تعیین میزان آفلاتوکسین و فلور قارچی خوراک مصرفی قزل‌آلای رنگین‌کمان در کارگاه‌های پرورشی استان البرز

- **آریا میرزایی‌پور**: گروه بهداشت، دانشکده دامپزشکی، دانشگاه آزاد اسلامی واحد کرج، کرج، ایران
- **بابک شعیبی‌عمرانی***: گروه بهداشت، دانشکده دامپزشکی، دانشگاه آزاد اسلامی واحد کرج، کرج، ایران
- **سهیل علی‌نژاد**: موسسه آموزش عالی علمی کاربردی جهاد کشاورزی، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، تهران، ایران

تاریخ دریافت: خرداد ۱۳۹٦ تاریخ پذیرش: شهریور ۱۳۹٦

چکیده

آفلاتوکسین‌ها سمومی هستند که توسط قارچ‌های رشته‌ای آسپرژیلوس دسته فلاووی (گروه آسپرژیلوس فلاووس) تولید می‌شوند. این قارچ‌ها قابلیت رشد و تولید سم در خوراک دام یا مواد اولیه تشکیل‌دهنده خوراک در محیط با شرایط دمای بیش از ۲۷ درجه سانتی‌گراد و رطوبت بالای ۱٦٪ را دارا هستند. در بین ماهیان پرورشی قزل‌آلای رنگین‌کمان حساس‌ترین گونه نسبت به آفلاتوکسین‌ها می‌باشد. حضور این سم در خوراک ماهی قزل‌آلا موجب کاهش رشد، تضعیف سیستم ایمنی، اختلال در انعقاد خون، بروز تومورهای کبدی و به‌دنبال آن تلفات می‌گردد. در تحقیق حاضر ۲۰ نمونه خوراک کارخانه‌ای از ۲۰ کارگاه پرورش قزل‌آلا در استان البرز در فصل پاییز نمونه‌گیری شد و میزان سطح آفلاتوکسین کل با استفاده از روش الایزای مستقیم اندازه‌گیری گردید. میزان آفلاتوکسین در دامنه بین ppb ۱/۳٤ و ppb ۱۲/٤ و میانگین ppb ٤/٦۹ گزارش گردید که این میزان کم‌تر از حد مجاز بود. نمونه‌های خوراک از نظر فلور قارچی نیز مورد بررسی قرار گرفتند. ۷جنس (آسپرژیلوس، موکور، فوزاریوم، آلترناریا، پنی سیلیوم، رایزوپوس و آبسیدیا) شناسایی گردید که جنس آسپرژیلوس با ٤٦/۳٪ بالاترین میزان فراوانی را داشت. دربین گونه‌های این جنس، آسپرژیلوس فلاووس ٤۸/۲٪ بالاترین و فومیگاتوس با ۵/۳٪ پایین‌ترین فراوانی نسبی را دارا بود. آسپرژیلوس نایجر نیز با ۱۹ موردگزارش ۳٤٪ از فراوانی را به‌خود اختصاص داد. علی‌رغم پایین بودن سم آفلاتوکسین و با توجه به قارچ‌های جدا شده از خوراک، پتانسیل تولید سموم قارچی وجود دارد. بنابراین وضعیت و طول مدت نگه‌داری خوراک، از عوامل مهم تعیین‌کننده به‌حساب می‌آید.

کلمات کلیدی: آفلاتوکسین، فلور قارچی، آسپرژیلوس، قزل‌آلای رنگین‌کمان، استان البرز

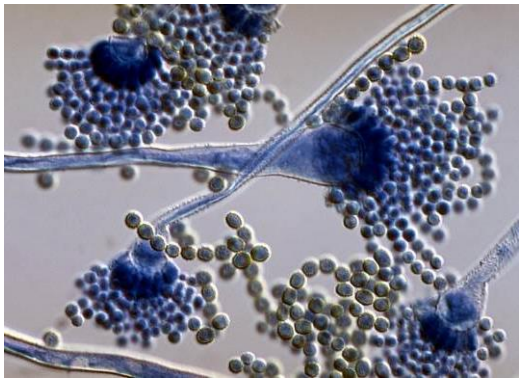
* پست الکترونیکی نویسنده مسئول: babak.shoaibi@kiau.ac.ir

مقدمه

متوسط سرانه مصرف آبزیان در ایران ۸/۵ کیلوگرم (سالنامه شیلات ایران، ۱۳۹۳) می‌باشد که علی‌رغم افزایش طی سالیان اخیر هنوز با سرانه مصرف جهانی که طبق آمار فائو در سال ۲۰۱۴ بیش از ۱۹ کیلوگرم است، فاصله دارد (کیهان‌پور و میگلی‌نژاد، ۱۳۹۳). در میان ماهیان پرورشی، ماهی قزل‌آلای رنگین‌کمان به‌دلیل ظاهر و طعم مناسب از استقبال نسبتاً زیادی برخوردار است و میزان تولید ماهیان سردآبی (قزل‌آلا) از ۲۳ هزار تن در سال۱۳۸۲ به حدود ۱۴۴ هزار تن در سال ۱۳۹۲ رسیده است (سالنامه آماری سازمان شیلات ایران، ۱۳۹۳). طعم و کیفیت ماهی عرضه شده با غذای مصرف شده توسط ماهی کاملاً مرتبط است.قزل‌آلای رنگین‌کمان پرورشی وابستگی کامل به غذادهی دستی دارد. مواد اصلی تشکیل‌دهنده غذای قزل‌آلا شامل پودر ماهی، سویا، آردگندم، گلوتن، نشاسته و روغن می‌باشد. کیفیت نامطلوب هریک از این اجزای تشکیل‌دهنده اثرات مستقیم و غیرمستقیم بر کیفیت گوشت تولید شده خواهد داشت. شدت این تغییرات به‌حدی است که بعضی اوقات منجر به غیرقابل مصرف شدن گوشت ماهی می‌شود.

