



ماهنامه علمی تخصصی پایا شهر

ISSN ۲۹۸۰-۷۷۸۶

زمان چاپ: ۱۴۰۳/۰۳/۲۵

شماره مجوز مجله: ۸۰۴۰۰

ارزیابی ریسک آرسنیک سلامت انسانی مصرف برنج ایرانی ، مقایسه ای کشت شده بین ناحیه شمال و جنوب ایران

علیرضا پرداختی^۱ ، وحید محمدی جلالی^۲

۱- استادیار، گروه مهندسی محیط زیست، دانشکده محیط زیست، دانشگاه تهران

۲- دانشجوی کارشناسی ارشد گروه مهندسی محیط زیست، دانشکده محیط زیست، دانشگاه تهران

VM.JALALI@YAHOO.COM

چکیده:

فلزات بر اساس نقشی که در متابولیسم بدن انسان دارند در دو گروه اصلی ضروری و غیر ضروری دسته بندی می شوند. اگرچه فلزات ضروری مانند آهن (آهن)، مس (مس)، روی (روی)، سلنیوم (SE)، نیکل (نیکل)، کروم (کروم) و منگنز (منگنز) نقش کلیدی در مسیرهای متابولیک دارند، اما گروه غیر ضروری (فلزات سمی) مانند سرب (PB)، آرسنیک (AS)، کادمیوم (CD) و جیوه (HG) می توانند اثرات نامطلوبی بر سلامتی بگذارند. این فلزات سمی تمایل به تجمع بیولوژیکی در بافتها و ریزمحیطهای مختلف بدن انسان دارند و حتی در غلظت های پایین می توانند بسیار سمی باشند. غلات پرمصرف مانند برنج ممکن است از طرق مختلف مانند خاک کشت، آب آبیاری، کاربرد سموم دفع آفات، کودهای آلی و شیمیایی، بارش جوی، فعالیت های صنعتی و حمل و نقل با فلزات سمی آلوده شوند. بنابراین مواجهه احتمالی با فلزات سمی در اثر مصرف برنج می تواند اثرات مضر بر سلامت انسان داشته باشد. در این راستا، کادمیوم به عنوان عامل بالقوه بیماری ITAI-ITAI شناخته شده است. قرار گرفتن طولانی مدت در معرض سرب می تواند باعث سرطان خون، کولیت گوارشی، اختلالات عملکرد مغز و بیماری های ترومبوتیک شود. و آرسنیک می تواند باعث انواع سرطان شود.

واژگان کلیدی: ارزیابی ریسک، فلزات سنگین، آرسنیک، برنج

۱- مقدمه:

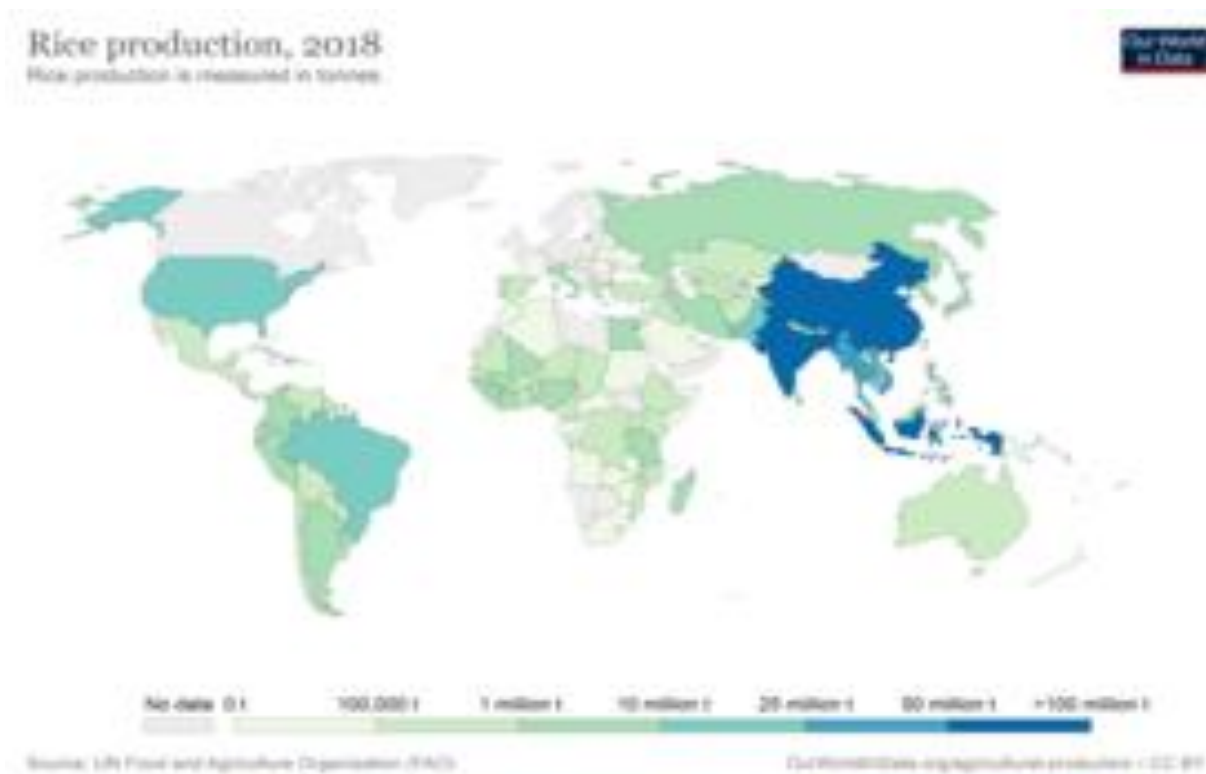
۱-۱: برنج

برنج به انگلیسی RICE یکی از مهم ترین غلات و اقلام غذایی جهان است. نیمی از جمعیت جهان، به برنج به عنوان یک غذای اصلی، وابسته هستند. برنج، پس از نیشکر و ذرت، سومین محصول کشاورزی از نظر میزان تولید در جهان است.

در جهان بیش از ۱۲۰,۰۰۰ رقم برنج وجود دارد. و هم اکنون رقمهای مختلف برنج جهان در دو گونه زیستی کلی جای می گیرند. گونه های اصلی برنج، شامل برنج آسیایی نام علمی (ORYZA SATIVA) و برنج آفریقایی نام علمی (GLABERRIMA) (ORYZA) هستند.



نقشه جهانی تولید برنج در سال ۲۰۱۸



انواع برنج

اگرچه در حال حاضر هزاران نوع برنج در جهان وجود دارد، اما بسته به نحوه پردازش تولیدکنندگان به دو گروه برنج سفید و برنج قهوه‌ای تقسیم می‌شوند. برنج سفید رایج‌ترین نوع است، در حالی که برنج قهوه‌ای مزایای بیشتری برای سلامتی دارد.

برنج سفید، برنج قهوه‌ای، برنج باسماتی، برنج اصلی در تهیه غذاهای هندی و پاکستانی، برنج جاسمین، نوعی برنج تایلندی، برنج ژاپنی (برنج سوشی)، برنج بُمبا، برنج اسپانیایی، برنج آرباریو، برنج ایتالیایی، برنج سیاه چینی

برنج وحشی، برنج کالیجیرا

ارزش غذایی برنج

برنج انواع مختلفی دارد. ارزش غذایی برنج‌های مختلف مثل برنج قهوه‌ای و برنج سفید با یکدیگر متفاوت است. در ۱۰۰ گرم برنج سفید ترکیبات زیر وجود دارد:

انرژی: ۱۳۰ kcal ، چربی کل: ۰٫۳g ، چربی اشباع: ۰٫۱g ، کلسترول: ۰ MG ، سدیم: ۱ MG



ماهنامه علمی تخصصی پایا شهر

ISSN ۲۹۸۰-۷۷۸۶

پتاسیم: ۳۵ MG ، کربوهیدرات کل: ۲۸ G ، فیبر خوراکی: ۰,۴ G ، قند: ۰,۱ G ، پروتئین: ۲,۷ G

