7.74^{ab}	5.7^{c}
Wheat straw and horse manure	53^{ab}	37.42^{a}	5.98^{a}	8.6^{ab}	7.97^{ab}	55.11^{ab}
Rice straw and chicken manure	50^{c}	28.63^{b}	4.58^{b}	7.5^{ab}	7.4^{b}	67.18^{a}
Rice straw and olive bagass	54^{ab}	37.87^{a}	6.06^{a}	5.42^{b}	8.73^{a}	38.35^{b}
Rice straw and horse manure	52^{bc}	35.87^{a}	5.74^{a}	9.83^{a}	7.04^{b}	14.61^{c}

* در هر ستون میانگین‌هایی که با حروف متفاوت نشان داده شده‌اند بر پایهٔ آزمون توکی در سطح ۵ درصد اختلاف معنی‌دار دارند.

* Means that are shown in each column with different letters have significantly difference according to Tukey's test at 5% probability level.

تأثیر نوع بستر و مدت کمپوست‌سازی بر نیتروژن و پروتئین

نتایج به‌دست‌آمده از تجزیهٔ واریانس نشان داد، تأثیر نوع بستر بر نیتروژن و پروتئین در سطح ۱ درصد معنی‌دار، اما تأثیر مدت کمپوست‌سازی معنی‌دار نیست (جدول ۲). مقایسهٔ گروهی بین بسترها نشان داد که اثر نوع کلش بر نیتروژن و پروتئین در سطح ۱ درصد معنی‌دار است (جدول ۲). بستر کلش گندم و تفالهٔ زیتون بیشترین میانگین را از لحاظ نیتروژن (۶/۶۳ درصد) و پروتئین (۴۱/۴۶ درصد) نشان داد بااین‌حال با دیگر بسترها به‌جز بستر کلش برنج و کود مرغی اختلاف معنی‌داری نداشت، درحالی‌که کمترین میزان نیتروژن (۴/۵۸ درصد) و پروتئین (۲۸/۶۳ درصد) را بستر کلش برنج و کود مرغی به خود اختصاص داد (جدول ۳). میزان نیتروژن موجود در بستر بر میزان پروتئین قارچ تأثیر دارد و از بسترهای با میزان نیتروژن بیشتر، قارچ‌هایی با میزان پروتئین بیشتری تولید می‌شود (Bonati *et al*., 2004; Wang *et al*., 2000). در تحقیقی مشخص شد که قارچ‌های پرورش‌یافته در بستر حاوی پودر ضایعات ماهی بیشترین میزان پروتئین (۲۸/۴۵ درصد) را داشته و علت آن نیتروژن و پروتئین زیاد موجود در ماهی بوده که در نتیجه باعث جذب بالای آن توسط قارچ شده است (Mollaie & Besharati, 2011). بااین‌حال با توجه به نتایج این آزمایش و نبود ارتباط بین میزان نیتروژن کل بستر (جدول ۱) با میزان نیتروژن و پروتئین قارچ به نظر می‌رسد نقش نیتروژن آلی بیش از نیتروژن کل بستر باشد. میزان پروتئین موجود در

www.SID.ir

Archive of SID

میسیلیوم قارچ خوراکی تکمه‌ای سفید در حدود ۴۴-۳۲ درصد برحسب وزن خشک، است و اگر نسبت C/N در حد مطلوب (۱۴) باشد، بیشترین افزایش در میزان پروتئین میسیلیوم قارچ مشاهده خواهد شد (Farsi & Pourianfar, 2011). درحالی‌که نتایج به‌دست‌آمده نشان‌دهندهٔ ارتباط نداشتن این موضوع است.

