مجله سلامت و محیط زیست، فصلنامه‌ی علمی پژوهشی
انجمن علمی بهداشت محیط ایران
دوره یازدهم، شماره اول، بهار ۱۳۹۷، صفحات ۱۵ تا ۲۴

Available online: http://ijhe.tums.ac.ir
مقاله پژوهشی

تعیین میزان آلودگی مایکوتوکسین‌ها در گندم‌های وارداتی به استان مازندران به کمک کروماتوگرافی مایع با کارایی بالا

رضا فرهمندفر[۱،*]، سلیمه رشیدایی ابندانسری[۲]، الهه مقصودلو[۱]، مریم اثنی عشری[۱]
۱- گروه علوم و صنایع غذایی، دانشکده مهندسی زراعی، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی ساری، ساری، ایران
۲- گروه علوم و صنایع غذایی، دانشکده فنی و مهندسی و علوم پایه، دانشگاه آزاد اسلامی، ساری، ایران

اطلاعات مقاله:

تاریخ دریافت: ۹۶/۰۹/۱۴
تاریخ ویرایش: ۹۶/۱۲/۰۲
تاریخ پذیرش: ۹۶/۱۲/۰۶
تاریخ انتشار: ۹۷/۰۳/۳۰

واژگان کلیدی: مایکوتوکسین، اکراتوکسین A، دئوکسی نیوالنول، زیرالنون، گندم

پست الکترونیکی نویسنده مسئول:
r.farahmandfar@sanru.ac.ir

چکیده

زمینه و هدف: گندم به‌دلیل تامین بخش اعظم آردهای مورد استفاده برای تهیه نان در اغلب جوامع از جمله ایران، یکی از مهمترین غلات به شمار می‌رود. امکان آلودگی گندم به مایکوتوکسین‌ها، بسته به شرایط مختلف تولید و نگهداری وجود دارد. با توجه به سرطان‌زایی و جهش‌زا بودن مایکوتوکسین‌ها نظارت بر میزان آلودگی در گندم‌های وارداتی و جلوگیری از ورود گندم با کیفیت پایین به زنجیره غذایی امری ضروری است. بنابراین مطالعه حاضر به منظور تعیین آلودگی گندم‌های وارداتی به استان مازندران انجام شد.

روش بررسی: در این تحقیق، نمونه‌های گندم وارداتی از کشورهای حوزه دریای خزر از نظر میزان رطوبت و مایکوتوکسین‌ها (اکراتوکسین A، زیرالنون و دئوکسی‌نیوالنول) مورد ارزیابی قرار گرفتند. آلودگی مایکوتوکسین‌ها به روش HPLC از طریق خالص‌سازی با ستون ایمونوافینیتی برای اکراتوکسین A و زیرالنون، و ستون فاز جامد برای دئوکسی نیوالنول انجام شد.

یافته‌ها: نتایج این مطالعه نشان داد که میانگین اکراتوکسین A، زیرالنون و دئوکسی نیوالنول در گندم‌های وارداتی به ترتیب ۲/۲۴، ۱۳۳/۵۰و ۱۸۱/۶۰ ng/g بودند.

نتیجه‌گیری: همه نمونه‌ها از نظر میزان مایکوتوکسین‌ها بر طبق حدود مجاز تعیین شده توسط استاندارد ملی ایران در حد قابل قبول برای مصرف بودند. از طرف دیگر، ارتباط مستقیمی بین میزان دئوکسی نیوالنول با میزان رطوبت نمونه‌ها (۰/۰۹۲-) مشاهده نشد و همبستگی بین رطوبت با اکراتوکسین A و زیرالنون به ترتیب ۰/۱۰۴ و ۰/۱۶۸ بود.

Please cite this article as: Farahmandfar R, Rashidaei Abandansari S, Maghsoudlou E, Asnaashari M. Determination of mycotoxin contamination in imported wheat to Mazandaran province by high performance liquid chromatography. Iranian Journal of Health and Environment. 2018;11(1):15-24.

Downloaded from ijhe.tums.ac.ir at 7:07 IRDT on Tuesday July 17th 2018
Archive of SID
www.SID.ir