ویتامین سی ۰ MG ، کلسیم ۱۰ MG ، آهن ۰,۲۰ MG ، منیزیم: ۱۲ MG

۱-۲-آرسنیک :

آرسنیک یکی از سمی ترین عناصر در دنیا است. در طول تاریخ، آرسنیک همیشه راهی پیدا کرده است تا به چرخه‌ی غذایی نفوذ کند و در نهایت به غذای انسان‌ها راه پیدا کند. امروزه این مشکل روز به روز در حال بیشتر شدن است و آلودگی گسترده‌ای که در سطح جهان وجود دارد باعث بیشتر شدن مقدار آرسنیک در غذا هم شده است و مشکلات جدی‌ای برای سلامتی در پی خواهد داشت. چند وقتی است که تحقیقات مختلف نشان از مقدار زیاد آرسنیک در برنج می‌دهند. این یک مشکل جهانی بزرگ است زیرا برنج غذای اصلی بیش از نیمی از جمعیت جهان را تشکیل می‌دهد.

آرسنیک یک عنصر سمی کم‌مقدار است که در جدول تناوبی با سمبل (AS) شناخته می‌شود. این عنصر به‌طور معمول تنها در طبیعت پیدا نمی‌شود بلکه در ترکیب شیمیایی با عناصر دیگر یافت می‌شود. این ترکیبات می‌توانند به دودسته‌ی کلی تقسیم شوند:

آرسنیک ارگانیک (آلی) : این نوع آرسنیک بیشتر در گیاهان و بافت گوشت حیوانات یافت می‌شود

آرسنیک غیر ارگانیک (غیر آلی) : این نوع آرسنیک در سنگ‌ها، خاک و حل شده در آب پیدا می‌شود. این نوع آرسنیک سمی‌تر است.

هر دو نوع آرسنیک به‌طور طبیعی در طبیعت وجود دارند اما اخیراً به خاطر افزایش آلودگی کره‌ی زمین مقدارشان افزایش پیدا کرده است. به علت دلایل مختلف برنج توانایی این را دارد مقدار قابل توجهی آرسنیک غیر ارگانیک (نوع سمی‌تر) را از محیط بگیرد و در خودش انباشته کند.

منابع غذایی آرسنیک

شاید عجیب به نظر بیاید اما آرسنیک تقریباً در تمام غذاها و نوشیدنی‌ها وجود دارد اما معمولاً مقدارش خیلی کم است؛ اما مواردی هم وجود دارند که در مقایسه آرسنیک زیادی در آن‌ها پیدا می‌شود.

آب آشامیدنی آلوده: میلیون‌ها انسان در سراسر دنیا آب‌های آشامیدنی آلوده مصرف می‌کنند که متأسفانه مقدار آرسنیک غیر ارگانیک بالایی در آن وجود دارد. این مسئله بیشتر در کشورهای آفریقایی و آسیایی مشکل‌ساز است و مشکل آب آشامیدنی سالم در بقیه قسمت‌های دنیا حل شده است.

غذاهای دریایی: ماهی، میگو، صدف و بقیه غذاهای دریایی ممکن است مقدار زیادی آرسنیک غیر ارگانیک داشته باشند. صدف‌های سیاه و بعضی از جلبک‌ها هم آرسنیک بالایی دارند.

برنج بیشتر از هر نوع غذای دیگری در خودش آرسنیک انباشته می‌کند و در واقع بزرگ‌ترین منبع غذایی آرسنیک غیر ارگانیک است.