قارچها یکی از این عوامل مولد فساد در مواد غذایی هستند، حضور قارچها از دو جنبه ایجاد فساد و تولید سم در ماده غذایی دارای اهمیت است (هژیر و همکاران، ۱۳۸۷؛ Dutta و Das، ۲۰۰۰). اکثر سموم قارچی شناخته شده به‌وسیله گونه‌های متعلق به جنس‌های قارچی آسپرژیلوس، پنی‌سیلیوم، فوزاریوم، کلاوی سپس، آلترناریا، استاکی بوتریس، میروتسیوم، فوما و دیپلوئیدیا تولید می‌شوند (هژیر و همکاران، ۱۳۸۷). بسیاری از قارچهای مولد سم درشرایط آب و هوایی گرم و مرطوب رشد کرده و مقادیر قابل توجهی سم تولید و ترشح می‌کنند. در ایران، به‌دلیل تنوع آب و هوایی احتمال حضور طیف وسیعی از قارچهای مولد سم به‌همراه سموم مربوط در محیط نگه‌داری خوراک وجود دارد. در بین سموم قارچی آفلاتوکسین‌ها از اهمیت خاصی برخوردارند (Ryan Georgianna و Payne، ۲۰۰۹). چهار آفلاتوکسین اصلی شامل B1 و B2 وG1 و G2 است. در میان آن‌ها آفلاتوکسین B1 قوی‌ترین ماده سرطان‌زای طبیعی شناخته شده است (Bintvihok و همکاران، ۲۰۰۳) و به‌دلیل سمیت بالا و گسترش وسیع آن در مواد غذایی خام مورد مصرف انسان و دام، این سم به‌عنوان شاخص توسط سازمان غذا و داروی ایالات متحده مورد ارزیابی قرار می‌گیرد (Coulombe، ۱۹۹۳). براساس نتایج ارائه شده به‌وسیله FDA (Food and Drug Administration)، هرساله حدود ۲۵ درصد از محصولات غذایی در سراسر جهان با سموم قارچی آلوده می‌شوند. بی‌تردید مصرف اغذیه آلوده به آفلاتوکسین یک مشکل معمول در آبزی‌پروری است که موجب بروز مشکلات اقتصادی و بهداشتی در تولیدات آن می‌شود. این مساله درکشورهای توسعه یافته بیش‌تر است(Fegan ۲۰۰۵؛ Spring و Fegan، ۲۰۰۵). بیماری حاصل از این سموم (آفلاتوکسیکوزیس) می‌تواند از طریق خوراکی بسیاری ازگونه‌های ماهی و پوسته‌داران را مبتلا کند (Bennett و Klich ۲۰۰۳؛ Ashley، ۱۹۷۰). موارد متعددی از این بیماری به‌دلیل مصرف غذای آلوده به انواع آفلاتوکسین‌ها به‌ویژه نوع B1 درانسان، حیوانات پرورشی و وحشی نیز گزارش گردیده است (Khoo، ۲۰۰۰). حضور آفلاتوکسین‌ها در غذا باعث انتقال آن‌ها به گوشت ماهی و در نهایت بدن انسان به‌عنوان مصرف‌کننده نهایی است.

محققین مختلف نشان داده‌اند که در میان آبزیان، ماهی قزل‌آلای رنگین‌کمان حساس‌ترین گونه نسبت به اثرات سمی آفلاتوکسین محسوب می‌شود (Miller و Wilson، ۱۹۹۴). پایین‌ترین دوز کشنده (LD ۵۰) در بین آبزیان تحت مطالعه، برای این گونه تعیین گردیده است. بنابراین ۵۰ درصد از جمعیت قزل‌آلای رنگین‌کمان اگر با جیره غذایی حاوی ppb ۵۰۰-۱۰۰۰ آفلاتوکسین تغذیه شوند سریعاً می‌میرند (Wisemanو همکاران، ۱۹۸۲). میزان اثرات ناشی از آلودگی غذای ماهی به آفلاتوکسین‌ها در ماهیان به عوامل متعدد، شامل قدرت اثر آفلاتوکسین (نوع آفلاتوکسین)، مقدار سم، گونه و نژاد ماهی، وضعیت سلامتی، مرحله زندگی، درجه حرارت آب و حضور یا عدم حضور ترکیبات مؤثر برسمیت آفلاتوکسین، وابسته است (Khoo، ۲۰۰۰؛ Jantraroti و Lovell، ۱۹۹۰).



شکل۱: آسپرژیلوس فلاووس

حضور این سموم به‌طورکلی در غذای ماهی قزل‌آلا می‌تواند به دلایل مختلفی از جمله کیفیت بد اجزای تشکیل‌دهنده غذا و نیز نگه‌داری پلت‌ها در شرایط دمایی بالای ۲۷ درجه سانتی‌گراد و رطوبت بالای ۱۶ درصد مشاهده گردد. ماهیانی که از این‌گونه غذاهای پلت شده تغذیه می‌کنند دارای مشکلات جدی مختلفی ازجمله کاهش رشد، اختلال در انعقاد خون، بروز تومورهای کبدی و افزایش میزان

تلفات در یک کارگاه پرورشی می‌شوند. مولدین اصلی آفلاتوکسین‌ها، قارچ‌های آسپرژیلوس گروه فلاووس هستند و همانند سایرگونه‌های این جنس از گسترش جهانی برخوردارند(Gibson و همکاران، ۱۹۹۴). آفلاتوکسین‌ها عمدتاًتوسط دو گونه آسپرژیلوس فلاووس و آسپرژیلوس پارازیتیکوس تولید می‌شوند(Dutta و Das، ۲۰۰۰).البته همه سوش‌های آن‌ها مولد سم نیستند و سوش‌های مولد سم نیز در هر محیطی توانایی تولید سم را ندارند (Cutuli و همکاران، ۱۹۹۱). محیط رشد، دما، میزان رطوبت نسبی و آب فعال ازجمله عوامل مهمی هستند که تولید آفلاتوکسین را تحت تاثیر قرار می‌دهند. مناسب‌ترین زمان، دما و رطوبت نسبی برای رشد قارچ و تولید آفلاتوکسین به‌ترتیب۲ تا ۳ هفته، ۲۵ تا۳۰ درجه سانتی‌گراد و ۸۸ تا ۹۵ درصد تعیین شده است (علامه و رزاقی، ۱۳۸۰). اما رطوبت مهم‌ترین متغیر است (Gibson و همکاران، ۱۹۹۴).