Downloaded from ijhe.tums.ac.ir at 7:07 IRDT on Tuesday July 17th 2018

مقدمه

گنـدم (*Triticum aestivum*) به‌دلیل خواص تغذیه‌ای آن، یکی از پرمصرف‌ترین غلات در سراسـر جهان اسـت. سـازمان خوار و بار جهانی (FAO) سـرانه مصرف جهانی گندم را تقریبا kg ۶۶ بـه ازای هـر نفر در سـال تخمین زده اسـت (۱). در ایران براسـاس آمارنامه وزارت جهاد کشاورزی، در سال زراعی ۹۴-۹۳، سـطح برداشت گندم در کل کشور حدود ۵/۷ میلیون هکتار برآورد شـده که معادل ۵۰/۲۴ درصد کل سطح برداشت محصولات زراعی و ۷۱/۸۶ درصد از کل سـطح برداشت غلات اسـت. میزان تولید گندم کشـور ۱۱/۵ میلیون تن برآورد شده اسـت که معادل ۱۴/۹۶ درصد از کل تولید محصولات زراعی و ۶۳/۱۷ درصد از تولید غلات کشور است (۲). با توجه به سطوح بالای مصرف گندم در داخل کشور و تاکید بر کیفیت تولید آن، بخشـی از نیاز کشـور از طریق واردات این غله تامین می‌شود. گندم غنی از کربوهیدرات، پروتئین و سـایر ترکیبات مناسـب تغذیه‌ای اسـت بنابراین بسـته به شـرایط مختلف محیطی در طول مراحل تولید و نگهداری ممکن است دچار حملات قارچی و تجمـع مایکوتوکسـین‌ها در آن گردد که یکـی از مهمترین پارامترهای کیفیت گندم خوراکی اسـت. مایکوتوکسـین‌ها، به عنوان متابولیت‌های سمی قارچ‌ها، از مهمترین آلاینده‌های مواد غذایی بوده که سبب کاهش ارزش تغذیه‌ای محصول غذایی شده و خطری جدی برای سـلامت انسان و حیوان به شمار می‌آیند (۵-۳). علاوه بر این، مایکوتوکسین‌ها بر عملکرد فرآوری گندم نیـز آثار مخربی وارد کرده و زیان‌های اقتصادی قابل توجهی را در پـی دارند زیرا تولیدات گیاهی و دامـی را کاهش می‌دهند (۱، ۶). تولید مایکوتوکسـین‌ها به شـدت تحت تاثیر شـرایط آب و هوایـی، رطوبـت، درجـه حـرارت و ریزمغذی‌های قابل دسـترس در مراحل مختلف رشـد به‌ویژه مرحله گلدهی گندم اسـت (۳، ۴). همچنین، عوامل اسـترس‌زا نظیر صدمات ناشی از حشـرات و کمبود آب و نیز عوامـل تکنولوژیکی نظیر خاک کشـت، کود نیتروژنی، اسـتفاده از قارچ‌کش‌ها، تناوب کشت و ژنوتیپ گیاه میزبان (ارقام مقاوم) بر رشد گونه‌ها قارچی و تولید مایکوتوکسین‌ها در غلات به ویژه گندم موثر است (۳، ۴، ۶، ۷).

به‌طـور کلی قارچ‌هـای غلات را می‌توان بـه دو گروه قارچ‌های مزرعـه‌ای و قارچ‌هـای انبـاری طبقه‌بنـدی کـرد. جنس‌های آسـپرژیلوس و پنی‌سـیلیوم قارچ‌های معمـول انباری بوده که در مراحـل مختلف حمل و نقل، خشـک کـردن، انبارکردن یا بسـته‌بندی نامناسـب بر روی محصول ظاهر می‌شوند (۴، ۷). این گونه‌ها، مایکوتوکسین‌های سـرطان‌زا نظیر آفلاتوکسین‌ها و اکراتوکسـین A (OTA) را تولیـد می‌کننـد. OTA، مایکوتوکسـین شایع تولید شده در محصولاتی است که به‌طور نامناسبی ذخیره می‌شوند. OTA دارای اثر نفروتوکسیک بوده و احتمـالا عامل اصلـی نفروپاتی آندمیک بالکان در انسـان و تومورهای دستگاه ادراری است (۸، ۹).

در طول رشـد گنـدم در مزرعه یا در حین برداشـت، آلودگی توسط گونه‌ها فوزاریوم روی می‌دهد. این گونه‌ها، توکسین‌های اسـتروژنیک را تولیـد کـرده که از نظر سـاختاری بـه گروه تریکوتسـن‌ها تعلق دارند. در آسـیا شـایع‌ترین مایکوتوکسین موجود در گندم زیرالنون (ZEN) بوده که به سـرعت از طریق دسـتگاه گوارش جذب شده و نسبتا سـریع در مدفوع، ادرار و به‌طور جزئی در شـیر دفع می‌گردد. این سـم و مشـتقات آن جزء دسـته مواد شـیمیایی مختل‌کننده غدد درون‌ریز بوده و عوارض جانبی غالب آنها، تغییر در دسـتگاه تناسـلی، افزایش حجـم رحـم، کاهـش بـاروری، تغییرات در سـطوح سـرمی پروژسـترون و اسـترادیول اسـت (۱۰). دئوکسـی نیوالنـون (Deoxynivalenol (DON)) بـه گـروه توکسـین‌های تریکوتسـن متعلق بوده که به دلیل بروز استفراغ پس از مصرف به‌عنوان وومی توکسین (Vomitoxin) نیز شناخته شده است (۱۱، ۱۲). این سم ایمونوتوکسیک بوده و از طریق تغییرات در سـطح کروموزوم‌ها و سلول‌ها ممکن است سبب ایجاد سرطان در پسـتانداران گردد. مسـمومیت شدید با سـموم فوزاریوم به دلیل وجود یک حلقه اپوکسـی بسـیار واکنش‌پذیر در ساختار آنهـا اسـت (۴، ۱۳). DON و ZEN در مقابـل فرایندهـای تکنولوژیکی از جمله حرارت، مقاوم بوده، بنابراین مقادیر بالای این سـموم در دانه‌های گندم بـرای تولیدکنندگان مواد غذایی مسـئله قابل توجهی است (۱۲، ۱۴). به دلیل این‌که گندم‌های

Archive of SID
www.SID.ir

Downloaded from ijhe.tums.ac.ir at 7:07 IRDT on Tuesday July 17th 2018

وارداتی قبـل از مصرف مدتی در انبارها نگهداری می‌شـوند و با توجـه به آّب و هوای مرطوب اسـتان مازندران که شـرایط مناسـبی را برای توسعه قارچی فراهم می‌نماید، در صورت عدم رعایت کنترل شـرایط مناسب نگهداری و حمل و نقل، آلودگی مایکوتوکسین‌ها را به دنبال خواهد داشت.

بنابرایـن، هـدف از ایـن تحقیـق بررسـی میـزان آلودگی به مایکوتوکسـین‌ها شامل OTA، ZEN و DON در نمونه‌های گندم وارداتی از کشورهای حوزه دریای خزر به استان مازندران به‌عنـوان یکـی از اقلام پرمصـرف در صنایع غذایـی و به‌ویژه تامین‌کننده قسـمت اعظم آرد مورد اسـتفاده بـرای تولید نان جامعه ایرانی است.

