

## بررسی میزان برخی فلزات سنگین (کادمیوم، سرب، آرسنیک) و ارزیابی ریسک در نمونه‌های گندم و آرد گندم استان‌های گلستان و مازندران

اله یار عرب امیرآبادی<sup>1</sup>، رکسانا موگوئی<sup>2\*</sup>، نوشین سجادی<sup>3\*</sup>، سید علی جوزی<sup>4</sup>،

محمد کاظم رضانی<sup>5</sup>

- 1- دانشجوی دکتری آلودگی محیط زیست، دانشگاه آزاد اسلامی واحد تهران شمال، تهران، ایران.
- 2- دانشیار، گروه مدیریت محیط زیست، دانشگاه آزاد اسلامی واحد تهران شمال، تهران، ایران.
- 3- استادیار، گروه مهندسی محیط زیست، دانشگاه آزاد اسلامی واحد تهران شمال، تهران، ایران.
- 4- استاد تمام، گروه مهندسی محیط زیست، دانشگاه آزاد اسلامی واحد تهران شمال، تهران، ایران.
- 5- دانشیار، موسسه تحقیقات گیاه پزشکی کشور، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، تهران، ایران.

(تاریخ دریافت: 98/02/28 تاریخ پذیرش: 98/09/11)

### چکیده

هدف از این تحقیق اندازه‌گیری مقدار فلزات سنگین کادمیوم، سرب و آرسنیک بین مقادیر فلزات و ارزیابی ریسک در گندم، آردهای استحصالی از گندم- های وارداتی و ارقام بومی تولیدی بود. با توجه به سطح زیر کشت گندم و تعداد کارخانه‌های فرآوری آرد در استان گلستان و مازندران جهت اندازه‌گیری میزان کادمیوم، سرب و آرسنیک نمونه‌های گندم و آرد گندم در سال‌های 1396 و 1397 برداشت شد. نمونه‌ها پس از انتقال به کارخانه‌های آرد و فرآیند پروسه آردسازی در آزمایشگاه پژوهشگاه علوم و فنون پژوهشکده کاربرد پرتوها مورد آنالیز قرار گرفت. نتایج این مطالعه نشان داد که بیشترین غلظت کادمیوم در نمونه‌های آرد گندم در سال‌های 1396 و 1397 مربوط به آرد کلاله گلستان (نمونه R) بود. بیشترین غلظت سرب در نمونه‌های آرد گندم مربوط به آرد کلاله گلستان (نمونه R) بود. بیشترین غلظت آرسنیک در نمونه‌های آرد گندم مربوط به آرد سبوس گرفته گالیکش (نمونه N) بود. طبق نتایج به‌دست‌آمده در نمونه‌های گندم، میانگین مقادیر کادمیوم در گندم وارداتی (نمونه B) بیشترین را به خود اختصاص داده بود. میانگین مقادیر سرب در گندم گرگان (نمونه W) بیشترین را به خود اختصاص داده بود. همچنین غلظت آرسنیک در گندم محلی مازندران (نمونه A) بیشترین را به خود اختصاص داده بود. نتایج نشان داد که در نمونه‌های آرد مطالعه شده نمونه‌های آرد ستاره گلستان (S) آرد ستاره علی‌آباد (M)، آرد سبوس گرفته گالیکش (N)، آرد مهر رستم‌کلا (K)، آرد کلاله گلستان (R)، آرد ستاره سورک (D) و آرد سبوس گرفته نودهک (E) از نظر میزان سرب و نمونه آرد کلاله گلستان (R) از نظر کادمیوم برای بزرگسالان و نمونه‌های گندم مطالعه شده نمونه‌های آرد ستاره گلستان (S)، آرد سبوس گرفته گالیکش (N) و آرد ستاره رضایی نکاء (H) از نظر میزان سرب برای بزرگسالان در محدوده ناامن بودند. نمونه‌های آرد شمس گرگان (F) و آرد ستاره رضایی نکاء (H) و آرد ستاره علی‌آباد (M) از نظر فلزات سنگین در بزرگسالان در محدوده امن بودند.

