



ع. س. م.

علوم محیطی سال چهارم، شماره دوم، زمستان ۱۳۸۵
ENVIRONMENTAL SCIENCES Vol.4, No.2, Winter 2007

۱-۱۲

تأثیر نمک‌های مختلف بر گندزدایی و برخی خصوصیات شیمیایی شیرابه حاصل از تولید کمپوست

علیرضا آستارایی*، مهرانوش اسکندری

گروه خاک‌شناسی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه فردوسی مشهد

Effect of Different Amounts of Salts on Detoxification and Some Chemical Properties of Municipal Solid Waste Leachate

Alireza Astaraei**, Mehrnosh Eskandari
Department of Soil Sciences, Faculty of Agriculture,
Ferdowsi University of Mashhad

Abstract

One of the secondary problems in compost production in our country is the high humidity (over 70%) in waste which produces municipal solid waste leachate. If it is not collected and controlled, this will produce environmental problems such as soil and groundwater pollution. Water treatment with chemicals is used to decrease microbial contamination of water. Coagulants, such as ferric chloride and alum, are usually used in a common process in water treatments, namely coagulation. A laboratory experiment was performed to study the effect of three different coagulants - copper sulfate, ferric chloride and sodium benzoate - at the two levels of 40 and 80 mg/l and a control (pure leachate) on the microbial detoxification and chemical properties of municipal solid waste leachate in a completely randomized design experiment (factorial), with three replications. The results showed that electrical conductivity and total soluble organic carbon decreased in all treatments compared to the control (pure leachate), while changes in the pH of treatments was not significant. Data revealed that in different amounts of salts, 40 mg/l salt decreased the total number of microorganisms more efficiently than 80 mg/l while 40 mg/l ferric chloride, and both 40 and 80 mg/l sodium benzoate were more efficient in reducing the total number of microorganisms. Copper sulfate at 40 mg/l had a greater effect in reducing the number of fecal and non fecal coli forms, while sodium benzoate at 40 mg/l had maximum reduction in number of fungi.

Keywords: copper sulfate, ferric chloride, sodium benzoate, detoxification, salinity, PH, organic carbon, municipal solid waste leachate.

چکیده

یکی از مشکلات جانبی تولید کود کمپوست در کشور وجود مقادیر زیاد رطوبت (بیش از ۷۰ درصد) در زباله است که منجر به تولید شیرابه کمپوست می‌شود که اگر به نحو مطلوب جمع‌آوری و کنترل نشود، مشکلات زیست محیطی مانند آلودگی خاک و آب‌های زیرزمینی را به وجود خواهد آورد. به طور کلی تصفیه به منظور پاک‌سازی از آلودگی‌های باکتریایی یا شیمیایی انجام می‌شود. از فرایندهای متداول در تصفیه خانه‌های آب عمل انعقاد است که به عنوان پیش‌فرایندی فیلتراسیون را کامل خواهد کرد. برای این منظور از مواد منعقدکننده‌ای چون کلرید آهن، آلوم و غیره استفاده می‌شود. به منظور بررسی اثر سه منعقدکننده مختلف سولفات مس، کلرید آهن و بنزوات سدیم بر گندزدایی و برخی خصوصیات شیمیایی شیرابه، آزمایشی با ۴ تیمار اصلی: ۱- شاهد (شیرابه خالص)، ۲- شیرابه + سولفات مس (LCS)، ۳- شیرابه + کلرید آهن (LcF)، ۴- شیرابه + بنزوات سدیم (Lsb) هر کدام در دو سطح ۴۰ و ۸۰ میلی‌گرم بر لیتر به عنوان تیمارهای فرعی در قالب طرح کاملاً تصادفی به صورت فاکتوریل با سه تکرار در شرایط آزمایشگاه انجام گرفت. نتایج آزمایش نشان داد استفاده از هر سه ترکیب شیمیایی هدایت الکتریکی و مقدار کربن آلی محلول تیمارهای آزمایشی نسبت به تیمار شاهد (شیرابه خالص) کاهش داشت. در حالی که مقدار PH در تیمارهای آزمایشی تفاوت معنی‌داری نداشت. مقایسه دو سطح نمک مصرفی با یکدیگر نشان داد که مقدار ۴۰ میلی‌گرم بر لیتر نمک نسبت به ۸۰ میلی‌گرم بر لیتر در کاهش تعداد میکروارگانیسم‌ها کارایی بهتری داشت. تیمارهای آزمایشی کلرید آهن ۴۰ میلی‌گرم بر لیتر و بنزوات سدیم ۴۰ و ۸۰ میلی‌گرم بر لیتر بیشترین تأثیر را بر کاهش تعداد کل میکروارگانیسم‌ها و تعداد باکتری‌ها نشان دادند. تیمار سولفات مس ۴۰ میلی‌گرم بر لیتر کارایی زیادی در کاهش تعداد کلی فرم‌های مدفوعی و غیر مدفوعی داشت. در حالی که تیمار بنزوات سدیم ۴۰ میلی‌گرم بر لیتر حداکثر کاهش را در تعداد قارچ‌ها نشان داد.

کلیدواژه‌ها: سولفات مس، کلرید آهن، بنزوات سدیم، گندزدایی، شوری، PH، کربن آلی و شیرابه کمپوست.