مواد و روش‌ها

مواد اولیه

در طی واردات گندم از کشـورهای حوزه دریای خزر به استان مازندران در سـال ۱۳۹۴ در مبدا ورودی به کشـور، نمونه‌های گندم طی ۱۴ روز متوالی و در هر روز ۳ نمونه جمع‌آوری شـد. کلیه مواد شـیمیایی و حلال‌های مورد اسـتفاده مناسب برای کروماتوگرافی و تجزیه آزمایشگاهی بوده است.

اندازه گیری رطوبت

ابتدا به منظور کاهش خطای آزمون و یکنواخت شدن، نمونه‌های گنـدم تا مش ۲ mm آسـیاب شـدند. ۱-۳ g از نمونه (m_0) آسیاب شده در یک پلیت خشک شده به وزن (m_1) توزین شد. پلیت حاوی نمونه به مدت ۳ h در آون با دمای معین ۱۰۵ °C قرار گرفت. سـپس پلیت حاوی نمونه داخل دسیکاتور به دمای محیط رسـید (وزن پلیت به همراه نمونه خشـک شده m_2) و درصد رطوبت از معادله ۱ محاسبه شد (۱۵).

$$W\% = \frac{(m_2 - m_1)}{m_0} \times 100 \qquad (1)$$

اندازه‌گیری مایکوتوکسین‌ها

نمونه‌هـا پس از تمیز کردن، بـرای یکنواختی و کاهش خطای آزمـون به خوبی تا مش ۲ mm آسـیاب و الک شـدند. ۵۰ g از نمونه‌های گندم آسـیاب شـده برای تعیین غلظت هر یک از مایکوتوکسـین‌های OTA، ZEN و DON طبق اسـتاندارد ملـی ایـران بـه شـماره ۹۲۳۸ "غـلات و فرآورده‌هـای آن، اندازه‌گیـری اوکراتوکسـین A بـه روش کروماتوگرافـی مایع بـا کارایی بالا و خالص‌سـازی بـا سـتون ایمونوافینیتی، روش آزمون"، ۹۲۳۹ "غلات و فرآورده‌های آن، اندازه‌گیری ZEN به روش کروماتوگرافی مایع با کارایی بالا و خالص‌سـازی با ستون ایمونوافینیتی، روش آزمـون" و ۱۰۲۱۵ "غلات و فرآورده‌های آن، اندازه‌گیری دئوکسـی نیوالنول به روش کروماتوگرافی مایع با کارایی بالا و خالص‌سـازی با سـتون فاز جامد، روش آزمون" توزین شد (۱۸-۱۶).

روش آزمون

اسـتخراج مایکوتوکسـین‌ها از نمونه‌هـای مـورد آزمـون با اسـتفاده از حلال متانول: آب (درجه ۳) با نسـبت ۲:۸ انجام شـد. مایکوتوکسـین به‌دست آمده سپس با اسـتفاده از کاغذ صافـی واتمن شـماره ۱ صاف شـد و تا غلظـت معینی با آب مقطـر رقیق گردیـد. سـپس از سـتون ایمونوافینیتی دارای آنتی‌بادی‌هـای ویژه با سـرعت یک قطـره در ثانیه عبور داده شـد. بدین ترتیب مایکوتوکسین متصل شده به آنتی‌بادی‌های درون سـتون متصل گردید. مایکوتوکسـین متصل شـده به آنتی بادی درون سـتون توسـط عبور حلال شستشو (مخلوط متانول: اسـتونیتریل: آب درجه ۳ با نسـبت ۱:۱:۳) از داخل سـتون شسـته و وارد محفظه جمع‌آوری شـده سپس با آب رقیق گردید. با اسـتفاده از محلول‌های اسـتاندارد اختصاصی هر مایکوتوکسـین، محلول‌های اسـتاندارد کالیبراسیون تهیه شـد. منحنی کالیبراسـیون بـا تزریق غلظت‌هـای معینی از محلول‌های اسـتاندارد مایکوتوکسـین مورد نظر به دسـتگاه HPLC ترسـیم گردید. تزریق، جداسازی، تشخیص و تعیین مقدار مایکوتوکسـین با روش فاز معکوس کروماتوگرافی مایع بـا کارایی بالا به ترتیب با اسـتفاده از سـتون فـاز معکوس، مشتق‌سـاز و دتکتور فلوئورسـانس و از طریق مقایسـه سطح زیر منحنی استاندارد با نمونه مجهول با احتساب ضریب رقت برحسب ng/g محاسبه شد.

Archive of SID
www.SID.ir

Downloaded from ijhe.tums.ac.ir at 7:07 IRDT on Tuesday July 17th 2018

تجزیه و تحلیل آماری

محاسبات آماری داده‌ها در قالب طرح کاملا تصادفی و در سه تکرار انجام شد. جهت تعیین معنی‌دار بودن داده‌ها از آنالیز واریانس یک‌طرفه (ANOVA) استفاده شد. مقایسات میانگین و تعیین همبستگی بین داده‌ها براساس مربع پیرسون (Pearson) در سطح احتمال ۰/۰۵ با استفاده از نرم افزار SPSS و رسم نمودارها با نرم افزار Excel انجام شد.