اثر متقابل نوع بستر و مدت کمپوست‌سازی بر فنل کل

نتایج به‌دست‌آمده از تجزیهٔ واریانس نشان داد، اثر متقابل نوع بستر و مدت کمپوست‌سازی بر میزان فنل کل در سطح ۵ درصد معنی‌دار است (جدول ۲). در روش کوتاه‌مدت بستر حاوی کلش برنج و تفالهٔ زیتون بالاترین میانگین (۰/۱۴۰ میلی‌گرم گالیک اسید بر گرم وزن تر قارچ) را ازنظر میزان فنل کل نشان داد که با بستر کلش گندم و کود مرغی (شاهد) اختلاف معنی‌داری نداشت، درحالی‌که کمترین فنل کل (۰/۱۰۶ میلی‌گرم گالیک اسید بر گرم وزن تر قارچ) را بسترهای کلش برنج و کود مرغی و کلش برنج و کود اسبی تولید کردند که در سطح ۱ درصد با بستر کلش گندم و کودمرغی اختلاف معنی‌دار داشتند (جدول ۵). در روش بلندمدت بستر حاوی کلش گندم و تفالهٔ زیتون بالاترین میانگین (۰/۱۴۳ میلی‌گرم گالیک اسید بر گرم وزن تر قارچ) را به خود اختصاص داد که با بستر کلش گندم و کود مرغی در سطح ۵ درصد اختلاف معنی‌دار بود، درحالی‌که کمترین میانگین (۰/۱۰۳ میلی‌گرم گالیک اسید بر گرم وزن تر قارچ) مربوط به بسترهای کلش برنج و کود مرغی و کلش برنج و کود اسبی بود که با بستر کلش گندم و کود مرغی اختلاف معنی‌دار نداشتند (جدول ۵). گزارش‌شده که افزودن ضایعات کارخانهٔ زیتون به بستر قارچ‌های صدفی بر عملکرد، ترشح آنزیم، رنگ و بافت این قارچ‌ها اثرگذار است. قسمت‌های آلی زیتون شامل قندها، تانن‌ها، پلی فنل‌ها، پلی الکل‌ها، پکتین و لیپید است که بعضی از این مواد مانند قندها و پلی الکل‌ها می‌توانند به‌عنوان منبع کربن و انرژی برای رشد قارچ‌ها به کار روند که از دلایل بهتر بودن این ضایعات است (Polonia, 2004). بنابراین انتظار می‌رود بسترهای حاوی تفالهٔ زیتون میزان فنل کل بیشتری را به خود اختصاص دهند. بنا بر نمودار ۱ در روش کوتاه‌مدت دمای بستر کلش برنج و تفالهٔ زیتون در وضعیت بهتری نسبت به کلش گندم و تفالهٔ زیتون بود در نتیجه باکتری‌های موجود در بستر و کپک‌های رقیب به دلیل دمای بالا شمارشان افزایش‌یافته و باعث فعالیت بیشتر ریزجانداران (میکروارگانیسم‌های) تخمیرکننده شده و فرآیند کمپوست شدن و به دنبال آن تجزیهٔ پلی‌فنل‌ها سرعت می‌یابد. بنابراین انتظار می‌رود این بستر فنل کل بیشتری را نشان دهد. در فاصلهٔ زمانی روش کوتاه‌مدت تا روش بلندمدت دمای بستر کلش گندم و تفالهٔ زیتون به دمای محیط نزدیک‌تر بود درحالی‌که، دمای بستر کلش برنج و تفالهٔ زیتون در این بازهٔ زمانی بالاتر از این بستر بود و ازآنجایی‌که فنل‌ها به دما حساس هستند، احتمال می‌رود که در این مدت فنل‌های استخراج‌شده از تفاله در بستر کلش برنج و تفالهٔ زیتون تجزیه شده‌اند اما در بستر کلش گندم و تفالهٔ زیتون فنل‌های موجود حفظ شده‌اند، در نتیجه در روش بلندمدت قارچ‌های این بستر فنل کل بیشتری را به خود اختصاص دادند. به‌طورکلی در مدت کمپوست‌سازی دمای بسترهای مربوط به کلش برنج بالاتر از کلش گندم بود پس، انتظار می‌رود تجزیهٔ فنل کل در آن‌ها بیشتر انجام شده باشد در نتیجه همان‌طور که در نتایج پیداست قارچ‌های به‌دست‌آمده فنل کل کمتری را نشان می‌دهند.

