«مقاله پژوهشی» DOI: 10.30495/JFH.2023.1990530.1409

مطالعه میزان آلودگی قارچ دکمه‌ای (*Agaricus bisporus*) با فلزات سنگین و برخی پاتوژن‌ها در شهر اصفهان

بررسی شیوع پاتوژن‌ها و فلزات سنگین در قارچ

مریم سادات امامی[۱]، امیر شاکریان[۲*]، ابراهیم رحیمی[۲]

۱- دانش‌آموخته دکترای تخصصی بهداشت مواد غذایی، دانشکده دامپزشکی،واحد شهرکرد، دانشگاه آزاد اسلامی، شهرکرد، ایران

۲- گروه بهداشت مواد غذایی، دانشکده دامپزشکی، واحد شهرکرد، دانشگاه آزاد اسلامی، شهرکرد، ایران

*نویسنده مسئول مکاتبات (Amshakerian@yahoo.com)

(دریافت مقاله: ۱۴۰۲/۴/۱۲ پذیرش نهایی: ۱۴۰۲/۷/۱۰)

چکیده

یکی از محصولاتی که در شرایط فعلی قادر به تامین پروتئین، ویتامین و اسیدهای آمینه ضروری برای انسان می‌باشد، قارچ خوراکی دکمه‌ای (*Agaricus bisporus*) است. با وجود تمامی خواص، این ماده غذایی به دلیل ارتباط مستقیم با خاک می‌تواند عامل بسیاری از آلودگی‌های باکتریایی و فلزات سنگین باشد. لذا هدف از این مطالعه بررسی میزان فلزات سنگین (سرب، کادمیوم و آرسنیک) و کیفیت میکروبی قارچ‌های دکمه‌ای عرضه شده در شهرستان اصفهان به *کمپیلوباکتر*، *اشریشیا کلی*، *سالمونلا* و *استافیلوکوکوس اورئوس* بود. در این مطالعه تعداد ۱۰۰ نمونه قارچ خوراکی دکمه‌ای به صورت تصادفی از مراکز عرضه این محصول در شهرستان اصفهان در پائیز ۱۴۰۱ نمونه‌برداری و آزمایشات میکروبی و شیمیایی روی نمونه‌ها انجام شد. طبق نتایج به دست آمده، از ۱۰۰ نمونه قارچ، ۲۴ نمونه (۲۴ درصد) به *کمپیلوباکتر*، ۱۷ نمونه (۱۷ درصد) به *اشریشیا کلی*، ۴۰ نمونه (۴۰ درصد) به *سالمونلا* و ۵۶ نمونه (۵۶ درصد) به *استافیلوکوکوس اورئوس* آلوده بودند. همچنین مطابق نتایج به دست آمده، میزان آلودگی به فلزات سنگین سرب (۰/۳۵±۲/۸۵)، کادمیوم (۰/۶۲±۳۰/۰۵) و آرسنیک (۰/۳۱±۸۱۲/۸) فراتر از حد مجاز استاندارد کدکس بود؛ درنتیجه شیوع بالای باکتری‌های بیماری‌زا در قارچ، لازم است در تهیه قارچ خوراکی دکمه‌ای نهایت دقت را داشت و از خام‌خواری قارچ امتناع شود.

واژه‌های کلیدی: قارچ خوراکی دکمه‌ای، آلودگی باکتریایی، فلزات سنگین

مقدمه

امروزه تأمین غذا و به‌ویژه پروتئین در کشورهای درحال‌توسعه به یکی از مسائل بنیادی تبدیل شده است. پروتئین مورد نیاز انسان از دو منبع اساسی شامل منابع حیوانی و گیاهی قابل تامین است. در بخش عمده‌ای از کشورهای دنیا، کمبود میزان بارش سالیانه، تخریب اراضی کشاورزی، جنگل‌ها و مراتع، آلودگی بیش از حد منابع آبی به فلزات سنگین، عدم استفاده صحیح و اصولی از نهاده‌های زراعی و مهم‌تر از همه سوءمدیریت، باعث مشکلات زیادی در تامین پروتئین شده است (Courtecuisse and Duhem, 1995). قارچ‌ها جزء پرتنوع‌ترین موجودات زنده سطح کره زمین هستند به‌طوری‌که بیش از ۵/۱ میلیون گونه قارچ در دنیا وجود دارد که تا کنون کمتر از ۱۰۰ هزار تا آن‌ها شناسایی شده است (Wasser, 2006, Negahban, 2020). قارچ‌ها دارای اشکال زیادی هستند (میله‌ای، ژله‌ای، گل مانند، گرد، چتری و....) که همین تنوع شکل باعث عدم توانایی در تقسیم‌بندی مورفولوژیکی (ریخت‌شناسی) آنها شده است. از مهم‌ترین قارچ‌های خوراکی می‌توان به قارچ دکمه‌ای و انواع صدفی آن اشاره کرد این قارچ‌ها را می‌توان در مکان‌های کوچک هم تولید کرد (Cheung, 2008, Lampman, 2004).