باتوجه به اهمیت افلاتوکسین‌ها، محققین مختلفی وجود این سموم را درخوراک دام بررسی کرده‌اند.آفلاتوکسیکوز در آبزیان پرورشی برای اولین‌بار در سال۱۹۶۰ به‌همراه وقوع هپاتوم در مراکز تکثیر قزل‌آلای رنگین‌کمان در ایالت آیداهو واقع درآمریکا گزارش گردید (Ashley، ۱۹۷۰) و تلفات دسته جمعی ناشی از مصرف آفلاتوکسین‌ها سپس از آلمان گزارش شد(Mahoney و همکاران، ۲۰۰۰).اثر سرطان‌زایی آفلاتوکسین B1 در ماهیانی مانند قزل‌آلای رنگین کمان، گربه‌ماهی کانالی، تیلاپیا، گوپی، کپورماهی هندی (Motalebi و همکاران،۲۰۰۳؛ Lovell، ۲۰۰۱؛ Chavez و همکاران، ۱۹۹۴؛ Jantraroti و Lovell، ۱۹۹۰) و پنئوس مونودون (Bennett و Klich، ۲۰۰۳) مطالعه شده است.قزل‌آلای رنگین‌کمان و تیلاپیای نیل به‌میزان زیادی به آفلاتوکسین B1حساس هستند، درحالی‌که گربه‌ماهی کانال حساسیت کم‌تری را نشان می‌دهد (Motalebi و همکاران ۲۰۰۳؛ Jantraroti و Lovell، ۱۹۹۰).

سپهداری و همکاران (۱۳۸۸) ۱۸۰ قطعه فیل‌ماهی۱۰±۱۰۰ گرم را در معرض غلظت‌های مختلف آفلاتوکسین B1 قرار دادند. در تیمارهای مختلف، بروز زخم‌هایی با حاشیه زردرنگ در نواحی شکمی، جانبی و ساقه‌دمی به‌همراه خونریزی در پایه باله‌های سینه‌ای و شکمی به‌همراه بروز زخم و جراحات در لبه‌های فوقانی و تحتانی باله و در حاشیه باله‌های سینه‌ای و شکمی و پشتی به‌همراه خوردگی باله در برخی از تیمارها مشاهده گردید. Motalebi و همکاران (۲۰۰۳) میزان آفلاتوکسین خوراک قزل‌آلای رنگین‌کمان در استان آذربایجان‌غربی راکم‌تر ازحدمجاز و Alinezhad وهمکاران(۲۰۱۱)غلظت آفلاتوکسین B1 در خوراک را بالاتر از حد مجاز اعلام نمودند. باتوجه به اهمیت موضوع و تنوع آب و هوایی در نقاط مختلف کشور لازم است چنین تحقیقاتی در محدوده‌های مختلف جغرافیایی انجام شود، به‌همین جهت وضعیت وجود آفلاتوکسین در خوراک قزل‌آلا در استان البرز در این تحقیق مورد بررسی قرار گرفت.

مواد و روش‌ها

دراین مطالعه میزان آفلاتوکسین کل‌خوراک ۲۰ کارگاه پرورشی استان البرز در فصل پاییز سال ۱۳۹۴ به‌طور تصادفی مورد سنجش قرار گرفت. از انبار کارگاه مقدار ۵۰۰ گرم نمونه خوراک کارخانه‌ای (پلت) تهیه شد و پس از قرار دادن در بسته‌های مناسب و ثبت مشخصات سریعاً به آزمایشگاه تشخیص دامپزشکی برای اندازه‌گیری سطح آفلاتوکسین کل منتقل گردید.برای اندازه‌گیری میزان آفلاتوکسین نمونه‌های خوراک از روش الایزا استفاده شد. برای این‌کار از کیت سنجش آفلاتوکسین کل AgraQuant total Aflatoxin Assay 4/40 استفاده گردید. روش AgraQuant یک روش الایزای مستقیم می‌باشد که سطح کمّی آفلاتوکسین کل را اندازه‌گیری نموده و برای دانه‌های غلات موجود درخوراک دام مورد استفاده قرار می‌گیرد. در مرحله پایانی فرآیندهای آزمایشگاهی نمونه‌ها با استفاده از یک دستگاه اپتیکال دانسیتومتر خوانده شدند.

نمونه‌گیری براساس دستورالعمل شماره ۷۵۷۰موسسه استاندارد و تحقیقات صنعتی ایران و هم‌چنین روش اجرایی نمونه‌برداری از مواد اولیه‌وخوراک آماده‌مطابق‌دستورالعمل‌نحوه‌نمونه‌برداری از کارخانجات تولیدکننده خوراک دام و طیور و آبزیان سازمان دامپزشکی کشور صورت پذیرفت (سازمان دامپزشکی کشور، ۱۳۹۴). نمونه‌ها در کیسه‌های پلاستیکی سربسته به آزمایشگاه منتقل شدند و بلافاصله با استفاده از روش Samson و همکاران (۲۰۰۰)، برای جداسازی قارچ‌ها اقدام به رقیق‌سازی نمونه‌ها شد. مقدار۲۰ گرم نمونه با ۱۸۰ میلی‌لیتر آب مقطر استریل حاوی ۰/۸۵٪ کلرید سدیم و ۰/۰۵٪ توئین ۸۰ بر روی شیکر به‌مدت ۳۰ دقیقه قرار داده شد. سپس حجم‌های ۰/۵ ، ۰/۷۵ و ۱ میلی‌لیتر از آن برداشت شد و به محیط‌های AFPA (*Aspergillus flavus* and *parasiticus* agar) و DRCA (Dichloran rosebengal chloramphenicol agar) منتقل گردید. پلیت‌ها به‌طور روزانه مورد مشاهده و بررسی قرار گرفتند.