کلید واژگان: آرد، گندم، فلزات سنگین، ارزیابی ریسک، گلستان

\* مسئول مکاتبات: r\_moogoui@iau-tnb.ac.ir

**1- مقدمه**

فعالیت‌های انسانی مانند فعالیت‌های صنعتی و انتشار گازها از آگروز و وسایل نقلیه، استفاده بی‌رویه از کودهای شیمیایی و احتراق سوخت‌های فسیلی مانند زغال سنگ همگی منابع بالقوه برای ورود فلزات سنگین به خاک‌های کشاورزی هستند [1]. به دلیل اینکه گیاهان فلزات سنگین را از خاک و آب آلوده و یا رسوب این عناصر از هوای آلوده جذب می‌کنند، آلودگی فلزات در خاک‌های کشاورزی تأثیرات منفی جدی بر سلامت انسان دارد [2]. در بین فلزات سنگین، عناصری مانند سرب، کادمیوم و آرسنیک برای متابولیسم بدن مورد نیاز نیستند این عناصر به‌طور گسترده‌ای در محیط به صورت طبیعی یا در اثر فعالیت انسان از طریق عملیات کشاورزی و صنعتی پراکنده شده‌اند [3]. این فلزات توسط خاک جذب شده و نهایتاً وارد چرخه خاک گیاه- حیوان و انسان شده و ممکن است به حد آستانه سمی برسد [4].

آرسنیک شبه‌فلز هست و بر اساس سمیت آن به فهرست فلزات سنگین اضافه شده است [5]. ضعف عمومی در عضلات، آرسنوکوزیس، کاهش اشتها، تهوع، التهاب غشاء‌های مخاطی چشم، بینی و حنجره و همچنین ضایعات پوستی، مشکلات باروری، اختلالات روانی و عصبی و بیماری‌های قلبی از عوارض مواجهه با آرسنیک است [6 و 7]. مغز مهم‌ترین عضو مورد هدف آرسنیک است. سرطان پوست در اثر مواجهه مزمن با آرسنیک نیز تأیید شده است [8]. کادمیوم در محیط بسیار پایدار است. افزایش خطر ابتلا به سرطان ریه نیز از اثرات استنشاق کادمیوم هست. تمرکز بیش‌ازحد کادمیوم در بدن حیوانات و انسان موجب بروز ناراحتی‌هایی همچون خستگی استخوان، برونشیت، تخریب کلیه، افزایش فشارخون و تصلب شرایین می‌شود [9 و 10]. 10 تا 20 درصد آلودگی‌های سربی در اثر آب آشامیدنی می‌باشد [11]. سرب باعث آسیب جدی مغزی مثل عقب ماندگی ذهنی، اختلالات رفتاری و تغییرات خلقی می‌شود همچنین در افراد بزرگسال نیز می‌تواند فشارخون را افزایش دهد [12 و 13]. در سال‌های اخیر توجه عموم مردم و ارگان‌های نظارتی به ایمنی غذا و تضمین کیفیت آن معطوف گردیده است [5].

برآورد میانگین قابل‌قبول دریافت روزانه عناصر (Estimated Average Daily Intakes) ناشی از مصرف مواد غذایی، برای تعیین مخاطره‌های طولانی مدت بر مصرف‌کنندگان انجام می‌شود [14 و 15]. شاخص سلامت (Health Index) را نیز می‌توان از نسبت میانگین قابل‌قبول دریافت روزانه هر عنصر به مصرف روزانه قابل‌قبول (Acceptable Daily Intakes) آن عنصر محاسبه کرد. مقادیر شاخص مخاطره سلامت کوچک‌تر از یک، بیانگر آن است که مصرف ماده غذایی اثر سوء بهداشتی برای مصرف‌کننده ندارد و بالعکس [15].

چندین مطالعه در زمینه بررسی محتوی فلزات سنگین در محصول گندم و نان در ایران و همچنین تعیین مخاطره سلامت مصرف این محصولات انجام یافته است که تاکنون نتایج متناقضی به‌دست آمده است. غلات به‌ویژه گندم، برنج، ذرت و جو، پایه و اساس تغذیه و حیات انسان به شمار رفته و تأمین‌کننده 42 درصد غذای مردم کره زمین است. در این بین، نان گندم به‌عنوان ماده غذایی غالب، سهم عمده‌ای در الگوی مصرف خانوارها دارد [16]. بنابراین، با توجه به اهمیت گندم و نان در سبد غذایی خانوار، این پژوهش باهدف بررسی محتوی عناصر سرب، کادمیوم و آرسنیک در محصول گندم و آرد استحصالی مصرفی در استان‌های گلستان و مازندران انجام یافت.