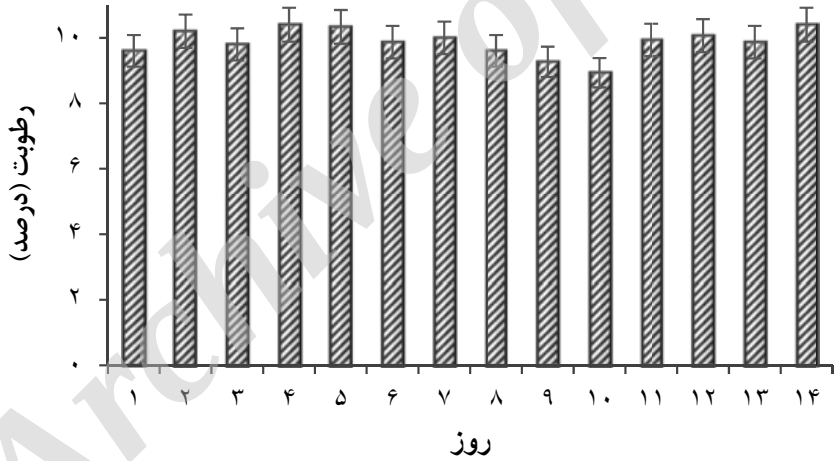
یافته‌ها

تعیین محتوای رطوبت

براساس نتایج آنالیز واریانس، نمونه‌های جمع‌آوری شده طی ۱۴ روز نمونه‌برداری، از نظر درصد رطوبت تفاوت معنی‌داری نشان ندادند ($p<0/05$) و میزان رطوبت در همه نمونه‌ها، کمتر از حد مجاز استاندارد ملی ایران (۱۴ درصد) بود. بیشترین میزان رطوبت با ۰/۵۲±۱۰/۴ درصد در نمونه روزهای چهارم و چهاردهم و کمترین سطح آن با ۰/۱۱±۸/۹۳ درصد در نمونه روز دهم مشاهده شد. میانگین رطوبت در کل نمونه‌های گندم وارداتی مورد مطالعه ۰/۷۷±۹/۸۷ درصد محاسبه شد (نمودار ۱).

اندازه گیری غلظت مایکوتوکسین‌ها

طبق نتایج آنالیز واریانس، نمونه‌های گندم وارداتی جمع‌آوری شده طی ۱۴ روز نمونه‌برداری، از نظر آلودگی به مایکوتوکسین‌های OTA، DON و ZEN تفاوت معنی‌دار داشتند ($p<0/05$). در همه نمونه‌های جمع‌آوری شده، آلودگی به OTA مشاهده شد (نمودار ۲). بیشترین میزان OTA، ۰/۳۵±۲/۹۲ ng/g در نمونه گندم روز دوم نمونه‌برداری و کمترین آن ۰/۱۸±۱/۱۶ ng/g در نمونه روز دوازدهم بود.



نمودار ۱– مقادیر درصد رطوبت در نمونه‌های گندم وارداتی به استان مازندران

جدول ۱- غلظت آلاینده‌ها در نمونه‌های گندم وارداتی مورد بررسی

پارامتر / ترکیب	بیشینه آلودگی (ng/g)	کمینه آلودگی (ng/g)	میانگین آلودگی (ng/g)	بیشینه مجاز استاندارد ملی (ng/g)	نمونه های آلوده (درصد)	نمونه‌های غیرقابل قبول (درصد)
اوکراتوکسین A	۰/۳۵±۲/۹۲	۰/۱۸±۱/۱۶	۰/۶۵±۲/۲۴	۵	۱۰۰	-
زیرالنون	۰/۰۰±۲۰۰	۳/۰۳±۶۵/۷۸	۴/۸۲±۱۳۳/۵۰	۲۰۰	۱۰۰	-
دئوکسی نیوالنول	۵/۰۵±۵۴۱/۶۷	۲/۳۶±۱۳/۶۶	۲/۶۷±۱۸۱/۶۰	۱۰۰۰	۸۵	-

Archive of SID
www.SID.ir

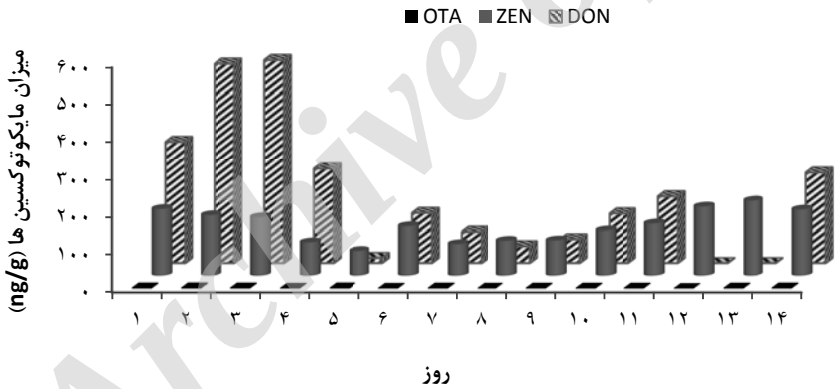
Downloaded from ijhe.tums.ac.ir at 7:07 IRDT on Tuesday July 17th 2018

میانگین آلودگی به OTA در کل نمونه‌ها، ۲/۲۴±۰/۶۵ ng/g محاسبه شد. براساس این نتایج، آلودگی در همه نمونه‌ها کمتر از حد مجاز OTA تعیین شده در استاندارد ملی ایران (۵ ng/g) و در حد قابل قبول برای مصرف بودند (جدول ۱). همچنین DON در نمونه‌های گندم جمع آوری شده در طی ۱۲ روز مختلف از مجموع ۱۴ روز نمونه‌برداری (۸۵ درصد از کل روزها) مشاهده شد (نمودار ۲). نمونه گندم روز سوم با مقدار ۵۴۱/۶۷±۵/۰۵ ng/g و نمونه گندم روز پنجم با ۱۳/۶۶±۲/۳۶ ng/g به ترتیب بیشترین و کمترین میزان آلودگی را نشان دادند. سطوح آلودگی در همه نمونه‌ها بر طبق استاندارد ملی ایران (۱۰۰۰ ng/g) در حد قابل قبول برای مصرف بود. در نمونه‌های روزهای دوازدهم و سیزدهم (۱۵ درصد از کل روزها) نیز، میزان DON کمتر از حد تشخیص بود. میانگین آلودگی در کل نمونه‌ها ۱۸۱/۶۰±۲/۶۷ ng/g محاسبه شد (جدول ۱).