در محیط کشت AFPA، قارچ‌های آسپرژیلوس دسته فلاووی از جمله گونه‌های فلاووس و پارازیتیکوس به صورت پرگنه‌های پشت نارنجی مشخص می‌شوند. محیط DRCA نیز به‌دلیل دارا بودن دی‌کلران، روزبنگال و کلرامفنیکل برای جداسازی قارچ‌ها از محیط بسیار مناسب است. دی‌کلران رشد قارچ‌های سریع‌الرشد را کند می‌کند و مانع از پوشانده شدن سایر قارچ‌ها توسط آن‌ها می‌شود. کلرامفنیکل هم رشد باکتری‌ها را مهار کرده و در نهایت جداسازی و

شناسایی کلنی‌های قارچی رشد کرده بر روی محیط کشت بهتر صورت می‌گیرد. از کلیه پرگنه‌های پشت نارنجی نمونه‌گیری شد و جهت خالص سازی به پلیت‌های حاوی محیط SDA (Sabouraud dextrose agar) و CZ (چاپکس: Czapek dox agar) منتقل گردید. کشت بر روی محیط چاپکس برای مشاهده بهتر کلنی و به‌صورت سه نقطه‌ای انجام شد. بعد از خالص‌سازی پرگنه‌های پشت نارنجی، برای بررسی مرفولوژیکی اقدام به تهیه اسلاید کالچر (کشت بر روی لام) شد. لازم به ذکر است از همه پرگنه‌های رشد کرده بر روی پلیت گسترش مستقیم (Tease mount) برای شناسایی فلور قارچی نمونه‌ها تهیه شد و از قارچ‌های غیرآسپرژیلوس که با این روش شناسایی نمی‌شدند نیز اسلاید کالچر تهیه گردید. شناسایی فلور قارچی با توجه به ویژگی‌های مورفولوژی ماکرو و میکروسکوپی ایزوله‌های قارچی انجام گرفت.

تجزیه و تحلیل نتایج به‌دست آمده با استفاده از روش آنالیز واریانس یک‌طرفه (ANOVA) به‌وسیله نرم‌افزار SPSS انجام گرفت. تفاوت‌ها در سطح P<۰/۰۵ از نظر آماری مورد ارزیابی قرار گرفتند.

نتایج

نتایج به‌دست آمده نشان‌دهنده میانگین ۴/۶۹ ppb در دامنه ۱/۱۲-۳۴/۴ ppb بود. مقادیر آفلاتوکسین به‌دست آمده در این ۲۰ نمونه خوراک به تفکیک درجدول ۱ آمده است. نمونه‌های خوراک از نظر فلور قارچی نیز مورد بررسی قرار گرفتند. در مجموع ۷جنس (آسپرژیلوس، موکور، فوزاریوم، آلترناریا، پنی‌سیلیوم، رایزوپوس و آبسیدیا) شناسایی گردید (جدول۲) که جنس آسپرژیلوس با ۴۶/۳٪ بالاترین میزان فراوانی را داشت. در بین گونه‌های این جنس، آسپرژیلوس فلاووس با ۴۸/۲٪ بالاترین و فومیگاتوس با ۵/۳٪ پایین‌ترین فراوانی را دارا بودند. آسپرژیلوس نایجر نیز با ۱۹ مورد گزارش ۳۴٪ از فراوانی را به‌خود اختصاص داد (جدول۳).

جدول۱ : میزان آفلاتوکسین به‌دست آمده از نمونه‌های خوراک کارگاه‌های پرورش ماهی قزل‌آلای استان البرز

شماره نمونه	میزان آفلاتوکسین کل (ppb)	شماره نمونه	میزان آفلاتوکسین کل (ppb)
۱	۳/۱۴	۱۱	۲/۷۲
۲	۴/۲۵	۱۲	۲/۲۸
۳	۲/۸۴	۱۳	۱۲/۴
۴	۴/۷۱	۱۴	۹/۵۲
۵	۵/۳۰	۱۵	۲/۸۵
۶	۳/۷۴	۱۶	۳/۲۵
۷	۵/۵۰	۱۷	۴/۲۰
۸	۴/۳۵	۱۸	۳/۸۷
۹	۴/۷۷	۱۹	۴/۵۲
۱۰	۱/۳۴	۲۰	۸/۳۱

جدول ۲: تعداد کلنی قارچ‌های مختلف یافت شده در هر نمونه

نمونه	*Absidia* spp.	*Rhizopus* spp.	*Penicillium* spp.	*Alternaria* spp.	*Fusarium* spp.	*Mucur* spp.	*Aspergilus* spp.
۱	۱	–	–	۱	۱	–	۲
۲	۲	۱	۲	–	–	–	۴
۳	۱	–	–	–	۱	۱	۱
۴	–	–	–	۲	–	–	۲
۵	–	۱		–	۲	–	۳
۶	–	–	۱	–	۱	–	۵
۷	۱	۲	–	–	–	۳	۲
۸	–	۱	۲	۱	–	–	۳
۹	۱	–	–	–	–	–	۲
۱۰	–	–	۱	–	۳	۱	۳
۱۱	۲	–	–	–	–	–	۲
۱۲	–	۱	۲	۱	–	۱	۴
۱۳	–	–	–	۲	۱	–	۲
۱۴	–	۲	–	–	–	–	–
۱۵	–	–	۱	–	–	–	۵
۱۶	–	۱	–	–	۲	–	۴
۱۷	۱	–	۲	–	۱	–	۳
۱۸	–	–	۱	۱	–	–	۵
۱۹	۱	۱	–	–	۳	–	۴
۲۰	–	۱	–	۱	۱	۱	–
جمع	۱۰	۱۱	۱۲	۹	۱۶	۷	۵۶
درصدنسبی	۸/۳	۹	۹/۹	۷/۴	۱۳/۳	۵/۸	۴۶/۳

جدول ۳: فراوانی گونه‌های آسپرژیلوس یافت شده در خوراک قزل‌آلای استان البرز

گونه آسپرژیلوس	*آسپرژیلوس فلاووس*	*آسپرژیلوس نایجر*	*آسپرژیلوس فومیگاتوس*	*آسپرژیلوس* .spp	جمع
تعداد (درصد)	۲۷ (۴۸/۲)	۱۹ (۳۴)	۳ (۵/۳)	۷ (۱۲/۵)	۵۶

بحث

در این پژوهش ۲۰ نمونه خوراک پلت‌شده قزل‌آلای بازاری که از ۲۰ کارگاه پرورش ماهی در نقاط مختلف استان البرز به‌صورت تصادفی و در فصل پاییز ۱۳۹۴ جمع‌آوری شد و مورد آزمایش قرار گرفت. فلور قارچی و نیز میزان سطح آفلاتوکسین کل با استفاده از روش الایزای مستقیم اندازه‌گیری گردید.