**2- مواد و روش‌ها**

در این تحقیق غلظت برخی از فلزات سنگین، کادمیوم، سرب و آرسنیک و ارزیابی ریسک در گندم و آرد استحصالی انجام شد 26 نمونه گندم و آرد استحصالی (13 نمونه سال 1396 و 13 نمونه سال 1397) تهیه شد. بر اساس سطح زیر کشت گندم در استان گلستان و استان مازندران از منطقه مورد مطالعه نمونه‌برداری کاملاً تصادفی از محصول انجام شد. نمونه‌گیری از گندم مطابق استاندارد ملی ایران به شماره 13535 برای ارقام گندم بومی در قالب خرید تضمینی گندم از کشاورزان منطقه و گندم وارداتی در سال 1396 و 1397 انجام شد نمونه‌برداری از گندم به‌وسیله مامبو (0 تا 15 تن از 3 تا 5 نقطه) با وزن هر نمونه 1 کیلوگرم انجام شد.

جهت آماده سازی و خشک کردن نمونه‌ها از دستگاه آون (دمای 70 درجه سانتی‌گراد به مدت 48 ساعت) استفاده شد. پس از خشک شدن نمونه‌ها توسط هاون چینی و آسیاب برقی به شکل پودر درآورده و پس از غربال کردن با استفاده از الک 63 میکرون، 1 گرم از نمونه پودر شده با استفاده از ترازوی دیجیتال بایوتک مدل 8053 با دقت چهار رقم اعشار توزین شد. برای هضم نمونه‌ها، 0/5 گرم از نمونه پودر شده به ارلن 100 میلی لیتر منتقل و سپس توسط پیپت 5 میلی لیتر اسید نیتریک غلیظ به هر کدام از نمونه‌ها اضافه شده و با گذاشتن شیشه ساعت بر روی ارلن‌ها به مدت 24 ساعت زیر هود قرار داده می‌شود. سپس ارلن‌ها را بر روی هیتر با دمای 80 الی 90 درجه سانتی‌گراد در زیر هود قرار داده و عمل حرارت دادن به ملایمت آغاز تا بخار خرمایی‌رنگی از تمامی نمونه‌ها متصاعد شود. پس از گذشت 10 دقیقه مقدار 2 میلی لیتر آب اکسیژنه 30 درصد به هر یک از ارلن‌ها اضافه و آن‌ها را به صورت دورانی تکان داده می‌شوند و دوباره روی هیتر گذاشته و عمل حرارت دادن شدیدتر شده و هر 15 دقیقه باکم شدن حجم محلول باید دومرتبه 2 میلی لیتر آب اکسیژنه 30 درصد به آن افزوده شود تا زمانی که محلول به رنگ زرد کم‌رنگ و یا بی‌رنگ شود و در این مرحله اکسیداسیون به اتمام رسیده است. این عمل تا زمانی ادامه می‌یابد که حجم نمونه به 2 الی 3 میلی لیتر کاهش یافته و نمونه کاملاً بی‌رنگ شود. پس از بی‌رنگ شدن کامل نمونه و کاهش حجم آن پس از خنک شدن ظرف، سپس مقداری آب مقطر به آن اضافه کرده و با عبور از کاغذ صافی واتمن 40 با استفاده از قیف محلول را به درون بالون ژورنه 50 میلی لیتر که از قبل اسیدشویی شده است ریخته و با اسید نیتریک 10% آن را به حجم 50 میلی لیتر رسانده، سپس آن را به ظرف پلی‌اتیلنی درب دار منتقل کرده تا میزان جذب اتمی SpectAA220 ساخت شرکت واریان استرالیا و مجهز به کوبل GTA110 قرائت گردد.