* Corresponding author. E-mail Address: Astaraei@Ferdowsi.un.ac.ir

مقدمه

مدیریت خاصی است که در آن توجه به استانداردهای زیست محیطی و بهداشتی ملحوظ شده باشد. شاه منصوری و نشاط (۱۳۸۲) نتیجه‌گیری کردند که کلرید آهن و پلی آلومینیوم کلرید در حذف کدورت، کلی فرم‌های کل و TOC کارایی بهتری نسبت به آلوم داشته و کلرید آهن در حذف TOC بهتر از پلی آلومینیوم کلرید در نمونه‌های آب خام عمل نمود. Steven و همکاران (2003) نشان دادند مواد آلی که در آب غیر قابل حل ولی دارای کمپلکس‌های شناخته شده با آهن و آلومینیوم‌اند قادر به انعقاد با مواد شیمیایی (آلوم و کلرید آهن) هستند و در این بین اسیدهای آمینه، پروتئین‌ها و اسیدهای چرب بلند زنجیره بسیار سریع منعقد می‌شوند ولی گلوکز و اسید بوتیریک منعقد نشده و سلولز در بین این دو حالت قرار دارد. Marthakutty و همکاران (2004) در مطالعه فعالیت ضد میکروبی کمپلکس‌های مس با لیگاندهای CL^- ، Br^- ، NO_3^- ، NCS^- ، N_3^- ، SO_4^{2-} دریافتند که تشکیل این کمپلکس‌ها باعث کاهش جمعیت جنس‌های باسیلوس^۱، ویبریو کلرا^۲، استافیلوکوکوس^۳ و سالمونلا^۴ شد. تحقیقات Ogiehor و همکاران (2005) در بررسی اثرات ضد میکروبی غلظت‌های مختلف بنزوات سدیم بر رشد و بقا قارچ‌های آسپرژیلوس نیگر^۵، آسپرژیلوس فلاووس^۶ و آسپرژیلوس فومیگاتوس^۷ و نیز پتانسیل تولید آفلاتوکسین^۹ نشان داد که با افزایش غلظت بنزوات سدیم از ۰/۲ به ۰/۶ درصد، تعداد قارچ‌های زنده هر سه جنس نسبت به شاهد کاهش یافت. Lopez-Malo و همکاران (2005) نتیجه‌گیری کردند که جوانه زنی اسپور و رشد شعاعی قارچ آسپرژیلوس فلاووس در محیط کشت P.D.A با حضور مواد ضد میکروبی همچون بنزوات سدیم کاهش معنی‌داری داشت به طوری که افزایش غلظت این مواد باعث تأخیر در زمان جوانه زنی قارچ و کاهش بیشتر در رشد آن گردید. به این جهت استفاده از منعقدکننده‌های شیمیایی برای کاهش آلودگی‌های بیولوژیکی و شیمیایی شیرابه حاصل از

تولید زباله شهری به علت افزایش روزافزون جمعیت و گسترش شهرها افزایش یافته است. یکی از مناسب‌ترین روش‌های مدیریت دفن زباله، بازیافت و تبدیل آن به کودآلی کمپوست است. اما یکی از مشکلات جانبی تولید کود کمپوست در کشور وجود مقادیر زیاد رطوبت (بیش از ۷۰ درصد) در زباله است که منجر به تولید شیرابه کمپوست می‌شود که اگر به نحو مطلوب جمع آوری و کنترل نشود، مشکلات زیست محیطی مانند آلودگی خاک و آب‌های زیرزمینی را به وجود خواهد آورد. به‌طور کلی عمل تصفیه به منظور پاک‌سازی آب و پساب‌ها از آلودگی‌های باکتریایی یا شیمیایی انجام می‌شود. فرایندهای متداول در تصفیه آب و پساب عبارتند از: انعقاد، لخته‌سازی، ته‌نشینی، صاف‌سازی و گندزدایی. در واقع ته‌نشین ساختن مواد معلق کلوییدی به طریقه انعقاد تنها روش مشترک تصفیه آب و فاضلاب است. مواد منعقدکننده شامل موادی است که برای ناپایداری ذرات و چسباندن آنها به یکدیگر مورد استفاده قرار می‌گیرد. معمولاً نمک‌های فلزی مثل سولفات آلومینیوم یا آلوم، سولفات فریک، سولفات فرو، کلرید فریک، پلی مرهای آلی آنیونی، کاتیونی و غیریونی از جمله مواد منعقدکننده می‌باشند (Kent, 1992). قدبنان و امیری (۱۳۸۱) نتیجه‌گیری کردند که کلرید آهن در مقایسه با آلوم در حذف رنگ، کدورت و COD موثرتر بود. تحقیقات انجام شده اخیر در خصوص مواد منعقدکننده از قبیل آلوم و کلرید آهن بیشتر برای حذف عوامل مولد کدورت در آب با منشأ شیمیایی، یا بیولوژیکی و یا فیزیکی در کشورهای امریکا، کانادا، چین، ایتالیا و فرانسه استفاده می‌شوند (Montgomery, 1995). پساب فاضلاب شهری و کمپوست زباله‌های شهری از جمله منابع غیر متعارف آب و کود می‌باشند که حجم قابل توجهی را در مناطق پر جمعیت شهری شامل می‌شوند. بهره‌برداری از این منابع، نیازمند

میکروارگانسیم ها ، باکتری ها ، کلی فرم های مدفوعی و غیر مدفوعی و قارچ ها در قالب طرح کاملاً تصادفی به صورت فاکتوریل با سه تکرار در شرایط آزمایشگاه انجام شد .