آسپرژیلوس، موکور، فوزاریوم، آلترناریا، پنی سیلیوم، رایزوپوس و *آبسیدیا* جنس‌های قارچی جدا شده بودند. حدود نیمی از قارچ‌های جدا شده از خوراک قزل‌آلا متعلق به جنس *آسپرژیلوس* بود (جدول ۲) که از این میزان نزدیک به نیمی از آن را *آسپرژیلوس فلاووس* تشکیل می‌داد (جدول ۳). در تحقیق علی‌نژاد و همکاران (۱۳۹۲) با نتیجه‌ای مشابه میزان آلودگی نسبت به *آسپرژیلوس فلاووس* در پلت کارخانه‌ای ۵۵/۵٪ گزارش شد که این با نتیجه Ghaemmaghami و همکاران (۲۰۱۳) و نیز Alinezhad و همکاران (۲۰۱۱) هم‌خوانی دارد، که‌طی آن بیش‌ترین جنس جداشده‌مربوط به جنس آسپرژیلوس بود و *آسپرژیلوس فلاووس* بیش‌ترین جدایه را در گونه‌های مختلف آسپرژیلوس تشکیل می‌داد. *آسپرژیلوس فلاووس* مهم‌ترین عامل مولد آفلاتوکسین به‌حساب می‌آید، سوش‌های مختلف این گونه ممکن است هم آفلاتوکسین B_1 و هم B_2 را تولید کنند (Hedayati و همکاران، ۲۰۰۷). توانایی تولید آفلاتوکسین توسط سوش‌های جدا شده از غذا در یک دامنه وسیع از ۱/۶۰٪ برای سوش‌های جدا شده از خوراک طیور (Labuda و Tanvinova، ۲۰۰۶) تا ۷۶٪ برای موارد جدا شده از خوراک دام در هند (Dutta و Das، ۲۰۰۰) گزارش شده است.

البته تمامی سویه‌های *آسپرژیلوس فلاووس* و *آسپرژیلوس پارازیتیکوس* قادر به تولید آفلاتوکسین نیستند. سویه‌هایی که توانایی تولید آفلاتوکسین را دارند سویه‌های سمی و آن‌هایی که مولد آفلاتوکسین نیستند سویه‌های غیرسمی نامیده می‌شوند. ضمن این‌که سویه‌های مولد سم نیز در همه محیط‌ها توانایی تولید سم را ندارند (علامه و رزاقی‌ابیانه، ۱۳۸۰؛ Cutuli و همکاران، ۱۹۹۱). بنابراین حضور این قارچ‌ها به‌طور قطع نمی‌تواند نشان‌دهنده حضور سم در غذا باشد اما پتانسیل تولید سم وجود دارد و در صورت ایجاد شرایط مساعد مانند بالا بودن میزان رطوبت غذا و یا شرایط بد نگه‌داری احتمال تولید سم در پلت افزایش می‌یابد. از طرفی میزان سم تولید شده ممکن است به‌حدی نباشد که ایجاد مسمومیت و تلفات کند و ماهی‌های آلوده صید و به بازار عرضه می‌شوند که این می‌تواند باعث تجمع تدریجی سم در مصرف‌کنندگان و به‌خطر افتادن بهداشت عمومی شود.

همان‌گونه که در جدول ۱ مشاهده می‌شود میانگین آلودگی غذای مصرفی ماهیان قزل‌آلای رنگین‌کمان پرورشی در کارگاه‌های استان البرز به آفلاتوکسین ۴/۶۹ می‌باشد که کم‌ترین مقدار ۱/۳۴ و بیش‌ترین مقدار ppb ۱۲/۱۴ است. در مطالعه حاضر در تمام نمونه‌های به‌دست آمده از پلت مصرفی قزل‌آلا میزان آفلاتوکسین کم‌تر از میزان مجاز (ppb۲۰) بود. حضور مقادیر بالاتر از حد مجاز آفلاتوکسین در بعضی نمونه‌های خوراک دام توسط سایر محققین گزارش شده است (Fraga و همکاران، ۲۰۰۷؛ Keller، ۲۰۰۷ ؛ Charoen و Kavisarasai، ۲۰۰۶؛ Motallebi و همکاران، ۲۰۰۳). در کار مشابه انجام شده توسط Alinezhad و همکاران (۲۰۱۱) میزان آفلاتوکسین B_1 در پلت کمی بیش‌تر از ppb۲۰ بود. تحقیقی که توسط ابراهیمی‌محمدی و رضویلر (۱۳۹۰) بر روی خوراک انبار شده ماهیان قزل‌آلا در استان آذربایجان‌غربی صورت پذیرفت میزان آفلاتوکسین کل در فصل بهار ۸/۶ و در فصل تابستان ppb ۶/۱ را نشان داد. Motalebi و همکاران (۲۰۰۳) طی دو مرحله نمونه‌گیری در دو زمان متفاوت از سال، خوراک مصرفی قزل‌آلای پرورشی را آزمایش کردند. طی این مطالعه اثرات فصل و شرایط محیطی بر میزان آلودگی بررسی شد. غلظت آفلاتوکسین در پاییز و زمستان بین۲ تا ppb ۴ بود. درحالی‌که تعدادی از نمونه‌های گرفته شده در بهار و تابستان، غلظت آفلاتوکسین‌های B_1، B_2 ، G_1، G_2، بین ۱/۲۱ تا ppb ۶/۶۲ بود. در این بررسی نمونه‌ها از مزرعه‌های مختلف جمع‌آوری شده بودند و مزارعی که بهداشت را در انبار رعایت می‌کردند میزان سم کم‌تری را در غذا نشان دادند. سپهداری (۱۳۸۸) گزارشات متعددی از حضور سم درخوراک مصرفی حیوانات، شامل De Vries و همکاران (۲۰۰۲)، بیوسنتز و متابولیسم آن توسط Calvo و همکاران (۲۰۰۲)، سم‌شناسی و اثرات بیولوژیک آن توسط Eaton و Groopman(۱۹۹۴)، Cullen و Newberre(۱۹۹۴) ذکر کرده است.