## 2-1- آنالیز داده‌ها

پس از آنکه نرمال بودن توزیع داده‌ها با استفاده از آزمون kolmogorov-smirnov مشخص گردید. تجزیه و تحلیل آماری داده‌های حاصل به کمک نرم‌افزار SPSS

(1)  

$$THQ = (DIM \times FI \times EF \times ED) / RFD \times BW \times AT$$
 که در آن DIM: مقدار فلز خورده شده روزانه ( $\mu\text{g kg}^{-1} \text{ day}^{-1}$ ); FI: مقدار آلاینده که از طریق غذا جذب بدن می‌شود. این ضریب بین 0/25 تا 0/4 متغیر می‌باشد که در این مطالعه از ضریب 0/4 استفاده شده است. معمولاً برای محاسبه خطرپذیری از ضریب 0/4 که بدترین حالت را نشان می‌دهد استفاده می‌شود؛ EF: دفعات مصرف در سال را نشان می‌دهد ( $\text{meals. years}^{-1}$ ); ED: تعداد سال‌هایی را که از این ماده خوراکی استفاده می‌شود را نشان می‌دهد برای کودکان و بزرگسالان به ترتیب 6 و 30 سال در نظر گرفته شده است؛ BW: وزن بدن Kg که برای کودکان و بزرگسالان به ترتیب 5/16 و 65 کیلوگرم در نظر گرفته شده است؛ AT: میانگین دوره زمانی که فرد در طول حیات در معرض آلاینده قرار می‌گیرد (از حاصل ضرب ED در تعداد روزهای سال به دست می‌آید)؛ THQ میزان خطر غیرسرطانی و RFD غلظت مرجع یا مبنا ( $\text{mg kg}^{-1} \text{ d}^{-1}$ ) می‌باشد.

مقدار ورود آلاینده به بدن انسان  $DIM = CF \times IR$

CF: نرخ خورده شدن ( $\text{kg person}^{-1} \text{ day}^{-1}$ )

IR: غلظت آلاینده در ماده خورده شده ( $\text{mg kg}^{-1}$ )

RfD: حداکثر غلظتی از عنصر است که برای موجود مشکلی ایجاد نمی‌کند. اگر مقدار HQ کمتر از یک به دست آمد مصرف‌کننده از اثرات سوء بیماری‌های غیر سرطانی در محدوده امن قرار دارند، اگر بیشتر از یک شود احتمال تأثیرات بیماری غیر سرطانی با افزایش مقدار HQ افزایش می‌یابد و

پس از محاسبه PF مدل برازش شده رابطه بین غلظت و PF رگرسیون معادله خطی محاسبه شده و داده‌ها در نرم‌افزار Excel گذاشته شده است و نتایج با استانداردهای ملی و بین‌المللی FAO/WHO مقایسه شده است.

شاخص پروسس به منظور اطمینان از اینکه فرآوری انجام شده موجب کاهش یا افزایش غلظت در محصول فرآوری شده محاسبه می‌گردد.

$$PF = PC/RC \quad (3)$$

PF: فاکتور پروسس

PC: غلظت در محصول فرآوری شده

RC: غلظت در محصول خام

اگر PF کوچک‌تر از یک گردد فرآوری باعث کاهش غلظت شده است. اگر PF بیشتر از یک شود فرآوری باعث افزایش غلظت شده است.

### 3- نتایج

#### 3-1- تجزیه واریانس و مقایسه میانگین

نتایج تجزیه واریانس نمونه‌های آرد گندم در سال 1396 و 1397 نشان داد که بین نمونه‌ها آرد گندم از نظر میزان غلظت فلزات سنگین اختلاف آماری معنی داری مشاهده شد ( $p < 0.05$ ).

**Table 1** Analysis of variance of the studied samples in terms of concentration of heavy metals in wheat flour samples in 1396 and 1397

Source of variation	Degrees of freedom	Variables					
		Cadmium		Lead		Arsenic	
		1396	1397	1396	1397	1396	1397
samples	8	3445.79**	2688.59**	491006.30**	181072.90**	3450.70**	2978.86**
Error	18	1.16	0.15	9.40	3.03	2.34	2.24

\* If the Significant value of the treatment is between 0.05, the treatments are significant at the probability level of 5%.

\*\* If the Significant value of the treatment is less than 0.01, there is a significant difference in the probability level of one percent between the treatments.