جدول۴. مقایسهٔ میانگین تأثیر مدت کمپوست‌سازی بر کارایی زیست‌توده و ظرفیت پاداکسندگی قارچ دکمه‌ای

Table 4. Mean comparison the effect of composting duration on biological efficiency and antioxidant capacity of *Agaricus bisporus*

Composting duration	Antioxidant capacity (%)	Biological efficiency (%)
Short duration (16 days)	50.31[b]	42.41[a]
Long duration (22 days)	55.13[a]	35.23[b]

* در هر ستون میانگین‌هایی که با حروف متفاوت نشان داده شده‌اند بر پایهٔ آزمون توکی در سطح ۵٪ اختلاف معنی‌دار دارند.

* Means that are shown in each column with different letters have significantly difference according to Tukey's test at 5% probability level.

www.SID.ir

Archive of SID

جدول ۵. مقایسهٔ میانگین اثر متقابل نوع بستر و مدت کمپوست‌سازی بر میزان عملکرد و فنل کل قارچ دکمه‌ای
Table 5. Mean comparison of the interaction substrate and composting duration on yield and total phenolics of *Agaricus bisporus*

Composting duration	Substrate	Total phenolics (mg GAE/gr FW)	Yield (%)
Short duration (16 days)	Wheat straw and chicken manure	0.133	21.72
	Wheat straw and olive bagasse	$0.130^{n.s}$	4.41^{**}
	Wheat straw and horse manure	$0.130^{n.s}$	$21.92^{n.s}$
	Rice straw and chicken manure	0.106^{**}	15.70^{*}
	Rice straw and olive bagass	$0.140^{n.s}$	11.54^{**}
	Rice straw and horse manure	0.106^{**}	4.03^{**}
Long duration (22 days)	Wheat straw and chicken manure	0.120	18.52
	Wheat straw and olive bagasse	0.143^{*}	0.37^{**}
	Wheat straw and horse manure	$0.133^{n.s}$	$17.32^{n.s}$
	Rice straw and chicken manure	$0.103^{n.s}$	$17.38^{n.s}$
	Rice straw and olive bagass	$0.103^{n.s}$	8.92^{**}
	Rice straw and horse manure	$0.11^{n.s}$	2.66^{**}

ns، * و ** به ترتیب غیر معنی‌دار و معنی‌دار در سطوح احتمال ۵ و ۱ درصد نسبت به شاهد هر سطح عامل اول.
ns, * and ** nonsignificant and significant at 5 and 1 probability levels, respectively, compared with the control of the first factor.

تأثیر نوع بستر و مدت کمپوست‌سازی بر ظرفیت پاداکسندگی

نتایج به‌دست‌آمده از تجزیهٔ واریانس نشان داد، تأثیر نوع بستر و مدت کمپوست‌سازی بر ظرفیت پاداکسندگی در سطح ۱درصد معنی‌دار بود (جدول۲). مقایسهٔ گروهی بین بسترها نشان داد که اثر نوع کلش بر ظرفیت پاداکسندگی در سطح ۱ درصد معنی‌دار بود (جدول ۲). بستر حاوی کلش گندم و تفالهٔ زیتون بیشترین میانگین (۵۴/۴ درصد) را ازنظر ظرفیت پاداکسندگی نشان داد و با بستر حاوی کلش گندم و کود مرغی، کلش گندم و کود اسبی و کلش برنج و تفالهٔ زیتون اختلاف معنی‌دار نبود، درحالی‌که کمترین میزان مربوط به بستر حاوی کلش برنج و کود مرغی (۴۹/۹۴ درصد) بود (جدول۳). این در حالی است که بیشترین ظرفیت پاداکسندگی (۵۵/۱۳ درصد) مربوط به قارچ‌های روش بلندمدت بود که با روش کوتاه‌مدت در سطح ۱ درصد اختلاف معنی‌دار داشت (جدول ۴). ترکیب‌های فنلی بخش جدانشدنی در برنامهٔ غذایی بشر بوده و به خاطر ویژگی‌های پاداکسندگی قوی و ضد سرطانی، بسیار موردتوجه قرارگرفته‌اند (Lambert *et al*., 2005). ازآنجایی‌که در حالت کلی ترکیب تیماری کلش گندم و تفالهٔ زیتون به روش بلندمدت ازنظر میزان فنل کل بهتر بود (جدول ۵)، انتظار بر این است این بستر و از سویی روش بلندمدت بالاترین ظرفیت پاداکسندگی را داشته باشد و چون کلش برنج و کود مرغی در هر دو روش میزان فنل کل کمتری (جدول ۵) را نشان داد، انتظار هست این بستر ظرفیت پاداکسندگی کمتری تولید کند که نتایج نیز گویای این موارد است.