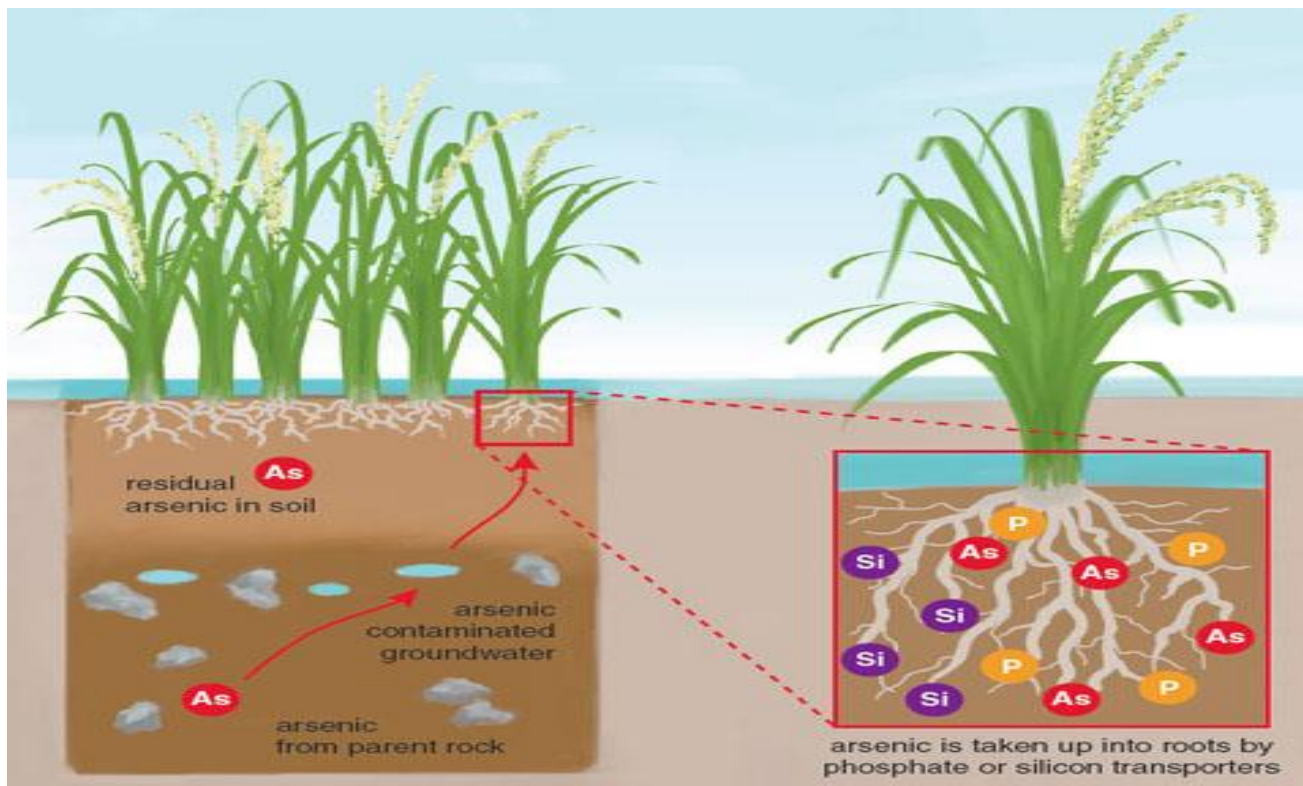
آرسنیک به‌طور طبیعی در آب، خاک و سنگ‌ها پیدا می‌شود اما ممکن است مقدارش در بعضی از مناطق بیشتر باشد. آرسنیک به‌راحتی وارد چرخه‌ی غذایی می‌شود و در بعضی مواقع به میزان زیادی در گیاهان و حیوانات انباشته می‌شود و هر دو مورد در نهایت غذای انسان‌ها هستند. به خاطر فعالیت‌های انسانی که منجر به افزایش آلودگی شده‌اند میزان آلودگی آرسنیک هم

افزایش پیدا کرده است. منابع اصلی آلودگی آرسنیک عبارتند از: سموم کشاورزی (مثل آفت کش ها و علف کش ها)، کودهای شیمیایی، مواد نگه دارنده ی چوب، زباله های صنعتی، فعالیت های آرسنیک غالب اوقات وارد آب های زیرزمینی می شود که در اکثر نقاط دنیا بسیار آلوده است. از طریق آب های زیرزمینی آرسنیک راهش را به چاه ها و دیگر منابع آب که ممکن است برای آبیاری محصولات و آشپزی استفاده شوند باز می کند. شالیزارهای برنج به سه علت اصلی مستعد آلوده شدن به آرسنیک هستند.