ابتدا ظروف پلاستیکی دربدار ۴ لیتری تهیه و به هر کدام ۳ لیتر شیرابه خالص اضافه شد . بر اساس دو سطح فرعی نمک برای هر تیمار اصلی ، مقادیر نمک مورد نیاز برای ۳ لیتر شیرابه خالص محاسبه و سپس به ظروف حاوی شیرابه خالص اضافه شدند . ظروف حاوی شیرابه به همراه نمک به مدت ۱ ساعت با سرعت ۶۰ دور در دقیقه در مخلوط کن مکانیکی مخلوط گردید و سپس ظرف ها در مکانی جهت رسوب و ته نشینی مواد معلق به مدت ۴۸ ساعت قرار داده شدند . جهت کشت میکروبی و تعیین هدایت الکتریکی ، PH و کربن آلی محلول از بالای هر ظرف نمونه برداری شد . هدایت الکتریکی و PH نمونه ها به ترتیب توسط دستگاه هدایت سنج و PH متر و مقدار کربن آلی محلول با روش تیتراسیون توسط فرو سولفات آمونیوم (Walkley and Black, 1934) اندازه گیری شد.

تولید کمپوست از زباله های شهری ضرورتی بر انجام چنین مطالعه ای می باشد . هدف از این مطالعه « مقایسه سه نمک سولفات مس ، کلرید آهن و بنزوات سدیم بر گندزدایی و برخی خصوصیات شیمیایی شیرابه حاصل از تولید کمپوست زباله های شهری » می باشد.

مواد و روش ها

به منظور بررسی تأثیر نمک های سولفات مس ، کلرید آهن ، بنزوات سدیم بر گند زدایی میکروبی شیرابه حاصل از تولید کمپوست از زباله های شهر مشهد ، ۴ تیمار آزمایشی اصلی : ۱- شاهد (شیرابه خالص ، L) ، ۲- شیرابه + سولفات مس (Lcs) ، ۳- شیرابه + کلرید آهن (Lfc) ، ۴- شیرابه + بنزوات سدیم (Lsb) هر کدام با دو سطح ۴۰ و ۸۰ میلی گرم بر لیتر به عنوان تیمارهای فرعی منظور شد (Mills et al., 2004; Kent, 1992 ; Ogiehor et al., 1998) و مقایسه تیمارهای آزمایش با تیمار شاهد (شیرابه خالص - جدول ۱) در قالب طرح کاملاً تصادفی و مقایسه تأثیر مقدار و نوع نمک بر تعداد

جدول ۱- خصوصیات شیمیایی شیرابه حاصل از کمپوست زباله شهری

مقدار	واحد	متغیر
۵/۹۷	-	pH
۲۹/۴۳	(dS m ⁻¹)	EC
۱۲۹۴۸	(mg kg ⁻¹)	TOC
۲/۵	(%)	ماده خشک
۰/۱۷۵	(%)	ازت کل
۱۲/۹۴	(%)	فسفر قابل دسترس
۰/۲۷	(%)	پتاسیم
۰/۴۵	(%)	کلر
۰/۳۳	(%)	سولفات
۱۵۵/۴۸	(mg kg ⁻¹)	آهن
۱۵/۱	(mg kg ⁻¹)	منگنز
۳۰/۴۳	(mg kg ⁻¹)	روی
۱/۸۹	(mg kg ⁻¹)	مس

نتایج

نتایج حاصل از تأثیر مقدار و نوع نمک‌های شیمیایی (سولفات مس، کلرید آهن و بنزوات سدیم) بر PH شیرابه نشان داد که تیمارهای سولفات مس ۴۰، ۸۰ میلی‌گرم بر لیتر و بنزوات سدیم ۸۰ میلی‌گرم بر لیتر نسبت به سایر تیمارهای آزمایشی تفاوت معنی‌داری داشتند. اسیدیته این تیمارها به ترتیب با ۱۱/۹، ۱۲/۲ و ۱۱/۴ درصد کاهش نسبت به شاهد (شیرابه خالص) در سطح ۵ درصد دارای اختلاف معنی‌داری بودند (جدول ۲).

هدایت الکتریکی تیمارهای کلرید آهن ۴۰ و ۸۰ میلی‌گرم بر لیتر به ترتیب ۶۰/۳ و ۵۹/۵ درصد نسبت به شاهد که دارای هدایت الکتریکی بالایی است، کاهش داشت. این دو تیمار نسبت به سایر تیمارهای آزمایشی کاهش معنی‌داری نشان دادند (جدول ۲). هدایت الکتریکی تیمارهای سولفات مس ۴۰ و ۸۰ میلی‌گرم بر لیتر و بنزوات سدیم ۸۰ میلی‌گرم بر لیتر نیز نسبت به شاهد کاهش داشتند. از آنجایی که هدایت الکتریکی محیط ریشه نقش بسزایی در گیاهان کشت شده در خاک دارد لذا عامل کاهش دهنده هدایت الکتریکی در این خصوص بسیار اهمیت دارد.