فلزات سنگین یکی از منابع اصلی آلودگی محیط زیست در نظر گرفته می‌شوند، زیرا یک اثر قابل توجهی بر کیفیت اکولوژیکی محیط زیست خود می‌گذارند. فعالیت‌های انسان منجر به افزایش میزان آلودگی‌های فلزات سنگین در محیط شده است. تعیین فلزات سنگین در خاک در کنترل آلودگی زیست محیطی بسیار مهم است (Cocchi *et al*., 2006).

امروزه بیماری‌های اسهالی و استفراغی ناشی از باکتری‌ها رشد بسیار بالایی داشته و در این خصوص کشورهای در حال توسعه پیش‌ران این امر هستند که سبب آن عدم رعایت بهداشت است. از ویژگی‌های مهم قارچ، رشد بر بستری آلوده است که خود می‌تواند دلیل عمده‌ای برای آلودگی میکروبی باشد. این آلودگی‌ها شامل *اشریشیا کلی*، *استافیلوکوکوس اورئوس* و *کمپیلوباکتر* می‌باشند که باکتری‌های نامبرده به وفور در خاک وجود دارند (Moore *et al*., 2005). *اشریشیا کلی* و *سالمونلا* از خانواده انتروباکتریاسه‌ها هستند که جزو باکتری‌های گرم‌منفی تقسیم‌بندی شده و توانایی تخمیر گلوکز در دمای ۳۷ درجه سلسیوس را دارند؛ از *سالمونلا* ۲۶۰۰ سروتیپ مختلف شناسایی شده است. *سالمونلا* سبب گاستروانتریت در دستگاه گوارش انسان و حیوانات می‌شود. این باکتری جزو میکروارگانیسم‌هایی است که برای رشد خود به آهن نیاز دارد. شاخص آلودگی به مدفوع بوده و حضور آن در هر ماده غذایی نشان دهنده عدم رعایت بهداشت است. سویه O157:H7 سبب دیالیز، کولیت خونریزی‌دهنده و مرگ برای انسان است. این میکروارگانیسم گرم منفی در تمام طبیعت به وفور یافت می‌شود. *سالمونلا* و *اشریشیا کلی* در دمای پاستوریزاسیون نابود می‌شوند؛ لذا فرآیند حرارتی در مواد غذایی کمک شایانی به از بین بردن این میکروارگانیسم‌ها می‌کند (Heidarzadi *et al*., 2021).

در مطالعه‌ای بر روی آلودگی قارچ‌های خوراکی به میکروارگانیسم‌های بیماری‌زا نشان دادند که بیشترین میزان آلودگی مربوط به *استافیلوکوکوس اورئوس*، *سالمونلا*، *اشریشیا کلی* و به میزان کمتر آلودگی مربوط

به *سودوموناس* و *یرسینیا* آلوده بوده است (Maria *et al.*, 2011).

استافیلوکوکوس اورئوس از باکتری‌های گرم مثبت بوده که برای رشد نیاز به کربوهیدرات و پروتئین داشته و حضور *استافیلوکوکوس اورئوس* در ماده غذایی می‌تواند از بدن انسان و مخاط بینی باشد که در pH معادل ۴/۹ و حداکثر ۹/۵ رشد کند. انتروتوکسین‌های *استافلیوکوکوس اورئوس* توانایی زنده‌ماندن در دمای بالای ۱۰۰ درجه را دارند و دمای مناسب رشد این باکتری در محدوده ۱۶/۴ تا ۴۶/۸ درجه سلسیوس می‌باشد؛ *استافیلوکوکوس اورئوس* بیشتر در مواد غذایی شایع است که یک پروسه حرارتی را طی کرده باشند؛ چرا که این باکتری یک رقابت کننده ضعیف است (Pishadast *et al.*, 2021). *کمپیلوباکتر*ها از باسیل‌های گرم منفی، خمیده، متحرک، گرمادوست و میکروآئروفیل از خانواده کمپیلوباکتریاسه هستند و یکی از مهم‌ترین عوامل مهم انتریت به نام کمپیلوباکتریوز است. منبع اصلی این باکتری مجرای گوارش حیوانات، به ویژه مرغ و بوقلمون می‌باشد. کمپوست قارچ یکی از مهم‌ترین موارد انتقال دهنده این باکتری به قارچ است. ۲ تا ۵ روز پس از مصرف غذای آلوده، علایم کمپیلوباکتریوز شامل تب، دل درد و اسهال خودنمایی می‌کند که اسهال ممکن است به اسهال خونی ختم شود. معمولا در این عفونت غذایی استفراغ وجود نداشته و برای کنترل این عفونت باید مواد غذایی را به طور کامل پخته و از مصرف مواد غذایی خام، حتی آب تصفیه‌شده نیز جلوگیری شود (Moore *et al.*, 2005). لذا طبق توضیحات فوق هدف از مطالعه حاضر بررسی میزان آلودگی به فلزات سنگین و شیوع *کمپیلوباکتر*، *اشریشیا کلی* ، *سالمونلا* و *استافیلوکوکوس اورئوس* در قارچ‌های دکمه‌ای عرضه شده در شهرستان اصفهان است.