اثر سرطان‌زایی آفلاتوکسین B_1 در ماهیانی‌مانند قزل‌آلای رنگین کمان، گربه‌ماهی کانالی، تیلاپیا، گوپی، کپورماهی هندی (Labuda و Tanvinova، ۲۰۰۶؛Motalebi و همکاران، ۲۰۰۳؛ Chavez و همکاران، ۱۹۹۴؛ Jantraroti و Lovell، ۱۹۹۰) و پنئوس مونودون (Bennett و Klich، ۲۰۰۳) مطالعه شده است.

Cagauan و همکاران (۲۰۰۴) گزارش وقوع تلفات دسته‌جمعی در میان ماهیان تیلاپیای پرورشی در فیلیپین را که از طریق تغذیه با غذاهای کپک‌زده اتفاق افتاده بود گزارش کردند.

تحقیقات فوق بیانگر این حقیقت است که قارچ‌های مولد آفلاتوکسین از یک گسترش جهانی برخوردار هستند و جلوگیری از وقوع آلودگی طبیعی به آفلاتوکسین در خوراک دام نیاز به یک همکاری و توجه جهانی دارد که از موارد مهم آن می‌توان از شرایط مناسب نگه‌داری در انبارها و نیز استفاده از مواد اولیه با کیفیت بالا در تولید خوراک‌های مخلوط نام برد.

مواد خام تشکیل‌دهنده خوراک ماهی قزل‌آلای رنگین‌کمان می‌تواند در معرض آلودگی توسط عوامل قارچی مولد سم قرار گرفته یا مواد خام قبل از فرآوری دچار آلودگی شده و وارد زنجیره غذایی ماهی و مصرف کنندگان آن شود. غلات و مواد پروتئینی جیره دو گروه اصلی مواد خام ترکیبات هستند که در معرض آلودگی قرار دارند. بر اساس بررسی‌های به‌عمل آمده توسط Phillips و همکاران (۱۹۹۴)، با موضوع راهکارهای کاهش میزان آفلاتوکسین‌ها در مواد غذایی، مواد نشاسته‌ای و غلات نسبت به مواد پروتئینی از نظر فیزیکی دارای رطوبت کم‌تر می‌باشند و برای رشد قارچ‌ها کم‌تر مستعد بوده و سالم‌تر به‌نظر می‌آیند. محصولاتی که به‌صورت پلت هستند نیز به‌واسطه رطوبت پایین، کم‌تر مستعد به رشد قارچ‌های مولد آفلاتوکسین می‌باشند. البته این اجزا در شکل پودری، جاذب الرطوبه بوده و مستعد به آلودگی قارچی و متابولیت آن‌ها هستند (مواد خام مصرفی بیش‌تر در حالت پودری به بازار عرضه می‌شوند و این زمینه آلودگی قبل از فرآوری را در آن‌ها بیش‌تر به‌وجود می‌آورد).

با توجه به گسترش آلودگی و وجود اسپورهای قارچ‌های مولد آفلاتوکسین در محیط می‌توان ادعا نمود که بخش اعظم آفلاتوکسین (با وجود این‌که مقدار آن از حد مجاز نیز پایین‌تر است)، در خود موادخام مصرفی، قبل از فراوری وجود داشته است و احتمال استفاده از محصولات آلوده به توکسین با توجه به نوع ترکیبات مورد استفاده در تهیه خوراک ماهیان وجود دارد. که این مورد در آلودگی گزارش شده توسط Alinezhad و همکاران (۲۰۱۱)، نیز مشاهده شد و آلودگی پلت ناشی از آلودگی اجزای تشکیل‌دهنده آن بود. درطی بررسی‌های به‌عمل آمده توسط توتونچیان در فاصله سال‌های ۱۳۷۹ تا ۱۳۸۱ در استان‌های آذربایجان‌غربی و شرقی، ضمن اشاره به افزایش و سیر صعودی (۴ برابر افزایش) ارسال نمونه‌های خوراک دام و طیور به آزمایشگاه‌های کنترل کیفیت در دو استان که نشان از توجه بیش‌تر تولیدکنندگان و دامداران به این مهم است، اشاره شده است که بیش‌ترین میزان آلودگی در مورد ترکیبات پروتئینی نظیر پودر گوشت، پودر ماهی و کنسانتره دیده شده است و در این بین آلودگی دیگر ترکیبات هم‌چون ملاس، تفاله چغندر، کنجاله تخم پنبه، سویا و ذرت نیز دیده شده است که دامنه‌ای مابین ۱۰ و ۳۵ ppb را دربر گرفته است (ابراهیمی‌محمدی و رضویلر، ۱۳۹۰).

در این راستا عملیاتی که بر مواد خام مورد استفاده در کارخانجات تولیدی انجام می‌شود نظیر پاک کردن و جداسازی، آسیاب کردن خشک و مرطوب، استفاده از موادضد میکروبی و جاذب‌های سموم قارچی خود می‌تواند بر کاهش بار آلودگی قارچی و کاهش درصد کل آفلاتوکسین کل موجود در محصول نهایی مؤثر باشد.