(77/2 قسمت در بیلیون) را به خود اختصاص داده است. غلظت مجاز آرسنیک در گیاهان توسط سازمان جهانی بهداشت (WHO) 0/7 میلی‌گرم در کیلوگرم یا 700 قسمت در بیلیون اعلام شده است، که با توجه به جدول 1 غلظت آرسنیک در هیچ‌یک از نمونه‌های آرد گندم سال 1396 بیشتر از غلظت مجاز نیست.

در جدول 2 مقادیر فلزات سنگین در نمونه‌های آرد گندم سال 1397 آمده است. طبق نتایج به‌دست‌آمده در نمونه‌های آرد گندم سال 1397، میانگین مقادیر کادمیوم در نمونه R بیشترین (94/2 قسمت در بیلیون) را به خود اختصاص داده است. غلظت مجاز کادمیوم در گیاهان توسط سازمان جهانی بهداشت (WHO) 0/2 میلی‌گرم در کیلوگرم یا 200 قسمت در بیلیون اعلام شده است، که با توجه به جدول 2 غلظت کادمیوم در هیچ‌یک از نمونه‌های آرد گندم سال 1397 بیشتر از غلظت مجاز نیست. میانگین مقادیر سرب در نمونه R بیشترین (6/ قسمت در بیلیون 801) را به

در جدول 2 مقایسه میانگین مقادیر عناصر فلزات سنگین در نمونه‌های آرد گندم سال 1396 و 1397 آمده است. طبق نتایج به‌دست‌آمده در نمونه‌های آرد گندم سال 1396، میانگین مقادیر کادمیوم در نمونه بیشترین (106/4 قسمت در بیلیون) را به خود اختصاص داده است. غلظت مجاز کادمیوم در گیاهان توسط سازمان جهانی بهداشت (WHO) 0/2 میلی‌گرم در کیلوگرم یا 200 قسمت در بیلیون اعلام شده است، که با توجه به جدول 1 غلظت کادمیوم در هیچ‌یک از نمونه‌های آرد گندم سال 1396 بیشتر از غلظت مجاز نیست. میانگین مقادیر سرب در نمونه R بیشترین (1311/5 قسمت در بیلیون) را به خود اختصاص داده است. غلظت مجاز سرب در گیاهان توسط سازمان جهانی بهداشت (WHO) 1/5 میلی‌گرم در کیلوگرم یا 1500 قسمت در بیلیون اعلام شده است، که با توجه به جدول 2 غلظت سرب در هیچ‌یک از نمونه‌های آرد گندم سال 1396 بیشتر از غلظت مجاز نیست. میانگین مقادیر آرسنیک در نمونه N بیشترین

است. غلظت مجاز آرسنیک در گیاهان توسط سازمان جهانی بهداشت (WHO) 0/7 میلی‌گرم در کیلوگرم یا 700 قسمت در بیلیون اعلام شده است، که با توجه به جدول 2 غلظت آرسنیک در هیچ‌یک از نمونه‌های آرد گندم سال 1397 بیشتر از غلظت مجاز نیست.

خود اختصاص داده است. غلظت مجاز سرب در گیاهان توسط سازمان جهانی بهداشت (WHO) 1/5 میلی‌گرم در کیلوگرم یا 1500 قسمت در بیلیون اعلام شده است، که با توجه به جدول 2 غلظت سرب در هیچ‌یک از نمونه‌های آرد گندم سال 1397 بیشتر از غلظت مجاز نیست. میانگین مقادیر آرسنیک در نمونه N بیشترین (1/78 قسمت در بیلیون) را به خود اختصاص داده