مواد و روش‌ها

- روش نمونه‌گیری

تعداد ۱۰۰ نمونه قارچ دکمه‌ای (در بسته‌های ۲۰۰ گرمی) از مراکز عرضه این محصول در شهرستان اصفهان نمونه‌گیری و به آزمایشگاه بهداشت و کنترل کیفی مواد غذایی دانشگاه آزاد اسلامی شهرکرد منتقل شد. نمونه برداری در پائیز ۱۴۰۱ انجام شد.

- روش اندازه‌گیری فلزات سنگین(سرب،کادمیوم و آرسنیک)

ابتدا قارچ‌های نمونه‌گیری شده، با آب مقطر شستشو داده و سپس خشک شده و نمونه‌ها خرد و در سطح سینی‌های آون که با فویل آلومینیومی پوشانده شده بودند، پخش شدند. پس ازآن جهت خشک کردن، نمونه ها به مدت ۲۴ ساعت در دمای ۱۰۵ درجه سلسیوس در آون قرار داده شدند. پس از اتمام خشک کردن قارچ ها، نمونه‌های خشک شده با استفاده از دستگاه آسیاب برقی به صورت پودر درآمده و جهت خاکستر شدن در بوته چینی توزین و در کوره الکتریکی (GTA, 120) قرار گرفتند؛ سپس طی مدت یک ساعت دما به آرامی از دمای اتاق به ۴۵۰ درجه سلسیوس افزایش داده شد تا نمونه‌ها به یک خاکستر سفید تبدیل شدند. پس از آن بوته‌های چینی در داخل دیسیکاتور خنک شده و پودر به دست آمده با استفاده از مخلوطی از اسید نیتریک و پراکسید هیدروژن به نسبت ۱:۲ هضم شدند. در ادامه کار این مخلوط به مدت ۴ ساعت با

هیتر خشک شد و سپس با آب مقطر به حجم ۱۰ میلی لیتر رسانده شد و جهت تعیین فلزات سنگین به دستگاه جذب اتمی مدل (Varian 240, Australia) تزریق گردید. محلول استاندارد مربوط به هر فلز تهیه و به دستگاه داده شد سپس نمونه های اصلی به دستگاه تزریق شد و به صورت جداگانه مقادیر هر عنصر بر حسب میلی‌گرم در لیتر به دست آمد و بر حسب میلی گرم برکیلوگرم وزن خشک قارچ معادل سازی شدند. برای اندازه گیری حد تشخیص دستگاه، از استانداردهای مختلف سرب، کادمیوم و جیوه در حد ۱، ۲، ۴، ۸، ۱۰، ۱۵ و ۲۰ پیکوگرم استفاده شد. هر استاندارد در ۳ نوبت به دستگاه تزریق گردید و این عمل ۵ مرتبه تکرار شد. در نهایت حد تشخیص دستگاه برای فلز سرب و آرسنیک برابر با ۴ و ۶ پیکوگرم و برای فلز کادمیوم برابر ۵/۰ پیکوگرم به دست آمد (Khodabakhshi *et al*., 2016).

- روش جستجوی *اشریشیا کلی*

مقدار ۲۵ گرم از قارچ‌های دکمه‌ای را وزن کرده و داخل ۲۲۵ میلی‌لیتر لاکتوز براث (Merk, Germany) به مدت ۲۴ ساعت در دمای ۳۷ درجه سلسیوس قرار داده و مقدار ۱ میلی‌لیتر از محیط نمونه غنی‌شده روی محیط کشت Eosin Methylene-Blue Agar (Merk, Germany) کشت و بعد از ۲۴ ساعت گرمخانه‌گذاری، پرگنه‌های دارای جلای سبز فلزی را انتخاب و برای تایید در محیط‌های کشت افتراقی شامل سیمون سیترات، MR_VP، Triple Sugar Iron و SIM (Merk, Germany) کشت داده و نمونه‌های مثبت آنها مشخص شد (Heidarzadi *et al*., 2021).

- روش جداسازی *سالمونلا*

ابتدا ۲۵ گرم از نمونه قارچ‌های دکمه‌ای را با ۲۲۵ میلی‌لیتر محیط کشت لاکتوز براث مخلوط کرده و به مدت ۲۴ ساعت در دمای ۳۷ درجه سلسیوس گرم‌خانه-گذاری شد. سپس مقدار یک میلی‌لیتر از نمونه غنی شده به ۱۰ میلی‌لیتر سلنیت‌سیستین براث (Liofilchem, Italy) و یک میلی‌لیتر به ۱۰ میلی‌لیتر تتراتیونات براث (Liofilchem, Italy) منتقل شد. پس از ۲۴ ساعت گرمخانه‌گذاری، از محیط سلنیت سیستین روی سالمونلا-شیگلا آگار، بیسموت سولفیت آگار و بریلیانت گرین آگار (Italy, Liofilchem) به صورت خطی کشت داده شد. به همین ترتیب از تتراتیونات، روی محیط‌های مذکور کشت انجام گرفت. سپس بعد از ۲۴ ساعت تعداد دو یا بیشتر از پرگنه های تیپیک به محیط TSI و LIA (Liofilchem, Italy) منتقل شد و نتایج بر اساس دستورالعمل استاندارد مورد تفسیر قرار گرفت (Heidarzadi *et al*., 2021).