جهت کشت میکروبی نمونه‌ها، ابتدا ۳ محیط کشت

(Eosine Demethylene) (P.C.A.)، (Blue Agar) (E.M.B.)، (Domme Terre Agar) (P.D.A.)، به ترتیب جهت تعیین تعداد باکتری‌ها (Frazier, 1967)، کلی فرم‌های مدفوعی و غیر مدفوعی (Mannion and Haskins, 1982) و قارچ‌ها (Frazier, 1967) تهیه شدند. کشت به دو روش سطحی (Surface) Inoculant و زیر سطحی (Pour Plate) از نمونه‌ها انجام شد (Mannion and Haskins, 1982). پتری دیش‌های کشت شده برای رشد میکروارگانیسم‌ها و سپس تشخیص و شمارش آن‌ها به مدت ۴۸ ساعت در انکوباتور (دمای ۲۵ °C) قرار گرفتند. شمارش کلنی میکروارگانیسم‌ها برای تعیین تعداد کل میکروارگانیسم‌ها به تفکیک باکتری‌ها، کلی فرم‌ها و قارچ‌ها، توسط دستگاه کلنی شمار انجام شد. تعداد کل میکروارگانیسم‌ها، پس از تعیین، شناسایی (Tershak, 1992) و جمع آوری داده‌های مربوط به تعداد باکتری‌ها، کلی فرم‌های مدفوعی و غیر مدفوعی و قارچ‌ها محاسبه گردید (Mannion and Haskins, 1982). آنالیز آماری داده‌های آزمایشی توسط نرم افزار MSTAT-C انجام و میانگین داده‌ها با استفاده از آزمون چند دامنه‌ای دانکن در سطح ۵ درصد مقایسه شدند.

جدول ۲- تأثیر تیمارهای آزمایشی بر PH، هدایت الکتریکی و کربن آلی محلول

کربن آلی محلول (gr/100 ^{cc})	EC (dSm ⁻¹)	pH	تیمارهای آزمایش
ab _{1/60}	b _{25/9}	b _{5/56}	LCS ₄₀
bc _{1/47}	b _{25/87}	b _{5/54}	LCS ₈₀
d _{1/29}	c _{11/08}	a _{6/26}	Lfc ₄₀
c _{1/44}	c _{11/3}	a _{6/35}	Lfc ₈₀
cd _{1/35}	ab _{26/7}	a _{6/24}	Lsb ₄₀
ab _{1/59}	b _{25/9}	b _{5/59}	Lsb ₈₀
a _{1/65}	a _{27/9}	a _{6/31}	L

تعداد کل میکروارگانیزم تحت تأثیر مقادیر نمک ۴۰ و ۸۰ میلی گرم بر لیتر در جدول ۴ نشان داد که تعداد کل جمعیت میکروارگانیزمها، تعداد باکتریها و تعداد قارچها در تیمار ۴۰ میلی گرم بر لیتر نمک نسبت به شیرابه خالص به ترتیب ۹۲/۸، ۹۱/۲ و ۷۵/۰۶ کاهش داشتند. مقایسه دو مقدار نمک با یکدیگر بیانگر کارایی بهتر مقدار ۴۰ میلی گرم بر لیتر تعداد کل میکروارگانیزمها، تعداد باکتریها و تعداد قارچها در مقایسه با مقدار ۸۰ میلی گرم بر لیتر به ترتیب معادل ۴۰، ۴۰/۴ و ۴۱/۶ درصد به طور معنی داری کاهش داده است. مقدار نمک مصرفی ۸۰ میلی گرم بر لیتر در مقایسه با شیرابه خالص بیشترین کاهش را در تعداد کلی فرمها (مدفوعی و غیر مدفوعی) با ۹۹/۹۳ درصد داشت.

بررسی اثر متقابل نوع و مقدار نمکها در تیمارهای آزمایش بر تعداد کل میکروارگانیزمها (شکل ۱) نشان داد حداکثر کاهش تعداد کل میکروارگانیزمها در تیمار کلرید آهن ۴۰ میلی گرم بر لیتر و سپس در تیمارهای بنزوات سدیم ۴۰ و ۸۰ میلی گرم بر لیتر مشاهده شد که نسبت به سایر تیمارها کاهش معنی داری نشان دادند. تیمار کلرید آهن ۴۰ میلی گرم بر لیتر و بعد از آن دو تیمار بنزوات سدیم ۴۰ و ۸۰ میلی گرم بر لیتر رتبه‌های بعدی را در بیشترین کاهش تعداد باکتریهای شیرابه نشان دادند که نسبت به سایر تیمارها اختلافشان معنی دار بود (شکل ۲).

تیمار بنزوات سدیم ۸۰ میلی گرم بر لیتر و پس از آن تیمارهای سولفات مس ۴۰ میلی گرم بر لیتر و کلرید آهن ۸۰ میلی گرم بر لیتر نسبت به سایر تیمارها آزمایشی بیشترین کاهش معنی دار را در تعداد کلی فرمهای شیرابه نشان دادند (شکل ۳). مقایسه تعداد قارچها در شکل ۴ بیانگر آن است که تمامی تیمارها با یکدیگر دارای اختلاف معنی دار بودند حداکثر کاهش تعداد قارچی در تیمار بنزوات سدیم ۴۰ میلی گرم بر لیتر و پس از آن در تیمار سولفات مس ۴۰ میلی گرم بر لیتر و تیمار بنزوات سدیم ۴۰ میلی گرم بر لیتر در مقام سوم کاهش بود.

اعداد موجود در ستون‌ها در صورت داشتن حروف غیر متشابه در سطح ۵ درصد معنی دار می‌باشند. (LCS = شیرابه + سولفات مس، Lfc = شیرابه + کلرید آهن، Lsb = شیرابه + بنزوات سدیم، L = شاهد (شیرابه خالص)) مقایسه تیمارهای آزمایش نشان داد که نمک‌های شیمیایی سولفات مس، کلرید آهن و بنزوات سدیم باعث کاهش مقدار کربن آلی تیمارهای آزمایشی نسبت به شاهد گردید، به طوری که حداکثر کاهش در تیمار کلرید آهن ۴۰ و سپس در تیمار بنزوات سدیم ۴۰ میلی گرم بر لیتر مشاهده شد که نسبت به شیرابه خالص (شاهد) به ترتیب ۲۲ درصد و ۱۸ درصد کاهش داشتند. تیمارهای سولفات مس ۴۰ و بنزوات سدیم ۸۰ میلی گرم بر لیتر نسبت به شاهد فاقد اختلاف معنی داری بودند (جدول ۲).