نتیجه‌گیری

با توجه به نتایج به‌دست‌آمده از این پژوهش بستر کلش برنج و کود مرغی بیشترین بازدهٔ زیست‌توده را نشان داد، و در بسیاری از ویژگی‌های کیفی نیز وضعیت مناسبی داشت بنابراین ازنظر اقتصادی بهتر است از کلش برنج و کود مرغی به‌عنوان بستر قارچ دکمه‌ای در استان‌های شمالی به‌ویژه گیلان که این دو ماده به‌وفور در آن‌ها یافت می‌شود استفاده شود. همچنین پیشنهاد می‌شود برای ارتقاء کیفیت قارچ دکمه‌ای مخلوطی از مکمل‌های کود مرغی و تفالهٔ زیتون استفاده شده و تأثیر کاربرد همزمان آن‌ها نیز بررسی شود.

REFERENCES

1. Atikpo, M., Onokpise, O., Abazinge, M., Louime, C., Dzomeku, M., Boateng, L. & Awumbilla, B. (2008). Sustainable mushroom production in Africa. A Case Study in Ghana. *Africa Journal of Biotechnology*, 7, 249-253.
2. Azizi, A. (1997). *Using the waste for mushroom farming and animal feed*. Ministry of Agriculture, The Research, Education and Agricultural Extension. (in Farsi)
3. Baysal, E., Nuri Yigitbasi, O., Colak, M., Toker, H., Simsek, H. & Yilmaz, F. (2007). Cultivation of *Agaricus bisporus* on some compost formulas and locally available casing materials. Part I: Wheat straw based compost formulas and locally available casing materials. *African Journal of Biotechnology*, 6(19), 2225-2230.