- روش جداسازی *استافیلوکوکوس اورئوس*

برای جداسازی *استافیلوکوکوس اورئوس* ۵ گرم از قارچ‌های دکمه‌ای به درون ظرف توزین سترون منتقل و سپس میزان ۴۵ میلی‌لیتر محلول رینگر به عنوان حلال به آن افزوده شد تا رقت 10^{-1} بدست آمد. پس از حل کردن مواد غذایی و ایجاد یک محلول همگن، میزان ۰/۵ میلی‌لیتر از آن به وسیله سمپلر روی محیط برد پارکر آگار (Agar Parker -Baird)، (Mirmedia, Iran) به روش کشت سطحی کشت داده شد. پلیت-های کشت داده شده به مدت ۲۴ ساعت در دمای ۳۷ درجه سلسیوس گرم‌خانه‌گذاری شدند. بعد از پایان گرمخانه‌گذاری در صورت رشد، باکتری‌های با پرگنه‌های گرد و سیاه رنگ، جهت انجام کشت

تاییدی، از پرگنه‌های مشکوک به وسیله لوپ سترون روی محیط مانیتول سالت آگار (Manitol Salt Agar) کشت داده شد. محیط‌ها مجددا به مدت ۲۴ ساعت در گرمخانه در دمای ۳۷ درجه سلسیوس قرار گرفت و بعد از گذشت ۲ ساعت بر روی پرگنه‌های مانیتول مثبت (پرگنه‌های زرد رنگ دارای هاله زرد رنگ) تست DNase (Mirmedia, Iran) جهت تایید استافیلوکوکوس اروئوس انجام شد. همچنین باکتری‌های مورد نظر با تست کواگولاز ارزیابی شد که نتیجه این تست در مورد *استافیلوکوکوس اورئوس* مثبت بود (Khoramrooz *et al*., 2015).

- روش جداسازی *کمپیلوباکتر*

به منظور غنی‌سازی، ابتدا ۱ گرم از هر نمونه توزین و پس از قرار دادن در داخل لوله‌های آزمایش حاوی ۹ میلی‌لیتر آب پپتونه بافری استریل (رقت ۰/۱) و ورتکس مناسب، در دمای ۴۲ درجه سلسیوس به مدت ۲۴ ساعت گرمخانه‌گذاری شد. پس از سپری شدن این مدت، رقت‌های 10^{-5} تا 10^{-7} تهیه شده و ۰/۱ میلی‌لیتر آن بر روی محیط کشت کمپیلوباکتر سلکتیو آگار (Mirmedia, Iran) حاوی مکمل آنتی بیوتیکی کمپیلوباکتر کشت سطحی داده شد. بعد از زمان مناسب گرمخانه‌گذاری پلیت‌هایی که در آن پرگنه باکتری رشد کردند، پس از شمارش، جداسازی و از نظر رنگ‌آمیزی گرم و تست حرکت بررسی شدند، در صورت مشاهده باکتری باسیل خمیده، گرم منفی و متحرک، آزمون‌های بیوشیمیائی از قبیل کاتالاز و اکسیداز (Mirmedia, Iran) نیز انجام شد. مثبت بودن آزمون‌های فوق بر روی پرگنه‌های مورد آزمایش به منزله‌ی محتمل بودن حضور کمپیلوباکتر بود. در ادامه به منظور خالص سازی، پرگنه‌ها چندین بار برروی محیط کشت کمپیلوباکتر سلکتیو آگار به صورت ایزوله کشت داده شدند. پلیت‌ها در داخل جار بی‌هوازی با گازپک نوع C به مدت ۲۴ ساعت در دمای ۴۲ درجه سلسیوس گرمخانه‌گذاری و به منظور تأیید خلوص رنگ‌آمیزی گرم شد (McGee, 2018).

روش انالیز اماری: از نرم افزار SPSS نسخه ۲۳ و آزمون کای‌اسکوئر برای آنالیز داده‌ها استفاده گردید. سطح معنی‌داری $p<$۰/۰۵ در نظر گرفته شد.

نتایج

براساس نتایج به‌دست‌آمده در جدول ۱، از ۱۰۰ نمونه قارچ، ۲۴ نمونه (۲۴ درصد) به *کمپیلوباکتر*، ۱۷ نمونه (۱۷ درصد) به *اشریشیا کلی*، ۴۰ نمونه (۴۰ درصد) به *سالمونلا* و ۵۶ نمونه (۵۶ درصد) به *استافیلوکوکوس اورئوس* آلوده بودند. آنالیزهای آماری کای اسکوئر نشان داد بین میکروارگانیسم‌های مختلف رابطه معنی‌داری وجود ندارد ($p>$۰/۰۵).