**Table 2** Comparison of mean values of heavy metal elements in wheat flour samples in 1396 and 1397

Samples	Cadmium		Lead		Arsenic	
	1396	1397	1396	1397	1396	1397
Mazandaran local wheat (S)	2.8 <sup>d</sup>	4.2 <sup>f</sup>	494.1 <sup>d</sup>	422.1 <sup>d</sup>	7.9 <sup>d</sup>	8.2 <sup>e</sup>
Imported wheat (M)	1 <sup>d</sup>	1.3 <sup>gh</sup>	368.2 <sup>e</sup>	392.7 <sup>e</sup>	75.1 <sup>a</sup>	74.3 <sup>b</sup>
Gonbad wheat (N)	1.3 <sup>d</sup>	7.9 <sup>e</sup>	225.3 <sup>f</sup>	178.4 <sup>h</sup>	77.2 <sup>a</sup>	78.1 <sup>a</sup>
Gorgan wheat (H)	17.6 <sup>c</sup>	21.7 <sup>c</sup>	120.7 <sup>h</sup>	140.2 <sup>i</sup>	64.6 <sup>b</sup>	37.2 <sup>d</sup>
Mehr Rostam Kala flour (K)	20.6 <sup>b</sup>	19.4 <sup>d</sup>	500.3 <sup>c</sup>	429.7 <sup>c</sup>	5.5 <sup>de</sup>	6.3 <sup>e</sup>
Gorgan Shams flour (F)	1.2 <sup>d</sup>	1 <sup>h</sup>	81.4 <sup>i</sup>	201.3 <sup>f</sup>	2.9 <sup>de</sup>	3.4 <sup>f</sup>
Golestan Kalaleh flour (R)	106.4 <sup>a</sup>	94.2 <sup>a</sup>	1311.5 <sup>a</sup>	801.6 <sup>a</sup>	2.5 <sup>f</sup>	0.0 <sup>g</sup>
Surk Setareh flour (D)	21.8 <sup>b</sup>	35.1 <sup>b</sup>	867.1 <sup>b</sup>	750.2 <sup>b</sup>	47.1 <sup>c</sup>	46.2 <sup>c</sup>
Nodahak flour (E)	1.1 <sup>d</sup>	1.9 <sup>g</sup>	154.6 <sup>g</sup>	194.3 <sup>g</sup>	0.2 <sup>f</sup>	2.9 <sup>f</sup>

\* The statistical difference between the samples was measured in terms of concentration with Duncan's test, with the highest concentration determined by the letter a and the lowest by g.

اختلاف آماری معنی داری مشاهده شد ( $p < 0.05$ ).

با توجه به جدول 2 بیشترین غلظت کادمیوم و سرب در نمونه‌های آرد گندم در سال 1396 و همچنین در سال 1397 مربوط به نمونه R است. بیشترین غلظت آرسنیک در نمونه‌های آرد گندم در سال 1396 و همچنین در سال 1397 مربوط به نمونه N است.

نتایج تجزیه واریانس نمونه‌های گندم در سال 1396 و 1397 از نظر غلظت فلزات سنگین نشان داد که بین نمونه‌های گندم از نظر میزان غلظت فلزات سنگین به جز آرسنیک اختلاف آماری معنی داری مشاهده شد ( $p < 0.05$ ). نتایج تجزیه واریانس نمونه‌های گندم در سال 1397 از نظر غلظت فلزات سنگین نشان داد که بین نمونه‌های گندم از نظر میزان غلظت فلزات سنگین

**Table 3** Analysis of variance heavy metals concentrations in wheat samples in 1396 and 1397

Source of variation	Degrees of freedom	Variables					
		Cadmium		Lead		Arsenic	
		1396	1397	1396	1397	1396	1397
Samples	3	80.72 <sup>**</sup>	137.54 <sup>**</sup>	17465.56 <sup>**</sup>	47749.02 <sup>**</sup>	0.00009 <sup>ns</sup>	0.65 <sup>**</sup>
Error	8	0.037	1.02	5.39	3.16	0.0003	0.002

\* If the Significant value of the treatment is between 0.05, the treatments are significant at the probability level of 5%.

\*\* If the Significant value of the treatment is less than 0.01, there is a significant difference in the probability level of one percent between the treatments.

ns: not significant.

آرسنیک در تمام نمونه‌های گندم سال‌های 1396 و 1397 زیر حد تشخیص بوده است و فقط در نمونه A در سال 1397 برابر 1,1 قسمت در بیلیون اندازه‌گیری شده است.