همان‌طور که در نمودار ۲ مشاهده می‌شود، در بررسی سطوح ZEN، ۱۰۰ درصد نمونه‌ها آلوده به این سم قارچی بودند. اما میزان آلودگی‌ها در محدوده مجاز تعیین شده در استاندارد ملی ایران (۲۰۰ ng/g) بود. بیشترین میزان آلودگی با مقدار ۲۰۰±۰/۰۰ ng/g در نمونه روز سیزدهم و کمترین آن با ۶۵/۷۸±۳/۰۳ ng/g در نمونه روز پنجم مشاهده شد. میانگین آلودگی به ZEN در کل نمونه‌ها، ۱۳۳/۵۰±۴/۸۲ ng/g بود (جدول ۱).

همبستگی بین غلظت مایکوتوکسین‌ها و درصد رطوبت نمونه‌های گندم

آنالیز همبستگی مربع پیرسون برای بیان همبستگی بین درصد رطوبت نمونه‌های گندم مورد بررسی با غلظت مایکوتوکسین‌های مورد بررسی در آنها انجام شد. نتایج این همبستگی در جدول ۲ آمده است. ارتباط مستقیمی بین میزان DON با در صد رطوبت نمونه‌ها (۰/۰۹۲ -) مشاهده نشد و



نمودار ۲- غلظت مایکوتوکسین‌های اکراتوکسینA، زیرالنون و دئوکسی نیوالنول در نمونه‌های گندم

جدول ۲- همبستگی بین غلظت مایکوتوکسین‌ها و درصد رطوبت نمونه‌های گندم

	رطوبت	اکراتوکسین A	زیرالنون	نیوالنون‌دئوکسی
رطوبت	۱			
اکراتوکسین A	۰/۱۰۴	۱		
زیرالنون	۰/۱۶۸	۰/۱۸۵	۱	
نیوالنون‌دئوکسی	-۰/۰۹۲	۰/۰۳۴	۰/۲۱۷	۱

Archive of SID
www.SID.ir

Downloaded from ijhe.tums.ac.ir at 7:07 IRDT on Tuesday July 17th 2018

همبستگی بین رطوبت با OTA و ZEN به ترتیب ۰/۱۰۴ و ۰/۱۶۸ بود که نشان‌دهنده ارتباط مستقیم و بسیار ناچیز است. با توجه به مقدار معیار تصمیم (معنی‌داری)، ضرایب همبستگی بین درصد رطوبت نمونه‌ها با غلظت مایکوتوکسین‌ها معنی‌دار نبود ($p<0/05$).

بحث

در این مطالعه درصد رطوبت و مقادیر مایکوتوکسین‌های مختلف در نمونه‌های گندم وارداتی از کشورهای حوزه دریای خزر به استان مازندران اندازه‌گیری شد. رطوبت در تمام نمونه‌ها کمتر از حد مجاز استاندارد ملی ایران بود. میانگین مقادیر OTA، ZEN و DON به ترتیب ۰/۶۵±۲/۲۴، ۴/۸۲±۱۳۳/۵۰ و ng/g ۲/۶۷±۱۸۱/۶۰ به‌دست آمد. تمام نمونه‌ها از نظر آلودگی به مایکوتوکسین‌ها طبق استاندارد ملی ایران در حد قابل قبول بودند. احتمالا به دلیل درصد رطوبت پایین در نمونه‌ها، شرایط مطلوب برای توسعه قارچی در مراحل حمل و نقل و ذخیره‌سازی وجود نداشته و در نتیجه از تولید و تجمع بیش از حد مایکوتوکسین‌ها در نمونه‌های گندم جلوگیری شده است. بنابراین نمونه‌های گندم وارداتی برای مصرف خوراکی ایمن بودند. همچنین بررسی همبستگی بین میزان رطوبت نمونه‌ها و غلظت مایکوتوکسین‌ها رابطه مستقیم و بسیار پایینی را بین میزان رطوبت با دو مایکوتوکسین OTA و ZEN نشان داد. با توجه به اثر آشکار رطوبت بالا بر رشد قارچی و تولید مایکوتوکسین‌ها در مورد غیر معنی‌دار بودن همبستگی بین درصد رطوبت نمونه‌ها با میزان مایکوتوکسین‌ها می‌توان گفت احتمالا به دلیل نزدیک بودن مقادیر رطوبت در نمونه‌های مختلف و همچنین پایین بودن رطوبت در حد مطلوب و استاندارد، این عامل نمی‌توانست تشدیدکننده توسعه قارچ‌ها در مراحل حمل و نقل و یا انبارداری گردد و نقش چندانی در تفاوت بین میزان مایکوتوکسین‌ها در نمونه‌های مختلف داشته باشد. علاوه‌براین، ZEN و DON قارچ‌های مزرعه‌ای هستند بنابراین حضور آنها بیشتر به شرایط محیطی در مزرعه مرتبط است. بنابراین اثر سایر عوامل موثر در توسعه قارچی باید بررسی گردد.

Hedayati (۱۹) با بررسی میزان مایکوتوکسین ZEN در ۱۱۸ نمونه گندم از ۱۲ انبار استان مازندران گزارش کرد در همه انبارهای مورد مطالعه نمونه آلوده به ZEN وجود داشت. ۸۰/۵ درصد نمونه‌ها آلوده به ZEN بوده و ۶۴/۴ درصد نمونه‌ها آلودگی بالاتر از حد مجاز استاندارد ملی ایران داشتند که در مقایسه با تحقیق حاضر میزان آلودگی به ZEN در نمونه‌های آلوده مشهود و بالاتر از حد استاندارد بود.