آرسنیک در زمین های پر آب (مثل شالیزارها) که نیاز به آب یاری مداوم دارند جمع می شود. در نقاط زیادی آبی که برای آبیاری استفاده می شود آلودگی آرسنیک دارد.

آرسنیک ممکن است در طول زمان جذب زمین های کشاورزی شود که در نهایت به بیشتر کردن مشکل ختم می شود.

برنج نسبت به مواد غذایی دیگر مقدار بیشتری آرسنیک به خودش جذب می کند. استفاده از آب تصفیه نشده که ممکن است آلوده باشد برای آشپزی هم مشکل بزرگی است؛ زیرا دانه های برنج به راحتی آرسنیک جذب می کنند و پخت آن ها با آب آلوده فقط مشکل را بدتر می کند.



شکل شماره ۱

مقدار زیاد آرسنیک بسیار سمی است و باعث عوارض جانبی بد و خطرناکی می شود و حتی مقدار خیلی زیادش منجر به مرگ می شود. آرسنیک در منابع غذایی معمولاً در مقادیر کمی است و باعث ایجاد نشانه های مسمومیت نمی شود. با این حال هضم آرسنیک در طولانی مدت ممکن است باعث آسیب به سلامتی انسان شود و خطر ابتلا به بیماری های مزمن را افزایش دهد. این بیماری ها عبارتند از:



ماهنامه علمی تخصصی پایا شهر

ISSN ۲۹۸۰-۷۷۸۶

انواع مختلف سرطان

تنگ شدن یا انسداد رگ‌ها

فشارخون بالا

بیماری‌های قلبی

دیابت نوع دو

علاوه بر این موارد آرسنیک به سلول‌های عصبی هم آسیب می‌زند و روی کارکرد مغز تاثیر می‌گذارد. قرار گرفتن در معرض آرسنیک در کودکان و نوجوانان ممکن است با کم شدن تمرکز، یادگیری و حافظه در ارتباط باشد. بعضی از این مشکلات ممکن است قبل از تولد شکل بگیرند. تحقیقات زیادی نشان داده‌اند که دریافت مقدار زیاد آرسنیک در بانوان باردار ممکن است روی رشد جنین تاثیر بگذارد و باعث مشکلات هنگام زایمان شود.

باید مشکل آرسنیک توجه کرد زیرا آرسنیک مشکل کوچکی نیست. کودکان به خاطر سائز بدنی کوچکی که دارند ممکن است تاثیر بیشتری از آرسنیک بگیرند پس تا جایی که می‌شود باید محصولات مثل غلات صبحانه‌ای که از برنج ساخته می‌شوند را از رژیم غذایی آن‌ها حذف کرد. البته همه‌ی برنج‌ها مقدار زیادی آرسنیک ندارند و خوردن آن‌ها بدون مشکل است اما فهمیدن اینکه چه برنجی آرسنیک بالایی دارد بدون اینکه در آزمایشگاه تست شود ممکن نیست.

مقدار آرسنیک برنج با شستن (منظور فقط یک آبکشی معمولی نیست و باید برنج را به خوبی شست) و پختن برنج در آب تمیز که آرسنیک پایینی دارد (مثل آب تصفیه یا آب لوله‌کشی) خیلی به کم شدن خطر آرسنیک کمک می‌کند. این روش هم در برنج قهوه‌ای و هم در برنج سفید مقدار آرسنیک را تا ۵۷ درصد کم می‌کند؛ اما باید به این مسئله توجه کرد که اگر آب مورد استفاده آرسنیک بالایی داشته باشد همه چیز بدتر می‌شود. در کل موارد زیر به دریافت کمتر آرسنیک از طریق برنج کمک می‌کنند:

از مقدار زیادی آب تمیز هنگام پخت برنج استفاده کنید.