جدول (۱)- درصد نمونه‌های حاوی آلودگی میکروبی در قارچ‌های دکمه‌ای خوراکی در شهرستان اصفهان

نوع باکتری	درصد نمونه‌های آلوده	درصد نمونه‌های غیر آلوده	سطح معنی‌داری
استافیلوکوکوس اورئوس	۵۶	۴۴	۰/۰۲ ns
کمپیلوباکتری	۲۴	۷۶	۰/۶۴ ns
اشریشیا کلی	۱۷	۸۳	۰/۸۷ ns
سالمونلا	۴۰	۶۰	۰/۰۸ ns

Non Significant: تفاوت بین آلودگی قارچ‌ها معنی دار نیست.

جدول (۲)- میزان آلودگی با فلزات سنگین در قارچ‌های دکمه‌ای خوراکی نمونه‌گیری شده در شهرستان اصفهان (میلی‌گرم بر کیلوگرم)

محصول	سرب	آرسنیک	کادمیوم
قارچ دکمه‌ای	۲/۸۵±۰/۳۵	۸۱۲/۸±۰/۳۱	۳۰/۰۵±۰/۶۲
استاندارد جهانی*	۲ (میلی‌گرم بر کیلوگرم)	۱۲۰ (میلی‌گرم بر کیلوگرم)	۰/۲ (میلی‌گرم بر کیلوگرم)
استاندارد ایران	۰/۳ (میلی‌گرم بر کیلوگرم)	۰/۲ (میلی‌گرم بر کیلوگرم)	۰/۲ (میلی‌گرم بر کیلوگرم)

*FAO/WHO/CODEX

مطابق با نتایج تمام نمونه‌های قارچ‌های نمونه‌گیری شده، میزان فلزات سنگین بالاتری نسبت به استاندارد کدکس نشان دادند (Wu, 2014). این نتایج نشان داد که میزان فلزات سنگین در قارچ‌های پرورشی به طور معناداری از استاندارد کدکس بالاتر می‌باشد (p>0.05). نتایج آماری نشان داد که میزان آلودگی به سرب ۲/۸۵، آرسنیک ۸۱۲/۸ و ۳۰/۰۵ میکروگرم بر کیلوگرم بود.

بحث و نتیجه‌گیری

در میان محصولات کشاورزی یکی از محصولاتی که در شرایط فعلی قادر به تأمین پروتئین، ویتامین و اسیدهای آمینه ضروری برای انسان می‌باشد، قارچ خوراکی دکمه‌ای (*Agaricus bisporus*) است که در حال حاضر در بسیاری از گلخانه‌ها پرورش داده می‌شود. قارچ‌ها در جلوگیری و درمان سرطان سینه و پروستات نقش بسزایی دارند. تحقیقات نشان داده است که عصاره قارچ با کاهش سطح چربی و کلسترول خون از ابتلا به بیماری‌های قلبی جلوگیری می‌کند؛ البته درصورتی‌که محیط کشت آنها عاری از آلودگی باشد، زیرا اگر ترکیبات محیط کشت شدیدتر از حد معمول آلوده باشند وجود آلودگی قارچ‌ها اهمیت بیشتری پیدا می‌کند (Soltaninejad, 2018; Janatolmakan *et al*., 2022, Nostratabadi *et al*., 2020). در مطالعه‌ای مشابه در سال ۲۰۰۶ بر روی آلودگی مواد غذایی به میکروارگانیسم‌های بیماری‌زا نشان داده شد که از ۱۰۰ نمونه قارچ، آلودگی به *اشریشیا کلی* منفی و آلودگی به *سالمونلا* در ۵ درصد از قارچ‌ها مثبت بود (Samadpour *et al*., 2006) که با مطالعه حاضر اختلاف بالایی دارد. در این مطالعه میزان آلودگی به *اشریشیا کلی* در ۱۷ درصد نمونه‌ها اثبات شد (Strapp *et al*., 2003).