یافته‌های Taheri و همکاران (۲۰) نشان داد سطح آفلاتوکسین توتال (Total) در ۲۰۰ نمونه گندم از ۲۵ کارخانه استان گلستان در فصول تابستان و زمستان به ترتیب ۰/۸۲ و ng/g ۱/۹۹ و آفلاتوکسین B_1 در فصول تابستان و زمستان به ترتیب در ۳/۱ و ۷/۴ درصد نمونه‌های مورد بررسی، بالاتر از حد مجاز استاندارد جهانی، اما کمتر از حد مجاز استاندارد ملی ایران بود. این محققان گزارش کردند میزان آفلاتوکسین‌ها در فصل زمستان بیشتر از تابستان بوده و رابطه رطوبت و میزان آفلاتوکسین B_1 و آفلاتوکسین توتال در فصل زمستان قابل توجه بود.

مطالعات متعددی در سراسر جهان میزان مایکوتوکسین‌ها در غلات مختلف از جمله گندم مورد بررسی قرار دادند. Silva و همکاران (۱۲) با ارزیابی سطوح دئوکسی نیوالنول در آرد گندم از دو منطقه جنوبی برزیل گزارش کردند ۹۷ درصد نمونه‌ها آلوده به DON بوده و میزان آلودگی در محدوده ۲۰۰ تا ۴۱۴۰ µg/kg بود. تنها ۱۷ درصد از نمونه‌ها مقادیر DON کمتر از حد مجاز تعیین شده توسط سازمان نظارت بر سلامت برزیل داشتند. این محققان نشان دادند با وجود اینکه بارندگی در طول پرکردن دانه‌ها در منطقه پتوبرنکو (Pato Branco) تقریبا ۳ برابر بود، میانگین سطوح آلودگی در نمونه‌های گندم از منطقه کوکیها (Cokiha) به‌طور قابل توجهی بالاتر بود. بنابراین پارامتر بارندگی را عاملی منطقی برای پیش‌بینی سطوح آلودگی DON در گندم ندانسته، بلکه ترکیب توزیع بارندگی ثابت (رطوبت نسبی بالا) را به همراه دمای پایین

Archive of SID
www.SID.ir

Downloaded from ijhe.tums.ac.ir at 7:07 IRDT on Tuesday July 17th 2018

(۲۰°C- ۱۶) عامل مهمتری گزارش کردند.

در تحقیقی Ahmed و همکاران (۲۱) نشـان دادند شایع‌ترین قارچ‌هـای جدا شـده از ۵۰ نمونـه گندم مختلـف جمع‌آوری شـده از بازار غـزه، قارچ‌هـای آسـپرژیلوس پارازیتیکوس ۸۴ درصد، آسـپرژیلوس فلاووس ۷۲ درصـد، آلترناریا ۴۸ درصد، آسـپرژیلوس نیجر ۶۴ درصد، فوزاریوم اکسی‌پوروم ۳۶ درصد، پنی‌سـیلیوم ۲۲ درصد، آسـپرژیلوس اکراسـئوس ۲ درصد و آسـپرژیلوس ورسـی‌کلر ۴ درصد بود. ۴۱ نمونـه (۸۲ درصد) از کل نمونه‌ها آلودگی به آفلاتوکسـین را نشـان دادند. میزان آفلاتوکسین توتال در نمونه‌های شـمال غزه، رفح، خان‌یونس، منطقه میانه و شـهر غزه به ترتیب ۸/۶۲، ۶/۳۶، ۴/۱۸، ۳/۱۳ و ۲/۳۳ ng/g بود که در سه منطقه شمال غزه، رفح و خان‌یونس بالاتر از حداکثر مجاز استاندارد داخلی بود.

در مطالعه Bryla و همکاران (۳) مقادیر ۲۶ مایکوتوکسـین را در ۱۴۷ نمونه از غلات کشـت شـده در ۵ منطقه لهستان بررسـی و گزارش کردند نمونه‌های شـرق و جنوب لهستان نسـبت به نمونه‌های شـمال و غرب آلودگی بالاتری داشتند. مهمتریـن آلودگی‌های قارچی یافت شـده در ایـن نمونه‌ها توکسـین‌های تولیـد شـده توسـط فوزاریـوم نظیر DON (در ۱۰۰ درصـد نمونه‌هـا)، ZEN، متابولیت‌هـای DON و انیانتین‌هـا بودنـد. ایـن محققـان اعـلام کردنـد حضور مایکوتوکسین‌ها در غلات منعکس‌کننده شرایط آب و هوایی غالب مناسـب برای توسعه قارچی در طول مراحل گلدهی و رشـد گیاه اسـت. در بین ژنوتیپ‌های مختلف مورد بررسی، برخی ژنوتیپ‌ها آلودگی بیشـتری نسـبت به سـایرین نشان دادند. آلوده‌ترین رقم مورد بررسـی آنهـا گندم تریتکاله بود. امـا نکته قابل توجه یافتن برخی مایکوتوکسـین‌های نوظهور مانند انیانتین‌ها به همراه سـایر مایکوتوکسـین‌های شناخته شـده و قانونمند شـده در نمونه‌های تریتکاله مورد آزمایش بود (۳).

Machado و همـکاران (۲۲) کیفیـت ۱۵۰۴ نمونـه گندم تولید شـده در برزیل و فرآورده‌های آن (سـبوس و آرد گندم) را از نظر سـم قارچی DON توسـط دستگاه LC-Ms/Ms ارزیابی کردند. نتایج این محققان نشان داد ۱۰۰۰ نمونه (۶۶/۵ درصـد) از کل نمونه‌ها مـورد مطالعه از نظر آلودگی به DON مثبت بودنـد. مقدار میانگین آلودگـی نمونه‌ها ۱۰۴۷ µg/kg بـود. اما تنهـا ۲۴۲ نمونه (۱۶/۱ درصد) دارای سـطح آلودگی بالای حداکثر سـطح مجاز تعیین شـده توسـط مقررات فعلی برزیل بودند. نتایج تحقیـق حاضر میزان DON کمتری را در نمونه‌های گندم مورد مطالعه نشان داد.