نتایج تحقیق حاضر با میانگین آلودگی ۴/۶۹ ppb در استان البرز کم‌تر از تحقیق مشابه در استان آذربایجان‌غربی با میانگین ۸/۶ppb (ابراهیمی‌محمدی و رضویلر، ۱۳۹۰) بود اما در مقایسه با تحقیق Motalebi و همکاران(۲۰۰۳) برروی خوراک قزل‌آلای پرورشی صورت پذیرفت نتایج مشابهی با میزان میانگین در همان دامنه ۲ تا ۴ در فصول پائیز و زمستان و ۱/۲۱ تا ۶/۶۲ ppb در فصل بهار و تابستان ثبت گردید. در کل در مقایسه با دیگر تحقیقات صورت گرفته در سطح ایران و جهان، سطح آفلاتوکسین موجود در پلت مصرفی کارگاه‌های پرورشی ماهیان قزل‌آلا در استان البرز با چنین میانگینی نشانگر این مطلب می‌باشد که این نمونه‌ها دارای سطح مطلوبی از نظر استاندارد جهانی آفلاتوکسین که ppb ۲۰ است، می‌باشند.

در پایان پیشنهاد می‌شود با توجه به اهمیت موضوع چه از نظر میزان تولید استخرهای پروش ماهی و چه از نظر بهداشت عمومی تحقیقات بیش‌تری به‌طور مستمر در نقاط مختلف کشور و روی شکل‌های مختلف خوراک صورت پذیرد.

منابع

۱. **ابراهیمی‌محمدی، ک. و رضویلر، و.، ۱۳۹۰.** بررسی میزان شیوع گونه‌های آفلاتوکسین زای آسپرژیلوس و باقی‌ماندهٔ آفلاتوکسین به روش الایزا در خوراک ماهی قزل‌آلای رنگین‌کمان در استان‌های تهران و آذربایجان‌غربی. پاتوبیولوژی مقایسه‌ای. سال ۸، شماره ۱، صفحات ۳۸۵ تا ۳۹۴.

۲. **سالنامه آماری سازمان شیلات ایران. ۱۳۹۳.** دفتر برنامه و بودجه، واحد آمار و مطالعات توسعه شیلاتی، سازمان شیلات ایران.

۳. **سازمان استاندارد ایران**، استاندارد ملی شماره ۷۵۷۰

۴. **سپهداری، ا.، ۱۳۸۸.** بررسی تغییرات هیستوپاتولوژیک و باقی‌مانده بافتی ناشی از مصرف خوراک مقادیر مختلف آفلاتوکسین B_1 در فیل ماهی پرورشی (*Huso huso*). پایان‌نامه برای دریافت درجه دکترای تخصصی در رشته بهداشت و بیماری‌های آبزیان از دانشکده دامپزشکی دانشگاه تهران. صفحات ۸ تا ۱۵.

۵. **سپهداری، ا.؛ ابراهیم‌زاده‌موسوی، ح.؛ شریف‌پور، ع.؛ مطلبی مغانجوقی، ع.؛ خسروی، ع.؛ کاکولکی، ش.؛ پورعلی‌فشتمی، ح.؛ معصوم‌زاده، م. و حلاجیان، ع.، ۱۳۸۸.** بررسی کمی و کیفی جراحت‌های پوستی ناشی از مصرف خوراکی مقادیر مختلف آفلاتوکسین B_1 (AFB_1) در فیل ماهی پرورشی (*Huso huso*). مجله علمی شیلات. سال ۱۸، شماره ۲، صفحات ۴۳ تا ۵۲.

۶. **علامه، ع. و رزاقی‌ابیانه، م.، ۱۳۸۰.** مایکوتوکسین‌ها. انتشارات دانشگاه امام حسین (ع).

۷. **علی‌نژاد، س.؛ رزاقی‌ابیانه، م.؛ قائم‌مقامی، س.س.؛ خواجه رحیمی، ا.ا.؛ رهاننده، م. و صابری، س.ر.، ۱۳۹۲.** تعیین آلودگی قارچی در غذای دست‌ساز و کارخانه‌ای قزل‌آلای رنگین‌کمان. نشریه دامپزشکی (پژوهش و سازندگی). شماره ۱۰۰، صفحات ۳۵ تا ۴۶.

۸. **کیهان‌پور، ع. و میگلی‌نژاد، ا.، ۱۳۹۳.**گزارش آماری و تحلیلی تشریحی فائو در مورد تولید جهانی آبزیان در سال ۲۰۱۴.

۹. **هژیر، م.؛ صنوبرطاهانی، ن.؛ رشیدی، ک.؛ رضایی، ر. و شیخی، ح.، ۱۳۸۷.** بررسی میزان آفلاتوکسین M_1 در شیرخام تحویلی به کارخانه شیر پاستوریزه سنندج. مجله علمی دانشگاه علوم پزشکی کردستان. دوره ۱۳، صفحات ۴۴ تا ۵۰.

۱۰. **Alinezhad, S.; Tolouee, M.; Kamalzadeh, A.; Motalebi, A.A.; Nazeri, M.; Yasemi, M.; Shams Ghahfarokhi, M.; Tolouei, R. and Razzaghi Abyaneh, M., 2011.** Mycobiota and aflatoxin B1 contamination of rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*) feed with emphasis to *Aspergillus* section Flavi. Iranian journal of fisheries. Vol. 10, No. 3, pp: 363-374.

۱۱. **Ashley, L.M., 1970.** Pathology of fish fed aflatoxins and other antimetabolites. A Symposium on Diseases of Fish and Shellfishes, Washington, American Fisheries Society. pp: 366-379.

۱۲. **Bennett, J.W. and Klich, M., 2003.** Mycotoxins. Clinical Microbiology Reviews. Vol. 16, pp: 497-516.

۱۳. **Berry, C.L., 1998.** The Pathology of mycotoxins. Journal of Pathology. Vol. 154, pp: 301-311.

۱۴. **Bintvihok, A.; Ponpornpisiti, A.; Tangtrongpirus, J.; Panichkriangkari, W.; Rattannapanec, R.; Doris, K. and Kumagi, S., 2003.** Aflatoxin contamination in shrimp feed and effects of aflatoxin addition to feed on shrimp production, Journal of Food Protection. Vol. 66, No. 5, pp: 882-885.

۱۵. **Cagauan, A.G.; Tayaban, R.H.; Somga, J. and Bartolome, R.M., 2004.** Effect of aflatoxin contaminated feeds in Nile tilapia (*Oreochromis niloticus*). In: Abstract of the 6th International Symposium on Tilapia in Aquaculture (ISTA 6) Section: Health Management and Diseases Manila, Philippines. pp :172-178.