در تحقیقی مشابه، برای آلودگی قارچ خوراکی به *سالمونلا* دریافتند که از ۱۰۰۰ نمونه مورد آزمایش ۳۰ درصد آلودگی به *سالمونلا* داشته است (June *et al.*, 1996) که با نتایج حاصل از مطالعه حاضر تا حدودی همسو می‌باشد. در مطالعه حاضر میزان آلودگی به *سالمونلا* از مجموع ۱۰۰ نمونه، ۴۰ نمونه (۴۰ درصد) آلودگی داشته است. تحقیقی دیگر در سال ۲۰۱۱ بر روی آلودگی قارچ‌ها به میکروارگانیسم‌های بیماری‌زا نشان داده شد که آلودگی به *اشریشیا کلی*، *استافیلوکوکوس اورئوس* و *سالمونلا* منفی بود و نمونه‌ها عاری از این میکروارگانیسم‌ها بودند (Venturini *et al.*, 2011)، در حالی که در مطالعه حاضر بررسی‌ها نشان داد که میزان آلودگی به *سالمونلا*، *اشریشیا کلی* و *استافیلوکوکوس اورئوس* به ترتیب ۴۰، ۱۷ و ۵۶ نمونه از ۱۰۰ نمونه می‌باشد.قارچ‌های خوراکی دکمه‌ای مانند یک ساپروفیت وابسته به مواد غذایی آلی هستند و در مقایسه با گیاهان اهلی دیگر احتمال جذب عناصر حداقل به همان اندازه یا کمی بیشتر نیز وجود دارد. زیرا تبادل مواد از طریق خاک انجام می‌شود و مستقیماً در مسیر معدنی شدن محیط کشت انجام می‌شود. همچنین چون قارچ‌ها قادر به فتوسنتز نمی‌باشند برای ساخت مواد آلی موردنیاز خود از کربن موجود در مواد آلی دیگر مانند بقایای کاه و کلش برنج یا گندم و یا بقایای چوب مانند خاکاره استفاده می‌کنند. غلظت فلزات سنگین در قارچ‌ها نسبت به محصولات کشاورزی، سبزیجات و درختان میوه‌دار بالاتر است (Mirzaei *et al.*, 2021;Badalyan and Borhani, 2019). در مطالعه‌ای بر روی آلودگی موادغذایی به میکروارگانیسم‌های بیماری‌زا نشان داده شد که میزان آلودگی به *سالمونلا*، *اشریشیا کلی* و *باسیلوس سرئوس* در خصوص قارچ‌های خوراکی منفی بود (Schill *et al.*, 2021)، در حالی که در نمونه‌های قارچ‌های این مطالعه، هیچ نمونه منفی یافت نشد. مطالعه‌ای در ایرلند روی آلودگی مواد غذایی به میکروارگانیسم‌های بیماری‌زا نشان داده شد که از ۲۰۰ نمونه قارچ ۳ نمونه به *کمپیلوباکتر* آلوده بودند (Whyte *et al.*, 2004) در حالی که نتایج مطالعه حاضر نشان داد ۲۴ درصد نمونه‌ها به *کمپیلوباکتر* آلوده بودند.

در مطالعه‌ای بر روی آلودگی به سرب در قارچ خوراکی در سال ۲۰۰۴ در ترکیه، ۱۲/۰۹ میلی‌گرم در کیلوگرم بود (Ediriweera *et al.*, 2022) که بسیار بالاتر از نتایج تحقیق حاضر بود؛ میزان آلودگی به سرب در مطالعه حاضر، ۲/۰۷ میلی‌گرم در کیلوگرم بود. در تحقیقی میزان آلودگی به سرب در قارچ خوراکی ۲/۶ میلی‌گرم بر کیلوگرم بود (Sesli *et al.*, 2008) که مطابق با نتایج به دست آمده از تحقیق حاضر است؛ همچنین در مطالعه‌ای مشابه، میزان آلودگی به سرب ۴/۲ میلی-گرم بر کیلوگرم نشان داده شد (Sarikurkcu *et al.*, 2011)؛ که فراتر از میزان آلودگی سرب در مطالعه حاضر می‌باشد. در مطالعه‌ای در سربیا بر روی میزان آلودگی به ارسنیک در قارچ‌های خوراکی میزان آلودگی ۲ میکروگرم گزارش شد (Dimitrijević *et al.*, 2023)، غلظت‌های فلزات سنگین در قارچ نسبت به سایر سبزیجات و میوه‌ها به طور قابل ملاحظه‌ای فراتر است. این امر بیانگر آن است که قارچ‌ها دارای مکانیسم موثری هستند که آن ها را قادر می‌سازد، به آسانی فلزات سنگین اکوسیستم را جذب کنند. میزان قارچ‌ها (پرورشی و وحشی) در رژیم غذایی به طور فزاینده‌ای

به علت خواص دارویی و تغذیه‌ای در حال افزایش می‌باشند. فلزات سنگین می‌توانند از طریق کودهای آلی و معدنی، فضولات و پسماندهای کشاورزی و آلوده کننده‌های هوا و آب وارد خاک شوند. انباشت فلزات سنگین در خاک نه‌تنها باروری خاک و کیفیت محصول راکاهش می‌دهد بلکه بطور همزمان نقش اکولوژیکی خاک و تأثیر آن بر سایر اجزاء محیط زیست را نیز مختل می‌کند. تجمع فلزات سنگین و افزایش غلظت آن‌ها و رسیدن به محدوده خطر از طریق ورود به زنجیره غذایی انسان، می‌تواند سلامتی را مورد تهدید قرار دهد (Cheraghi *et al*., 2013, Ronda *et al*., 2022). نتایج حاصل از تجزیه و تحلیل و آنالیز داده‌ها و مقایسه مقادیر فلزات سنگین با مقادیر استاندارد، نشان می‌دهد که محصول قارچ خوراکی کاملا به آرسنیک، سرب و کادمیوم آلوده هستند.