مطالعـات انجام شـده در مناطـق مختلف آب و هوایی نشـان می‌دهند نوع و میزان آلودگی به مایکوتوکسین‌ها وابستگی زیادی به شـرایط آب و هوایی منطقـه دارد. در هر منطقه جغرافیایی نیز شـرایط فصلـی و محلی در طول مراحل رشـد محصول از اهمیت زیـادی در تغییرات میزان مایکوتوکسـین‌ها برخوردار اسـت. به‌طور کلی، شرایط محیطی، رطوبت بیش از حد، شدت دما، شرایط خشکی، آسیب‌های حشرات، سیستم‌های برداشت و روش‌های زراعی می‌تواند سبب ایجاد استرس و مستعد کردن گندم به رشد قارچ‌ها شده و آلودگی به مایکوتوکسین را افزایش دهـد. همچنین تفاوت در نتایج مایکوتوکسـین‌ها در تحقیقات مختلف احتمالا به سال‌های مورد بررسی، نوسانات سالانه آب و هوا و شرایط ذخیره‌سازی نیز مربوط است (۱).

با توجه به اهمیت گندم در رژیم غذایی جامعه ایران و همچنین پتانسـیل بالای این محصول برای تجمع توکسین‌های قارچی، نظـارت دوره‌ای بـر میـزان مایکوتوکسـین‌ها در این محصول اسـتراتژیک، برنامه‌ریـزی جامع برای ایجاد سیسـتم عملیاتی مناسـب به منظور کاهش آلودگی‌های قارچی و اقدامات کنترل کیفی روی گندم‌های وارداتی ضروری اسـت. همچنین لازم به ذکر اسـت اجرای روش‌های مناسب کشاورزی، استفاده از ارقام مقاوم و بهره‌گیری از سیسـتم‌های GMP و HACCP بعد و قبل از برداشت، سـبب کاهش مایکوتوکسین‌ها و عرضه غذای سالم به مصرف‌کننده خواهد شد.

نتیجه‌گیری

گندم و فرآورده‌های آن حسـاس به صدمات قارچی در مراحل قبل و پس از برداشـت هستند که آسیب‌های جدی بر سلامت

Archive of SID
www.SID.ir

Downloaded from ijhe.tums.ac.ir at 7:07 IRDT on Tuesday July 17th 2018

مصرف‌کننده وارد می‌کنند. نتایج این تحقیق بیانگر آن است که میزان مایکوتوکسین‌ها در نمونه‌های گندم وارداتی از کشورهای حوزه دریای خزر کمتر از حد مجاز اســتاندارد ملی ایران بوده و برای مصرف خوراکی ایمن تلقی می‌شوند.

ملاحظات اخلاقی

نویســندگان کلیــه نکات اخلاقی شــامل عدم ســرقت ادبی، انتشــار دوگانه، تحریف داده‌ها و داده‌ســازی را در این مقاله رعایت کرده‌اند.

تشکر و قدردانی

بدین وســیله نویسندگان مقاله بر خود لازم می‌دانند از دانشگاه علوم کشــاورزی و منابع طبیعی ســاری و کلیه عزیزانی که در انجــام ایــن پروژه ما را یــاری نمودند، کمال تقدیر و تشــکر را بنمایند.

References

1. Cheli F, Pinotti L, Novacco M, Ottoboni M, Tretola M, Dell'Orto V. Mycotoxins in Wheat and Mitigation Measures: Wheat Improvement, Management and Utilization. London: IntechOpen; 2017.
2. Ahmadi k, Golizadeh H, Ebadzadeh HR, Hatami F, Fazli Estabragh M, Hoseynpoor R, et al. Agricultural Statistics of Crop Year 2014-2015. Tehran: Ministry of Agriculture Jihad; 2016 (in Persian).
3. Bryła M, Waśkiewicz A, Podolska G, Szymczyk K, Jędrzejczak R, Damaziak K, et al. Occurrence of 26 mycotoxins in the grain of cereals cultivated in Poland. Toxins. 2016;8(6):160.
4. Golinski P, Waskiewicz A, Wisniewska H, Kiecana I, Mielniczuk E, Gromadzka K, et al. Reaction of winter wheat (Triticum aestivum L.) cultivars to infection with Fusarium spp.: mycotoxin contamination in grain and chaff. Food Additives and Contaminants. 2010;27(7):1015-24.
5. Mosayebi M, Mirzaee H. Determination of mycotoxin contamination and heavy metals in edible rice imported to Golestan Province. Iranian Journal of Health and Environment. 2014;6(4):503-14 (in Persian).
6. Smith M-C, Madec S, Coton E, Hymery N. Natural co-occurrence of mycotoxins in foods and feeds and their in vitro combined toxicological effects. Toxins. 2016;8(4):94.
7. Conkova E, Laciakova A, Styriak I, Czerwiecki L, Wilczynska G. Fungal contamination and the levels of mycotoxins (DON and OTA) in cereal samples from Poland and East Slovakia. Czech Journal of Food Science. 2006;24(1):33-40.
8. Marin S, Ramos A, Cano-Sancho G, Sanchis V. Mycotoxins: occurrence, toxicology, and exposure assessment. Food and Chemical Toxicology. 2013;60:218-37.
9. Pfohl-Leszkowicz A, Manderville RA. an overview on toxicity and carcinogenicity in animals and humans. Molecular Nutrition & Food Research. 2007;51(1):61-99.
10. Stanciu O, Banc R, Cozma A, Filip L, Miere D, Mañes J, et al. Occurence of Fusarium Mycotoxins in Wheat from Europe–A Review. Acta Universitatis Cibiniensis. Series E: Food Technology. 2015;19(1):35-60.
11. Hallen-Adams HE, Wenner N, Kuldau GA, Trail F. Deoxynivalenol biosynthesis-related gene expression during wheat kernel colonization by Fusarium graminearum. Phytopathology. 2011;101(9):1091-96.
12. Silva CL, Benin G, Rosa AC, Beche E, Bornhofen E, Capelin MA. Monitoring levels of deoxynivalenol in wheat flour of Brazilian varieties. Chilean journal of agricultural research. 2015;75(1):50-56.
13. Tamm C, Breitenstein W. The biosynthesis of trichothecene mycotoxins. New York: Academic Press; 1980.
14. Samar MM, Fontán CF, Resnik SL, Pacin AM, Castillo MD. Distribution of deoxynivalenol in wheat, wheat flour, bran, and gluten, and variability associated with the test procedure. Journal of AOAC international. 2003;86(3):551-56.
15. Farahmandfar R, Farahmandfar E, Ramezani A. Physical properties of rough rice. International Journal of Food Engineering. 2009;5(5).
16. ISIRI. Cereal and cereal products: Determination