www.SID.ir

Archive of SID

4. Bernas, E., Jaworska, G. & Lisiewska, Z. (2006). Edible mushrooms as a source of valuable nutritive constituents. *Acta Scientiarum Polonorum Technology Alimentry*, 5, 5-20.
5. Board, N. (2006). *Mushroom cultivation and processing* (with dehydration, preservation and canning). Asia Pacific Business Press Inc. P: 544.
6. Bonati, M., Karnopp, P., Soares, H. M. & Furlan, S. A. (2004). Evaluation of Pleurorus ostreatus and Pleurotus sajor-caju nutritional characteristics wheat cultivated in different Lignocelluloses waste. *Food Chemistry*, 88, 425-428.
7. D' Angelo, S., Amelia, C., Raimo, M., Salvatore, A., Zappia, V. & Galletti, P. (2007). Effect of Reddening–Ripening on the Antioxidant Activity of Polyphenol Extracts from Cv. 'Annurca' Apple Fruits. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 55(24), 9977-9985.
8. Ebadi, A., Alikhani, H. A., Yakhchali, M. B. & Aryanfar, H. (2013). Evaluation of different organic wastes for cultivation for bottom mushroom and their effect on yield and nutrient intake. *Journal of Soil Management & Sustainable Producation*, 5(1), 243-252.
9. Farsi, M. & Pourianfar, H. R. (2011). *Cultivation and Breeding of the White Button Mushroom*. Press Mashhad University. (in Farsi)
10. Guebel, D. V., Nudel, B. C., Giulietti, A. M. (1991). A simple and rapid micro-kjeldahl method for total nitrogen analysis. *Biotechnology Techniques*, 5(6), 427-430.
11. Jesus, J., Kohori, C., Andrade, M. & Miuhoni M. (2013). Yield of different white button strains in sugar cane by product-based composts. *African Journal of Agricultural Research*, 8(9), 824-831.
12. Kalberer, P. P. (1991). Water relations of the mushroom culture (*Agaricus bisporus*): Influence on the crop yield and on dry matter contentof the fruitbodies. *Mushroom Sciences*, 13, 269-274.
13. Kariaga, M. G. (2005). Important factors in composting for production of high yields in button mushrooms and *Agaricus bitorquis* (Quel) *Saccardo*. *African Crop Science Conference Proceedings*, 7, 1273-1277.
14. Kirbag, S. & Akyuz, M. (2009). Evaluation of agricultural wastes for the cultivation of *Pleurotus eryngii* (DC. ex Fr.) Quel. var. ferulae Lanzi. *African Journalof Biotechnology*, 7(20), 3660-3664.
15. Lambert, J. D., Hong, J., Yang, G. Y., Liao, J. & Yang, C. S. (2005). Inhibition of carcinogenesis by polyphenols: evidence from laboratory investigations. *The American Journal of Clinical Nutrition*, 81, 284-291.
16. Rasouli, F., Peyvast, Gh., Olfati, J. A. & Ehteshami, S. M. R. (2014). Using vermicompost in casing soil for button mushroom (*Agaricus bisporus*) cultivation. *Iranian Journal of Horticultural Science*, 45(4), 377-382.
17. Seaby, D. (1999). The influence on yield of mushrooms (*Agaricus bisporus*) of the casing layer pore space volume and ease of water uptake. *Compost Science & Utilization*, 4, 56-65.
18. Tajeddin, B. (1994). *The effect of substrates enrichment on mushroom P. Sajor-caju and determine some of the properties of its quality and quantity*. Master Thesis Tarbiat Modarres University in Tehran. (in Farsi)
19. Uddin, M. J., Haque, S., Haque, M. E., Bilkis, S. & Blswas, A. K. (2012). Effect of different substrate on growth and yield of button mushroom. *Journal of Environmental Science & Natural Resources*, 5(2), 177-180.
20. Kalmis, E. & Sargin, S. (2004). Cultivation of tow pleurotusspecies on wheat straw substrates containing olive mill waste water. *International Biodeterioration & Biodegradation*, 53, 43-47.
21. Manzi, P., Gambelli, L., Marconi, S. & Pizzoferrato, L. (1999). Nutrients in edible mushroom: An interspecies comparative study. *Food Chemistry*, 65, 477-482.
22. Mollaie, F. & Besharati, H. (2011). Effect of plant growth promoting bacteria (PGPR) on the qualitative and quantitative properties of button mushroom (Agaricus bisporus) in various substrates of industrial and agricultural waste. *Journal of Soil (Soil Science and Water)*, 25(4), 384-373. (in Farsi)
23. Niknahad, A. (1997). *The effect of different formulations using of agricultural waste and industry alterant*. Master Thesis Tehran University. (in Farsi)
24. Polonia, I. (2004). Olive mill wastes as substrate to produce Pleurotus mushrooms. *International Biodeterioration & Biodegradation*, 57, 37-44.
25. Vieyra, F. E., Palazzi, V. I., Pinto, M. S. & Borsarelli, C. D. (2009). Combined UV–Vis absorbance and fluorescence properties of extracted humic substances-like for characterization of composting evolution of domestic solid wastes. *Geoderma*, 151, 61-67.
26. Wang, D., Sakoda, A. & Suzuki, M. (2000). Biological efficiency and nutritional value of Pleurotus ostreatus cultivated on spent Beer grain. *Bioresouree Technology*, 78, 293-300.

www.SID.ir