در ۱۰ سال گذشته *کمپیلوباکتر* به عنوان شایع‌ترین علت گاستروانتریت باکتریایی در انسان ظاهر شده است. انتروکولیت حاد، شایع‌ترین تظاهرات عفونت کمپیلوباکتر ژژونی است که این باکتری می‌تواند افراد را در هر سنی تحت تاثیر قرار دهد. *C. jejuni* تقریبا در هر کشوری که تحقیقات انجام شده است، یافت شده است. کمپیلوباکتریوز در انسان عمدتا یک عفونت منتقله از غذا است که در آن غذاهای با منشاء حیوانی به ویژه طیور نقش مهمی ایفا می‌کنند. دوره کمون این بیماری یک تا سه روز است که می‌تواند تا ۸ روز نیز ادامه یابد. در برخی افراد عفونت بدون علایم بالینی است. این بیماری در افراد دارای سیستم ایمنی ضعیف بیشترین میزان شیوع را داشته که علائم بالینی شایع به صورت بی‌حالی عمومی همراه با تب و دردهای عضلانی که ممکن است با دردهای شکمی و اسهال همراه باشد. اسهال از حالت آبکی خفیف تا اسهال خونریزی دهنده دیده می‌شود. با توجه به تهیه کمپوست از کود مرغی، می‌تواند بستری مناسب جهت انتقال این باکتری پاتوژن باشد. بررسی‌های اپیدمیولوژیک ارتباط معنی‌داری بین استفاده و مصرف گوشت طیور و بروز آنتریت ناشی از کمپیلوباکتر نشان داده‌اند. تعدادی از اقدامات پیشگیرانه در سطوح مختلف، به طور همزمان، برای کاهش بروز کمپیلوباکتریوز در انسان مورد نیاز است (Chon *et al*., 2021). با توجه به شیوع بالای میکروارگانیسم‌های بیماری‌زا در قارچ‌های عرضه شده در شهرستان اصفهان، لذا پیشنهاد می‌شود از خام‌خواری قارچ‌ها اجتناب گردد، چرا که بستر مناسبی جهت آلودگی به میکروارگانیسم-های بیماری‌زا و شیوع بالای گاستروانتریت به بدن است. تمامی باکتری‌های مورد مطالعه در این مقاله، در دمای‌های پخت از بین می‌روند و *استافیلوکوکوس اورئوس* و *کمپیلوباکتر* رقابت کننده ضعیفی هستند؛ لذا دما دادن قارچ‌ها قبل از مصرف می‌تواند از گسترش و شیوع میکروارگانیسم‌های بیماری‌زا جلوگیری کند.

سپاسگزاری

بدین‌وسیله از کلیه همکاران گروه بهداشت مواد غذایی دانشکده دامپزشکی دانشگاه آزاد اسلامی واحد شهرکرد که نهایت همکاری را در انجام این پروژه را داشتند تشکر به‌عمل می‌آید.

تعارض منافع

نویسندگان تعارض منافعی برای اعلام ندارند.

منابع

- Badalyan, S. M. and Borhani, A. (2019). Medicinal, nutritional, and cosmetic values of macrofungi distributed in Mazandaran province of Northern Iran. International Journal of Medicinal Mushrooms, 21, 1099-1106.
- Cheraghi, M., Lorestani, B. & Mardokhrohani, N. (2013). Evaluation of heavy metal concentration in compost, soil cover and button mushroom in Kurdistan greenhouses. Food Hygiene, 2**,** 81-96.
- Cheung, P. C. (2008). Mushrooms as functional foods, John Wiley & Sons, 14-16.
- Chon J.-W., Jung, J. Y., Ahn, Y., Bae, D., Khan, S., Seo, K., Kim, H. & Sung, K.(2021). Detection of Campylobacter jejuni from fresh produce: Comparison of culture-and PCR-based techniques, and metagenomic approach for analyses of the microbiome before and after enrichment. Journal of Food Protection, 84**,** 1704-1712.
- Cocchi, L., Vescovi, L., Petrini, L. E. & Petrini, O. (2006). Heavy metals in edible mushrooms in Italy. Food Chemistry, 98**,** 277-284.
- Courtecuisse, R. & Duhem, B. (1995). Mushrooms & toadstools of Britain and Europe, HarperCollins.
- Dimitrejevic, M., Stankovic, M., Nicolik, J., Mitic, V., Stankov Jovanovic, V., Stojanovic, G. & Miladinovic, D. (2023). The effect of arsenic, cadmium, mercury, and lead on the genotoxic activity of Boletaceae family mushrooms present in Serbia. Journal of Toxicology and Environmental Health, Part A, 86**,** 23-35.
- Ediriveer, A. N., Karunara, S. C., Yapa, P. N., Schaefer, D. A., Ranasinghe, A. K., Suwannarach, N. & XU, J. (2022). Ectomycorrhizal Mushrooms as a Natural Bio-Indicator for Assessment of Heavy Metal Pollution. Agronomy, 12**,** 1041.
- Heidarzadi, M., Rahnama, M., Alipoureskandani, M., Saadati, D. & Afsharimoghadam, A. (2021). Salmonella and Escherichia coli contamination in samosas presented in Sistan and Baluchestan province and antibiotic resistance of isolates. Food Hygiene, 11**,** 42. [In Persian]
- Janatolmakan, M., Ganji, M. R., Ahmadi-Jouybari, T., Rezaeian, S., Ghowsi, M. & Khaony, A. (2022). Demographic, clinical, and laboratory findings of mushroom-poisoned patients in Kermanshah province, west of Iran. BMC Pharmacology and Toxicology, 23**,** 1-7.
- June, G. A., Serrod, P. S., Hammack, T. S., Amaguana, R. M. & Anderws, W. H.(1996). Relative effectiveness of selenite cystine broth, tetrathionate broth, and rappaport-vassiliadis medium for recovery of Salmonella spp. from raw flesh, highly contaminated foods, and poultry feed: collaborative study. Journal of AOAC International, 79**,** 1307-1324.
- Khdabakhshi, A., Sedehi, M. & Shakeri, K.(2016). Investigation of heavy metals in edible mushrooms consumed in Shahrekord. Journal of Shahrekord University of Medical Sciences, 18**,** 54-62.
- Khoramrooz, S., Sarikhani, M., Khosravani, S., Farhang Falah, M., Mahmoudi, Y. & Sharifi, A.(2015). Microbial contamination determination of Cream suit,Traditional Ice Cream and Olovia in Yasuj City. Armaghane Danesh, 20**,** 526-537. [In Persian]
- Lampman, A. M. (2004). Tzeltal ethnomycology: naming, classification and use of mushrooms in the highlands of chiapas, mexico, University of Georgia, 325-333
- Mcgee, C. F.(2018). Microbial ecology of the Agaricus bisporus mushroom cropping process. Applied Microbiology and Biotechnology, 102**,** 1075-1083.
- Mirzaei, M., Sheikhigarjan, A., Gilasaian, E., Ravan, S., Khabbaz Jolfaee, H. & Mohammadipur, A.(2021). Susceptibility of mushroom dipteran larvae to four different groups of registered insecticides in Iran. Applied Entomology and Phytopathology, 88**,** 165-173.
- Moore, J. E., Corcoran, D., Dooley, J. S., Fanning, S., Lucey, B., Matsuda, M., Mcdowell, D. A., Megraud, F., Millar, B. C. & O'mahoni, R.(2005). Campylobacter. Veterinary Research, 36**,** 351-382.
- Negahban, H.(2020). mushroom. Marja'a Elm**,** 10-142.
- Nosratabadi, S., Vinogradov, S. & Almadi, B.(2020). Mushroom farming in Iran: A case study of ten iranian mushroom companies. management *(16487974)*, 36.