۱۶. **Charoen Pornsook, K. and kavisarasai, P., 2006.** Mycotoxins in animal feedstuffs of Thailand. KMITL Science and Technology Journal. Vol. 6, pp: 25-28.

۱۷. **Chavez, S.; Martines, P.; Osorio, M.; Palacios, C.A.M. and Mareno, I.O., 1994.** Pathological effects of feeding young *Orechromis niloticus* diets supplemented with different levels of aflatoxin. Aquaculture. Vol. 127, pp: 49-61.

۱۸. **Coulombe, R.A., 1993.** Biological action of mycotoxins. Journal of Dairy Science. Vol. 76, pp: 880-891.

۱۹. **Cutuli, M.T.; Cuellar, A.; Camara, J.M.; Mateos, A. and Suarez, G., 1991.** Different media and methodologies for the detection of aflatoxin production by *Aspergillus flavus* strains isolated from trout feed. Mycopathologia. Vol. 113, pp: 121-125.

۲۰. **Dutta, T.K. and Das, P., 2000.** Isolation of aflatoxigenic strains of *Aspergillus* and detection of aflatoxine B_1 from feeds in India. Mycopathologia. Vol. 151, pp: 29-33.

۲۱. **Fegan, D., 2005.** Mycotoxins: the hidden menace. http://www. alltech. com.

۲۲. **Fraga, M.E.; Curvello, F.; Gatti, M.J.; Cavaglieri, L.R.; Dalcero, A.M. and Rocha Rasa, C.A., 2007.** Potential aflatoxin and ochratoxin A production by Aspergillus species in poultry feed processing. Veterinary Research Communications. Vol. 31, pp: 343-353.

۲۳. **Ghaemmaghami, S.S.; Modirsaneii, M.; Khosravi, A. and Razzaghi Abyaneh, M., 2016.** Study on mycoflora of poultry feed ingredients and finished feed in Iran. Iranian Journal of Microbiology. Vol. 8, No. 1, pp: 47-54.

۲۴. **Gibson, A.M.; Baranyi, J.; Pitt, M.J.; Eyles, M.J. and Robert, T.A., 1994.** Predicting fungal growth: The effect of water activity on *Aspergillus flavus* and related species. International Journal of Food Microbiology. Vol. 23, pp: 419-431.

۲۵. **Hedayati, M.T.; Pasqualotto, A.C.; Warn, P.A. and Bowyer, P., 2007.** *Aspergillus flavus*: human pathogen, allergen and mycotoxin producer. Journal of Microbiology. Vol. 153, pp: 1677-1692.

۲۶. **Jantraroti, W. and Lovell, R.T., 1990.** Subchronic toxicity of dietary aflatoxin B_1 to channel catfish. Journal of Aquatic Animal Health. Vol. 2, pp: 248-254.

۲۷. **Keller, K.M.; Queiroz, B.D.; Keller, L.A.M.; Ribeiro, J.M.M.; Cavaglieri, L.R.; Gonzalez Pereyra, M.L.; Dalcero, A.M. and Rosa, C.A.R., 2007.** The mycobiota and toxicity of equine feeds. Veterinary Research Communications. Vol. 31, pp: 1037-1045.

۲۸. **Khoo, L., 2000.** Fungal diseases in fish. Seminars in Avian and Exotic pet medicine. Vol. 9, pp: 102-111.

۲۹. **Labuda, L. and Tanvinova, D., 2006.** Fungi recovered from Slovakian poultry feed mixtures and their toxinogeniety. Annals of Agricultural and Environmental Medicine. Vol. 13, pp: 193-200.

۳۰. **Lovell, R.T., 2001.** Nutrition and feeding of fish, 2nd Edn. Haworth Press, New York, pp: 24-28.

۳۱. **Mahoney, N.; Molyneux, R.J. and Campbell, B.C., 2000.** Regulation of aflatoxin production by naphtoquinones of

walnut (*Juglans regia*). Journal of Agricultural and Food Chemistry. Vol. 48, pp: 4418-4421.

۳۲. **Miller, D.M. and Wilson, D.M., 1994.** Veterinary diseases related to aflatoxins. In: The Toxicology of Aflatoxin: Human health, veterinary and agricultural significance (Eaton, D.L., Groopman, J.D. eds.,), Academic Press Inc., New York. pp: 347-360.

۳۳. **Motalebi, A.A.; Ardalani, K. and Jamili, S., 2003.** Effect of temperature on the produced aflatoxins in the rainbow trout feed in West Azerbaijan province. Journal of Fisheries and Aquatic Sciences. Vol. 3, pp: 392-397.

۳۴. **Philips, T.D.; Clement, B.A. and Park, D.L., 1994.** Approaches to reduction of aflatoxins in foods and feeds. In D.L. Eaton & J.D. Groopman (Eds). The Toxicology of Aflatoxins: Human health, veterinary and agricultural significance. pp: 383-406.

۳۵. **Ryan Georgianna, D. and Payne, G.A., 2009.** Genetic regulation of aflatoxin biosynthesis: from gene to genome. Fungal Genetics and Biology. Vol. 46, pp: 113-125.

۳۶. **Samson, R.A.; Hoekstra, E.S.; Frisvad, J.C. and Filtenborg, O., 2000.** Introduction to Food and Airborne Fungi, Sixth edn. The Netherlands: CBS-Utrechti.

۳۷. **Spring, P. and Fegan, D.F., 2005.** Mycotoxins- a rising threat to aquaculture? In: Nutritional Biotechnology in the Food and Food Industries: Proceeding of Altech`s 21st Annual Symposium (T.P. Lyons and K.A. Jacques, eds.). pp: 323-332.

۳۸. **Wiseman, M.O.; Price, R.L.; Lightner, D.V. and Wiliams, R.R., 1982.** Toxicity of aflatoxin B_1 to Penaeid shrimp. Applied and Environmantal Microbiology. Vol. 44, pp: 1479-1481.