برنج را قبل از پخت خوب بشوید و آن را بین کف دست‌ها زیر آب به هم بسابید. این روش باعث کم شدن آرسنیک ۱۰ تا ۲۸ درصد می‌شود.

برنج قهوه‌ای مقدار بیشتری آرسنیک نسبت به برنج سفید دارد و اگر هرروز به مقدار زیادی برنج مصرف می‌کنید برنج سفید انتخاب بهتری برای شما است.

اگر ممکن است از خرید برنجی که در فصل‌های خشک کشت می‌شود خودداری کند، میزان آرسنیک در این دوره‌ها بیشتر است. برنج به طور طبیعی حاوی مقادیر زیادی آرسنیک است. آرسنیک سمی مهلک است که می‌تواند سبب مرگ انسان شود، اخیرا کارشناسان بهترین روش برای حذف آن از برنج در حین پخت و پز را گفته‌اند.

جوشاندن آب قبل از ریختن درون برنج و سپس تخلیه آب پس از پنج دقیقه، باعث از بین رفتن بیشتر آرسنیک می‌شود. سپس افراد باید پخت و پز برنج را با افزودن آب، پایین آوردن حرارت و قرار دادن در ب قابلمه به پایان برسانند. اخیرا محققان دانشگاه "شفیلد" کشف کردند که روش کوتاه جوشاندن موثرترین روش برای کم کردن سطح آرسنیک در برنج است.

کوتاه جوشاندن (PARBOILING) یک نوع روش پخت است که در آن ماده غذایی به صورتی جزئی و کوتاه مدت با آب جوش در تماس است. این روش بیشتر برای برنج سبوس دار (پوست دار) انجام می‌شود، به طوری که با فشار و بخار لازم سبوس برنج را



ماهنامه علمی تخصصی پایا شهر

ISSN ۲۹۸۰-۷۷۸۶

طوری از دانه برنج جدا می کنند که مواد غذایی آن از سبوس وارد دانه برنج می شود.

این روش بیش از ۵۰ درصد آرسنیک طبیعی موجود در برنج قهوه‌ای را از بین می برد. در برنج سفید این روش تا ۷۴ درصد آرسنیک را از بین می برد.

طبق آژانس استاندارد غذا (FSA)، حداکثر میزان ایمن مصرف روزانه آرسنیک، هشت میکروگرم در کیلوگرم وزن بدن است. به طور متوسط وزن یک مرد در انگلیس ۸۳٫۶ کیلوگرم است و حد مجاز مصرف روزانه آنها ۶۶۸ میکروگرم یا ۰٫۶ میلی گرم است. قانون میزان آرسنیک در برنج سفید نباید از ۰٫۲۰ میلی گرم در کیلوگرم و ۰٫۲۵ میلی گرم در هر کیلوگرم در برنج قهوه‌ای تجاوز کند.

افرادی که روزانه بیش از سه کیلوگرم برنج سفید و ۲٫۴ کیلوگرم برنج قهوه‌ای استفاده می کنند، این آستانه را نقض می کنند که این موضوع نیز می تواند منجر به سرطان ریه، پوست و مثانه شود. با این حال، ضمن از بین بردن سم مضر برنج، این روش تمام مواد مغذی موجود در محصول را حفظ می کند.