- Pishadast, S., Rahnama, M., Alipour eskandani, M., Saadati, D., Noorijangi, A. & Heidarzadi, M.(2021). Study of antimicrobial effect of nisin and alcoholic extract of garlic on the activity of staphylococcus aureus ATCC 1113 in Tilapia minced meat during storage at 4° C. Food Hygiene, 11**,** 37-47. [In Persian]
- Ronda, O., Grzadka, E., Ostoloska, I., Orzel, J. & Cieslik, B. M.(2022). Accumulation of radioisotopes and heavy metals in selected species of mushrooms. Food Chemistry, 367**,** 130670.
- Samadpour, M., Barbour, M., Nguyen, T., Cao, T.-M., Buck, F., Depavia, G., Mazengia, E., Yang, P., Alfi, D. & Lopes, M.(2006). Incidence of enterohemorrhagic Escherichia coli, Escherichia coli O157, Salmonella, and Listeria monocytogenes in retail fresh ground beef, sprouts, and mushrooms. Journal of Food Protection, 69**,** 441-443.
- Sarikurkcu, C., Copur, M., Yildiz, D. & Akata, I.(2011). Metal concentration of wild edible mushrooms in Soguksu National Park in Turkey. Food Chemistry, 128**,** 731-734.
- Schill, S., Stessel, B., Meier, N., Tichy, A., Wagner, M. & Ludewig, M.(2021). Microbiological safety and sensory quality of cultivated mushrooms (Pleurotus eryngii, pleurotus ostreatus and lentinula edodes) at retail level and post-retail storage. Foods, 10**,** 816.
- Sesli, E., Tuzen, M. & Soylak, M.(2008). Evaluation of trace metal contents of some wild edible mushrooms from Black sea region, Turkey. Journal of Hazardous Materials, 160**,** 462-467.
- Soltaninejad, K.(2018). Outbreak of mushroom poisoning in Iran: April–May, 2018. The international Journal of Occupational and Environmental Medicine, 9**,** 152.
- Strapp, C. M., Sheaer, A. E. & Jorger, R. D.(2003). Survey of retail alfalfa sprouts and mushrooms for the presence of Escherichia coli O157: H7, Salmonella, and Listeria with BAX, and evaluation of this polymerase chain reaction–based system with experimentally contaminated samples. Journal of Food Protection, 66**,** 182-187.
- Venturini, M. E., Reyes, J. E., Rivera, C. S., Oria, R. & Blanco, D.(2011). Microbiological quality and safety of fresh cultivated and wild mushrooms commercialized in Spain. Food microbiology, 28**,** 1492-1498.
- Wasser, S. P.(2006). A Book Review: Mycelium Running: How Mushrooms Can Help Save the World. International Journal of Medicinal Mushrooms, 8**,** 383-392.
- Whyte, P., Mcgil, K., Cowley, D., Madden, R., Moran, L., Scates, P., Carrol, C., O'eary, A., Fanning, S. & Collins, J.(2004). Occurrence of Campylobacter in retail foods in Ireland. International Journal of Food Microbiology, 95**,** 111-118.
- Wu, u. (2014). General standard for contaminants and toxins in food and feed. Codex standard, 193-1995.