مقایسه تأثیر تیمارهای نوع نمک بر تعداد کل میکروارگانیزمها، باکتریها، کلی فرمها و قارچها در جدول ۳ نشان داد که به طور کلی کلیه نمک‌های شیمیایی باعث کاهش تعداد کل میکروارگانیزمها، باکتریها، کلی فرمها و قارچها نسبت به شیرابه خالص گردید. تعداد کل میکروارگانیزمهای دو تیمار کلرید آهن و بنزوات سدیم نسبت به تیمار سولفات مس به ترتیب معادل ۴۰ و ۴۳/۸ درصد کاهش معنی داری داشتند. در حالی که تعداد باکتریهای هر دو تیمار فوق نسبت به تیمار سولفات مس به ترتیب ۴۳/۵ و ۴۱/۸ درصد کاهش نشان دادند (جدول ۳).

تعداد کلی فرمها (مدفوعی و غیر مدفوعی) در دو تیمار سولفات مس و بنزوات سدیم نسبت به تیمار کلرید آهن به ترتیب معادل ۴۴ و ۴۱/۸ درصد کاهش معنی داری داشتند (جدول ۳).

تعداد قارچهای تیمارهای بنزوات سدیم و سولفات مس نسبت به تیمار کلرید آهن معادل ۷۲ و ۲۰ درصد کاهش معنی داری داشتند (جدول ۳).

جدول ۳- تأثیر نوع نمک شیمیایی بر تعداد کل میکروارگانیسم‌ها ، باکتری‌ها ، کلی فرم و قارچ‌ها

تعداد قارچ‌ها	تعداد کلی فرم (مدفوعی و غیر مدفوعی)	تعداد باکتری‌ها	تعداد کل میکروارگانیسم‌ها	تیمارهای آزمایشی
(1×10^3)/ml	(1×10^7)/ml	(1×10^5)/ml	(1×10^5)/ml	
۱۱/۴۳c	۲/۴۲۵c	۱/۷۷۸b	۱/۸۹۵b	Lcs
۱۴/۳۲b	۴/۳۵۰b	۱/۰۰۵c	۱/۱۳۸c	Lfc
۳/۹۷۵d	۲/۵۷۵c	۱/۰۳۵c	۱/۰۶۵c	Lsb
۲۹/۳a	۳۰/۳۳a	۱۰/۸۷۸a	۱۴/۲۰۴a	L

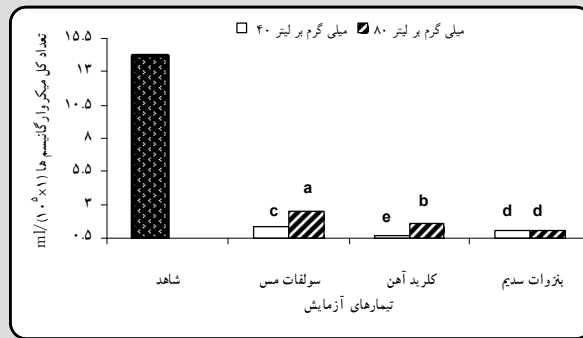
اعداد موجود در ستون‌ها در صورت داشتن حروف غیر متشابه در سطح ۵ درصد معنی دار می باشند.

(LCS = شیرابه + سولفات مس ، Lfc = شیرابه + کلرید آهن ، Lsb = شیرابه + بنزوات سدیم ، L = شاهد (شیرابه خالص))

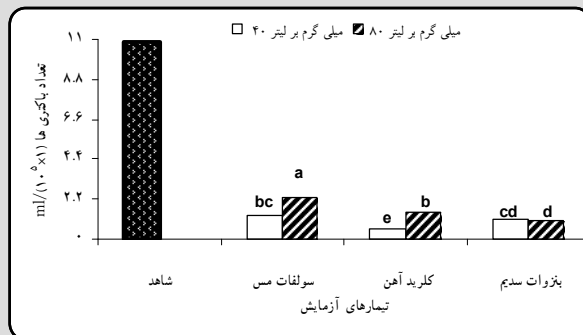
جدول ۴- تأثیر مقدار نمک‌های شیمیایی بر تعداد کل میکروارگانیسم‌ها ، تعداد باکتری‌ها ، تعداد کلی فرم‌ها و تعداد قارچ‌ها

تعداد قارچ‌ها	تعداد کلی فرم مدفوعی و غیر مدفوعی	تعداد باکتری‌ها	تعداد کل میکروارگانیسم‌ها	تیمارهای آزمایشی (mg/l)
(1×10^3)/ml	(1×10^7)/ml	(1×10^5)/ml	(1×10^5)/ml	
۷/۳۰۵b	۴/۳۸۳a	۰/۹۵۱b	۱/۰۲۱b	۴۰
۱۲/۵۱۱a	۱/۸۵b	۱/۵۹۵a	۱/۷۱۱a	۸۰

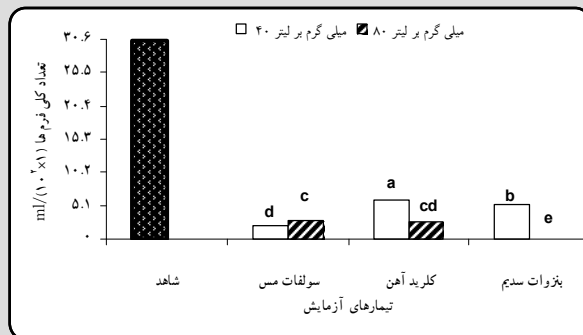
اعداد موجود در ستون‌ها در صورت داشتن حروف غیر متشابه در سطح ۵ درصد معنی دار می باشند.