این ماده شیمیایی سمی به طور طبیعی در محصول جمع می شود و با سرطان‌های مربوط به رژیم غذایی و بیماری‌های کبدی ارتباط دارد. در موارد جدی، می تواند منجر به مرگ شود. آرسنیک توسط آژانس بین‌المللی تحقیقات سرطان به عنوان یک ماده سرطان زا در گروه ۱ طبقه‌بندی می شود و به دلیل محلول بودن در آب وارد گیاهان می شود. برنج که غالباً در شالیزارها کشت می شود، ۱۰ برابر بیشتر از غلات دیگر آرسنیک خاک را جذب می کند

۲- مواد و روشها :

این مطالعه به ارزیابی ریسک سلامت انسانی مواجهه با آرسنیک مصرفی در برنج ناحیه شمال و جنوب ایران می پردازد. ارزیابی ریسک سرطانزایی و ارزیابی ریسک غیر سرطانزایی بر اساس روش ارزیابی ریسک بهداشتی ارائه شده توسط سازمان حفاظت محیط زیست آمریکا (USEPA) انجام شد. در نهایت با استفاده از داده های بدست آمده، ریسک سرطانزایی و ریسک غیرسرطانزایی ناشی از مصرف سالیانه با استفاده از سیستم اطلاعات یکپارچه ارزیابی ریسک (RAIS) تعیین گردید.

جهت ارزیابی ریسک سرطانزایی آرسنیک، مقدار مصرف روزانه به صورت مزمن $CDI = CHRONI DAILY INTAKE$

تخمین زده شد. برای محاسبه CDI بر حسب میلی گرم بر کیلوگرم در روز از فرمول زیر استفاده شد:

$$CDI = CA * IR * ED * L / BW * ATL * NY$$

که در آن : CA = غلظت متوسط آلاینده بر حسب میلی گرم بر کیلوگرم روز ، IR = میزان مصرف بر حسب روز کیلوگرم،

ED = میزان مصرف بر حسب روز در سال، L = طول مدت مصرف بر حسب سال،

BW = وزن بدن بر حسب کیلوگرم، ALT = متوسط طول عمر فرد

NY = تعداد روزهای مصرف بر حسب روز سال میباشد.

جدول ۱- مفروضات تحقیق بر اساس مصرف روزانه آرسنیک



ماهنامه علمی تخصصی پایا شهر

ISSN ۲۹۸۰-۷۷۸۶

| وزن بدن کیلوگرم | مدت زمان مصرف (سال) | میزان مصرف (روز/سال) | تعداد مصرف (روز/سال) | زمان متوسط آلاینده میلیگرم /کیلوگرم | غلظت متوسط آلاینده میلیگرم /کیلوگرم | طول عمر (سال) | مقدار مصرف روزانه کیلوگرم |
|--------------------|------------------------|-------------------------|----------------------------|---|---|------------------|---------------------------------|
| ۷۰ | ۷۰ | ۳۶۵ | ۳۶۵ | ۰,۰۲۷۱ | ۰,۰۲۷۱ | ۷۰ | ۰,۱۱۰ |
| | | | | ۰,۰۷۹۱ | | | |

ریسک سرطان (CR - CANCER RISK) نیز با استفاده از ضرب مصرف روزانه به صورت مزمن درفاکتور تشدید (CSF) براساس سیستم اطلاعات یکپارچه ریسک IRIS - INTEGRATED RISK INFORMATION SYSTEM محاسبه گردید.

$$CR = CDI \times CSF$$

بنابراین با توجه به اطلاعات سیستم یکپارچه ریسک، فاکتور شیب بلع ORAL SLOPE FACTOR برابر بر ۱,۵ برحسب $(MG/KG-DAY)^{-1}$ می باشد.

جهت ارزیابی ریسک غیر سرطانزایی آرسنیک، شاخص خطر (HQ) بر اساس فرمول زیر محاسبه گردید:

$$HQ = CDI / RFC$$

که در این فرمول RFD دوز مرجع مزمن خوراکی ۰,۰۰۰۳ میلی گرم بر کیلوگرم روز می باشد

غلظت بلع مرجع به عنوان غلظتی از ماده شیمیایی است که اگر انسان از طریق بلع در مواجهه با آن قرار گیرد، به احتمال زیاد موجب بروز اثرات مضر برای سلامتی در وی نخواهد شد. شاخص خطر معمولاً با یک مقایسه می گردد و به عنوان سطحی تفسیر می شود که در آن انتظار رخداد اثرات مضر برای سلامتی وجود ندارد.