Archive of SID
www.SID.ir

of deoxynivalenole by HPLC method and DONSPE column clean up-test method. Karaj: Institute of Standards and Industrial Research of Iran; 2012 (in Persian).
17. ISIRI. Foodstuffs- Cereal and cereals Products: Determination of ochratoxin A by HPLC method and immunoaffinity column clean up-test method. Karaj: Institute of Standards and Industrial Research of Iran; 2017 (in Persian).
18. ISIRI. Foodstuffs- Cereal and cereals products: Determination of zearalenon by HPLC method and immunoaffinity column clean up-Test method. Karaj: Institute of Standards and Industrial Research of Iran; 2012 (in Persian).
19. Hedayati M. A Survey on wheat samples for mycotoxin zearalenone from Mazandaran Province 2002. Journal of Mazandaran University of Medical Sciences. 2005;15(49):89-94.
20. Taheri N, Semnani S, Roshandel G, Namjoo M, Keshavarzian H, Chogan A, et al. Aflatoxin contamination in wheat flour samples from Golestan Province, Northeast of Iran. Iranian journal of Public Health. 2012;41(9):42-47.
21. Ahmed MA, Ghada S, Ferial AI, Sherif RM. Fungi and aflatoxins associated with wheat grains in Gaza governorates. African Journal of Microbiology Research. 2015;9(46):2275-82.
22. Machado LV, Mallmann CA, Mallmann AO, Coelho RD, Copetti MV. Deoxynivalenol in wheat and wheat products from a harvest affected by fusarium head blight. Food Science and Technology (Campinas). 2017;37(1):8-12.

Downloaded from ijhe.tums.ac.ir at 7:07 IRDT on Tuesday July 17th 2018

Archive of SID

www.SID.ir

Available online: http://ijhe.tums.ac.ir

Original Article

Determination of mycotoxin contamination in imported wheat to Mazandaran province by high performance liquid chromatography

R Farahmandfar [1,*], S Rashidaei Abandansari [2], E Maghsoudlou [1], M Asnaashari [1]

1- Department of Food Science and Technology, Faculty of Agricultural Engineering, Sari Agricultural Sciences and Natural Resources, Sari, Iran

2- Department of Food Science and Technology, Faculty of Engineering and Basic Sciences, Islamic Azad University, Sari, Iran

ARTICLE INFORMATION:

Received: 5 December 2017
Revised: 21 February 2018
Accepted: 25 February 2018
Published: 20 June 2018

Keywords: Mycotoxin, Ochratoxin A, Deoxynivalenol, Zearalenone, Wheat

***Corresponding Author:**
r.farahmandfar@sanru.ac.ir

ABSTRACT

Background and Objective: Wheat is one of the most important cereals due to the supply of much of the flour used in bread making in most countries, such as Iran. Wheat contamination with mycotoxins is subject to different production and maintenance conditions. As a carcinogen and mutagen, monitoring the amount of mycotoxins in imported wheat and prevention of the entry of low quality wheat to the food chain are essential. Therefore, this study was conducted to determine the contamination of the wheat imported to Mazandaran province.

Materials and Methods: Samples of the wheat imported from Caspian Sea countries were evaluated for moisture content and mycotoxins contamination (ochratoxin A, zearalenone and deoxynivalenol). Mycotoxins contamination was determined by HPLC method via purifying with immunoaffinity column for ochratoxin A and zearalenone, and DONSPE column for deoxynivalenol.

Results: The results of this study showed that the average of ochratoxin A, zearalenone, and deoxynivalenol in the samples were 2.24, 133.50 and 181.66 ng/g, respectively.

Conclusion: All the samples were within the acceptable level for mycotoxin according to the permissible limits of Iran National Standard. Additionally, a direct relation between deoxynivalenol and moisture content of the samples (-0.092) was not observed and the correlation between moisture content and ochratoxin A and zearalenone was 0.104 and 0.168, respectively.

Please cite this article as: Farahmandfar R, Rashidaei Abandansari S, Maghsoudlou E, Asnaashari M. Determination of mycotoxin contamination in imported wheat to Mazandaran province by high performance liquid chromatography. Iranian Journal of Health and Environment. 2018;11(1):15-24.

Downloaded from ijhe.tums.ac.ir at 7:07 IRDT on Tuesday July 17th 2018

Archive of SID

www.SID.ir