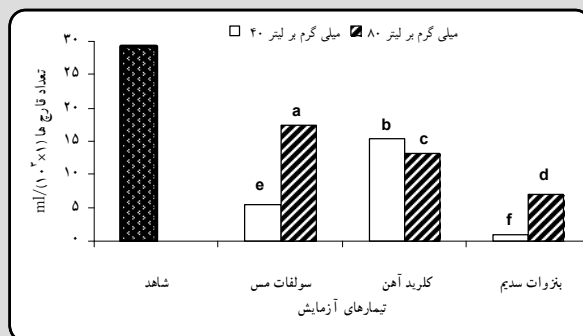
شکل ۱- تاثیر نوع و مقدار نمک‌های شیمیایی بر تعداد کل میکروارگانیزم‌های شیرابه



شکل ۲- تاثیر نوع و مقدار نمک‌های شیمیایی بر تعداد باکتری‌های شیرابه



شکل ۳- تاثیر نوع و مقدار نمک‌های شیمیایی بر تعداد کلی فرم‌های (مدفوعی و غیرمدفوعی) شیرابه



شکل ۴- تاثیر نوع و مقدار نمک‌های شیمیایی بر تعداد قارچ‌های شیرابه

نمک های شیمیایی نسبت به تیمار شاهد (شیرابه خالص) کاهش داشتند (جدول ۲). بیشترین کاهش معنی دار کربن آلی در تیمارهای کلرید آهن ۴۰ و بنزوات سدیم ۴۰ میلی گرم بر لیتر مشاهده شد که به ترتیب نسبت به شیرابه خالص (شاهد) ۲۳٪ و ۱۸٪ کاهش معنی داری نشان دادند که مشابه نتایج Steven و همکاران (۲۰۰۳) است.

در مجموع کاهش تعداد کل میکروارگانیسم ها در تیمارهای حاوی نمک، نسبت به تیمار شاهد (شیرابه خالص) بیانگر تسریع فرایند انعقاد و در نتیجه کاهش تعداد کل آنها (جدول ۳) می باشد (قدبنان و امیری ۱۳۸۱؛ و شاهمنصوری و نشاط ۱۳۸۲).

Marthakutty و همکاران (۲۰۰۴) و Ramadan (1997) اثرات ضد باکتریایی و ضد قارچی کمپلکس های مس با لیگاندهای Cl^- ، Br^- ، NO_3^- ، NCS^- ، ClO_4^- ، SO_4^{2-} را تأیید نموده و اظهار داشتند این اثرات در کمپلکس های مس با این یون ها به مراتب قوی تر از این لیگاندها به صورت آزاد می باشد.

نتایج آزمایش همچنین نشان داد به کارگیری نمک شیمیایی بنزوات سدیم در مقایسه با سایر نمک ها در کاهش تعداد کل میکروارگانیسم ها بهتر عمل نمود (جدول ۳). Ogiehor و همکاران (2004) اظهار داشتند که در تیمارهای حاوی بنزوات سدیم هیچگونه آفلاتوکسین^{۱۵} مشاهده نشد. Lopez – Malo و همکاران (2005) نیز نتایج مشابهی را با نمک بنزوات سدیم بر روی قارچ ها گزارش کردند. نتایج به دست آمده در این تحقیق کارایی بهتر و موثر حداقل مقدار نمک ۴۰ میلی گرم را بر کاهش جمعیت میکروبی نشان داد (جدول ۴). غلظت زیاد سولفات در شیرابه، بر فرایند انعقاد تأثیر داشته به طوری که در غلظت زیاد سولفات، PH مناسب برای انعقاد کاهش می یابد، که احتمالاً بیانگر عدم کارایی غلظت بالای مقادیر نمک مصرفی در این تحقیق و انجام حداکثر فرایند انعقاد در یک محدوده

مقایسه نتایج شناسایی میکروارگانیسم ها به تفکیک باکتری، قارچ و کلی فرم ها (مدفوعی و غیر مدفوعی) در تیمارها نسبت به تیمار شاهد نیز نشان داد که به کارگیری هر سه منعقد کننده در هر دو مقدار، تعداد باکتری های استافیلوکوک، استرپتوکوک^{۱۱}، باسیلوس و استرپتومایست^{۱۱} و مخمرها و قارچ های آسپرژیلوس نیگر، آسپرژیلوس فومیگاتوس، ژئوتریکوم^{۱۲}، پنی سیلیوم^{۱۳} و فوزاریوم^{۱۴} کاهش داشت. همچنین در تعداد کلی فرم های مدفوعی و غیر مدفوعی شمارش شده نیز نسبت به شاهد (شیرابه خالص) کاهش مشاهده گردید.

بحث و نتیجه گیری

استفاده از نمک های شیمیایی سولفات مس، کلرید آهن، بنزوات سدیم در مقادیر مختلف بر pH شیرابه زباله تنها در سه مورد سولفات مس ۴۰ و ۸۰ و بنزوات سدیم ۸۰ میلی گرم بر لیتر به طور معنی داری باعث کاهش pH شیرابه گردید که احتمالاً به دلیل خاصیت اسیدی بالاتر نمک سولفات در مقایسه با خاصیت خنثی نمک کلریدی می باشد.