۳- نتیجه :

نتایج آنالیز صورت گرفته نشان داد که غلظت متوسط آرسنیک با توجه به داده های بدست آمده در ناحیه شمال کشور برابر با ۰,۰۲۷۱ و در ناحیه جنوب کشور برابر با ۰,۰۷۹۱ برحسب میلی گرم بر کیلوگرم روز می باشد.



ماهنامه علمی تخصصی پایا شهر

ISSN ۲۹۸۰-۷۷۸۶

مقادیر جذب روزانه به صورت مزمون CDI و ریسک سرطانی CR به شرح جدول زیر محاسبه گردید:

جدول ۲- مقادیر محاسبه شده جذب روزانه به صورت مزمون CDI و ریسک سرطانی CR

| CR | CDI | ناحیه مصرفی برنج در کشور |
|----------------------|---------|--|
| | | غلظت آرسنیک متوسط ناحیه ای |
| 6×10^{-5} | ۰,۰۰۰۰۴ | ناحیه مصرفی برنج در ناحیه شمال کشور |
| $1,8 \times 10^{-4}$ | ۰,۰۰۰۰۱ | ناحیه مصرفی برنج در ناحیه جنوب در کشور |



ماهنامه علمی تخصصی پایا شهر



ISSN ۲۹۸۰-۷۷۸۶

جدول ۳- مقادیر محاسبه شده جذب روزانه مزمن CDI و شاخص خطر HQ برای ریسک غیر سرطانزایی

| HQ<1 | CDI | غلظت متوسط آرسنیک | ناحیه مصرفی برنج در کشور |
|------|---------|-------------------|--|
| ۰,۱۳ | ۰,۰۰۰۰۴ | ۰,۰۲۷۱ | ناحیه مصرفی برنج در ناحیه شمال کشور |
| ۰,۳۰ | ۰,۰۰۰۰۱ | ۰,۰۷۹۱ | ناحیه مصرفی برنج در ناحیه جنوب در کشور |



ماهنامه علمی تخصصی پایا شهر



ISSN ۲۹۸۰-۷۷۸۶

۴- نتیجه گیری :

نتایج میزان دریافت نشان داد که دریافت روزانه غلظت آرسینک از طریق مصرف برنج کشت شده در ایران پایین تر از میزان قابل تحمل روزانه پیشنهادی سازمان استاندارد جهانی می باشد. و بر اساس ارزیابی ریسک خطر آشکاری وجود ندارد.

۵- تشکر و قدردانی :

تشکر می کنم از استاد جناب آقای دکتر پرداختی، که هم از نظر اخلاق و از نظر دانش آکادمیک بی نظیر هستند.

۶- منابع :

[/https://www.toorangco.com/blog/573](https://www.toorangco.com/blog/573)

[/https://rais.ornl.gov](https://rais.ornl.gov)

<https://www.isna.ir/news/99081409143>

<https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0147651319303331>

US ENVIRONMENTAL PROTECTION AGENCY (USEPA). RISK ASSESSMENT GUIDANCE FOR SUPERFUND (RAGS) PART A. WASHINGTON, DC: US GOVERNMENT PRINTING OFFICE; 1996.

US ENVIRONMENTAL PROTECTION AGENCY (USEPA). AIR RISK ASSESSMENT WORK PLAN. AIR AND RADIATION DIVISION, TRISTATE, RISK ASSESSMENT PROJECT. WASHINGTON, DC: US GOVERNMENT PRINTING OFFICE; 1997.

US ENVIRONMENTAL PROTECTION AGENCY (USEPA). INTEGRATED RISK INFORMATION SYSTEM. WASHINGTON, DC: US GOVERNMENT PRINTING OFFICE; 2004.

<https://www.toorangco.com/blog/573/>

[28] https://rais.ornl.gov/tools/rais_chemical_risk_guide.h