هدایت الکتریکی شیرابه زباله تحت تاثیر نمک های شیمیایی (به جز بنزوات سدیم ۴۰ میلی گرم بر لیتر) نسبت به شیرابه خالص کاهش معنی داری داشت (جدول ۲). از آن جایی که مقدار کل نمک محلول (شوری) از طریق فرایند اسمز بر موجودات زنده (گیاهان و جانداران) و نیز بر حلالیت اکسیژن موثر است (کشاورز شکری و همکاران، ۱۳۷۷)، استفاده از این ترکیبات و نمک بدلیل فرایند انعقاد منجر به کاهش هدایت الکتریکی شیرابه زباله گردیده است. در مقایسه عملکرد منعقد کننده های آلوم و کلرید آهن با یکدیگر کلرید آهن بهترین کارایی را در عمل انعقاد داشت (قدبنان و امیری، ۱۳۸۱).

نتایج آزمایش در خصوص کربن آلی نشان داد که مقدار کربن آلی کلیه تیمارهای آزمایش تحت تأثیر

بیشترین تأثیر را بر سلامت انسان دارا است و همچنین در مطالعه Frank and Hasman (۲۰۰۴) تنها گونه مقاوم به نمک سولفات مس انتروکوکوس^{۱۹} تشخیص داده شد. نتایج آزمایش نشان داد نمک سولفات مس نسبت به سایر نمک‌های آزمایشی بر کل تعداد کلی فرم‌ها (مدفوعی و غیر مدفوعی) موثرتر بود. محققان بر استفاده از ترکیب یون‌های مس و نقره به همراه کلر در سیستم‌های خنک کننده به جای کلر زنی تنها تا ۹۹ درصد جمعیت میکروبی، کل تعداد کلی فرم‌ها و باکتری‌های کاهنده سولفات و خوردگی در سیستم‌ها را کاهش داد در حالی که کلر زنی به تنهایی جمعیت میکروبی را تا ۹۰ درصد کاهش داد (Martinez et al., 2004). همچنین Zacheus و همکاران (2003) نشان داده‌اند که بین دو عنصر مس و منگنز در رسوبات و تعداد باکتری‌های هتروتروف همبستگی منفی وجود دارد.

به طور کلی حداکثر کاهش در تعداد کل میکروارگانیزم‌ها و تعداد باکتری‌ها در تیمار شیرابه + بنزوات سدیم و شیرابه + کلرید آهن نسبت به شیرابه خالص مشاهده گردید. در حالی که در خصوص تعداد قارچ‌ها حداکثر کاهش در تیمار شیرابه + بنزوات سدیم در مقایسه با شیرابه خالص مشاهده گردید. تعداد کلی فرم‌های مدفوعی و غیر مدفوعی به ترتیب در تیمار شیرابه + سولفات مس و شیرابه + بنزوات سدیم نسبت به شیرابه خالص کاهش معنی‌داری داشت. از آنجایی که بیشترین اثرات سوء در خصوص سلامت انسان و دام در رابطه با کلی فرم‌ها خصوصاً کلی فرم‌های مدفوعی است و در رابطه با بیماری‌های گیاهی تعداد قارچ‌ها نقش به‌سزایی در این رابطه دارد بنابراین استفاده از نمک‌های بنزوات سدیم و سولفات مس توصیه می‌گردد. در خصوص غلظت نمک مورد استفاده مقدار ۴۰ میلی‌گرم حداکثر کاهش معنی‌دار را در تعداد کل میکروارگانیزم‌ها، تعداد باکتری‌ها و تعداد قارچ‌ها ایجاد نمود. در حالی که در خصوص تعداد کلی فرم‌های مدفوعی و غیر مدفوعی

معین است. ۱۲۵ میلی‌گرم در لیتر یون سولفات باعث تغییر PH از محدوده ۵/۵ - ۷/۸ به ۴/۸ - ۷/۲ شد.

در مجموع استفاده از نمک‌های شیمیایی بر گندزدایی میکروبی شیرابه نشان داد که نمک کلرید آهن در غلظت ۴۰ میلی‌گرم بر لیتر و نمک بنزوات سدیم در هر دو غلظت و خصوصاً غلظت ۴۰ میلی‌گرم بر لیتر بیشترین کارایی و تأثیر را بر کاهش تعداد کل میکروارگانیزم‌ها، تعداد باکتری‌ها و تعداد قارچ‌ها داشت (شکل‌های ۱، ۲ و ۴). Millis و همکاران (2004) در بررسی تأثیر نمک‌های شیمیایی مختلف بر رشد میسلیومی، تولید اسپور و جوانه زنی اسپور پاتوژن‌های مختلف سیب زمینی اظهار داشتند که نمک‌های سدیمی بیش از سایر نمک‌ها بر رشد میسلیومی و جوانه زنی اسپورها موثر است. همچنین به کارگیری نمک‌های آلومینیومی (کلرید آلومینیوم، استات آلومینیوم و آلوم) و قارچ‌کش‌های مانکوزه و سولفات مس کاهش محسوسی در جوانه زنی اسپور در همگی پاتوژن‌های بیماری‌زای سیب زمینی شامل آلترناریا^{۱۶}، بوتریس^{۱۷}، فوزاریوم نشان دادند.

نمک سولفات مس نیز در غلظت ۴۰ میلی‌گرم بر لیتر پس از کلرید آهن و بنزوات سدیم در کاهش تعداد کل میکروارگانیزم‌ها، تعداد باکتری‌ها و تعداد قارچ‌ها موثر واقع گردید. Frank and Hasman (2004) در حساسیت گونه‌های باکتریایی شامل سالمونلا، اشریشیا کلی^{۱۸} و ... به نمک‌های شیمیایی سولفات مس، کلرید روی و مواد ضد میکروبی دیگر نتیجه‌گیری کردند که گونه‌های مختلف باکتری به مواد شیمیایی مختلف واکنش‌های متفاوتی دارند. جنس استافیلوکوک به تمامی ترکیبات ضد میکروبی حساسیت زیادی نشان داد در حالی که سویه‌های سالمونلا، اشریشیا کلی و گونه‌های گرم مثبت حساسیت کمتری به سولفات مس و سایر مواد نشان دادند. مقاوم‌ترین جنس نسبت به مواد ضد میکروبی سالمونلا بود. در حالی که این گونه شاید

نجفی، پ.، ف. مرتضایی نژاد، و م. فقیهی (۱۳۸۴). بیوفیلتراسیون فاضلاب تصفیه شده شهری در خاک آغشته به کمپوست در آبیاری گیاه برگ بو. مجموعه مقالات نهمین کنگره علوم خاک ایران. ۲: ۹۸-۹۹.

Frank, M. A. and H. Hasman (2004). Susceptibility of different bacterial species isolated from food animals to copper sulphate, zinc chloride and antimicrobial substances used for disinfection. *Veterinary Microbiology*. 100:83 – 89.

Frazier, W. C. (1967). *Food Microbiology*. McGraw-Hill, Inc. Second edition. Printed in the United States of America.

Kent, D. K. (1992). *Water Treatment Plant Operation*. Vol.1. Chapter 4. Coagulation and Flocculation. California State University. Sacramento. School of Engineering.

Lopez-Malo, A., S. M. Alzamora and E. Palou (2005). *Aspergillus flavus* growth in the presence of chemical preservatives and naturally occurring antimicrobial compounds. *International Journal of Food Microbiology*. 99:119 – 128.

Mannion, J. B. and B. D. Haskins (1982). *Introduction to Water Quality Analyses*. American Water Works Association. 4:273-282.

Marthakutty, J., V. Suni, R. Maliyeckal, P. Kurup, M. Nethaji, A. Kishore and S.G. Bhat (2004). Structural, spectral and antimicrobial studies of copper (II) complexes of 2-benzoylpyridine N(4)-cyclohexyle thiosemicarbazone. *Polyhedron*. 23:3069 - 3080.

Martinez, S.S., A. A. Gallegos and E. Martinez (2004). Electrolytically generated silver and copper ions to treat cooling water: an environmentally friendly novel alternative. *International Journal of Hydrogen Energy*. 29:921-932.

مقدار ۸۰ میلی گرم حداکثر کاهش معنی دار را ایجاد نموده است.

Notes

- 1- Staphylococcus
- 2- Bacillus
- 3- Vibrio cholera
- 4- Staphylococcus
- 5- Salmonella
- 6- Aspergillus niger
- 7- Aspergillus flavus
- 8- Aspergillus fumigatus
- 9- Aflatoxin
- 10- Streptococcus
- 11- Streptomyces
- 12- Geotrichum
- 13- Penicillium
- 14- Fusarium
- 15- Aflatoxin
- 16- Alternaria
- 17- Butyric
- 18- E-coli
- 19- Antherococcus

منابع

شاه منصور، م. ر. و ع. ا. نشاط (۱۳۸۲). مقایسه پلی آلومینیوم کلراید، سولفات آلومینیوم و کلراید فریک در حذف کلی فرم و TOC. مجله آب و فاضلاب. شماره ۴۸: ۴۴-۳۹.

قدبنان، ش. و م. امیری (۱۳۸۱). مقایسه عملکرد منعقد کننده های آلوم و کلرور فریک در کاهش آلاینده های پساب کاغذ سازی سولفیت. مجله آب و فاضلاب. شماره ۴۴: ۶۰-۵۵.

کشاورز شکری، ع.، م. شیدانی و ش. محمدرضایی عمران (۱۳۷۷). آلودگی آب. «مطالعه آزمایشگاهی عوامل شیمیایی، فیزیکی و زیستی». تهران: چاپ سیاوش.

- Millis, A. A. S., H. W. Platt and R. A. R. Hurta (2004). Effect of salt compounds on mycelia growth, sporulation and spore germination of various potato pathogens. *Poasharvest Biology and Technology*. 34:341-350.
- Montgomery, J. M. (1995). *Water Treatment Principles and Design*. John Wiley and Sons Inc. USA.
- Ogiehor, I. S. and M. J. Ikenebomeh (2004). Antimicrobial effects of sodium benzoate on the growth, survival and aflatoxin production of some species of *Aspergillus* in garri during storage. *Pakistan Journal of Nutrition* 3:300-303.
- Ramadan, A. M. (1997). Structural and biological aspects of copper (II) complexes with 2-methyl-3-amino- (3H)-quinazolin- 4- one. *Journal of Inorganic Biochemistry* 65:183-189.
- Steven, K., D. M. Gossett and J. M. Gossett (2003). Effect of chemical coagulation on anaerobic digestibility of organic materials. *Water Research*. 16:707-718.
- Tershak, M. J. (1992). Microbiology 202. Supplementary Information. Coordinator, Microbiology 202.119S Frear 863-2638.
- Zacheus, O. M., M. J. Lehtola, L. K. Korhonen and P. J. Martikainen (2001). *Soft deposits, the key site for microbial growth in drinking water distribution networks*. *Water Research*. 35:1757 – 1765.