با توجه به جدول 4 بیشترین غلظت کادمیوم در نمونه‌های گندم در سال 1396 و همچنین در سال 1397 مربوط به نمونه B است. بیشترین غلظت سرب در نمونه‌های گندم در سال 1396 و همچنین در سال 1397 مربوط به نمونه W است. غلظت

**Table 4** Comparison of the average concentration of heavy metal in wheat samples in 1397.

Samples	Cadmium		Lead		Arsenic	
	1396	1397	1396	1397	1396	1397
Mazandaran wheat (A)	3.2 <sup>c</sup>	4.7 <sup>b</sup>	21.5.1 <sup>b</sup>	312.20 <sup>b</sup>	0.2> <sup>a</sup>	1.1
Imported wheat (B)	13.3 <sup>a</sup>	17.2 <sup>a</sup>	129.4 <sup>d</sup>	100.4 <sup>d</sup>	0.2> <sup>a</sup>	0.0> <sup>b</sup>
Gonbad wheat (C)	3.9 <sup>b</sup>	2.1 <sup>c</sup>	149.9 <sup>c</sup>	121.8 <sup>c</sup>	0.2> <sup>a</sup>	0.0> <sup>b</sup>
Gorgan wheat (W)	3.3 <sup>c</sup>	4.9 <sup>b</sup>	299.1 <sup>a</sup>	343.7 <sup>a</sup>	0.2> <sup>a</sup>	0.0> <sup>b</sup>

\* The statistical difference between the samples was measured in terms of concentration with Duncan's test, with the highest concentration determined by the letter a and the lowest by g.

آرد گندم در سال 1396 و 1397 نشان داد که حداقل از نظر یکی از فلزات سنگین در محدوده خطرناک بودند.

جدول 6. نتایج نشان داد که در سال 1396 بیشترین میزان جذب روزانه کادمیوم در بزرگسالان و کودکان را نمونه N به خود اختصاص داد. در حالیکه در سال 1397 بیشترین میزان جذب روزانه کادمیوم در بزرگسالان و کودکان را نمونه M به خود اختصاص داد. همچنین در سال 1396 کمترین میزان جذب روزانه کادمیوم در بزرگسالان و کودکان نیز به نمونه های S اختصاص داشت. در حالیکه در سال 1397 کمترین میزان جذب روزانه کادمیوم در بزرگسالان نیز به نمونه های N اختصاص داشت. نتایج نشان داد که در هر دو سال مورد مطالعه بیشترین میزان جذب روزانه سرب در بزرگسالان و کودکان در نمونه H مشاهده گردید. همچنین کمترین میزان جذب روزانه سرب در بزرگسالان و کودکان در نمونه M مشاهده شد. نتایج این مطالعه حاکی از آن بود که بین نمونه های گندم مورد مطالعه از نظر میزان جذب روزانه آرسنیک در بزرگسالان و کودکان اختلاف معنی داری وجود نداشت.

شاخص HQ بالاتر از عدد یک محدوده ناامنی می باشد. در نمونه های گندم مطالعه شده نمونه های S، N و H از نظر میزان سرب برای بزرگسالان در محدوده ناامن بودند. نمونه M از نظر فلزات سنگین در بزرگسالان در محدوده امن بود. شاخص HQ برای کودکان در نمونه های گندم در سال 1396 و 1397 نشان داد که حداقل از نظر یکی از فلزات سنگین در محدوده خطرناک بودند.

### 3-2- شاخص خطرپذیری HQ

جدول 5 دریافت روزانه فلزات سنگین و شاخص ارزیابی سلامت را در بین نمونه های آرد گندم در سال 1396 و 1397 نشان می دهد. نتایج نشان داد که بیشترین میزان جذب روزانه کادمیوم در بزرگسالان و کودکان را نمونه R به خود اختصاص داد. همچنین کمترین میزان جذب روزانه کادمیوم در بزرگسالان (0/21) و کودکان (0/86) در سال 1396 نیز به نمونه های E و M اختصاص داشت. در حالیکه در سال 1397 کمترین میزان جذب روزانه کادمیوم در بزرگسالان و کودکان نیز به نمونه های E و F اختصاص داشت. نتایج نشان داد که بیشترین میزان جذب روزانه سرب در بزرگسالان و کودکان در هر دو سال مورد مطالعه در نمونه R مشاهده گردید. همچنین در سال 1396 کمترین میزان جذب روزانه سرب در بزرگسالان و کودکان در نمونه F مشاهده شد. در حالیکه در سال 1397 کمترین میزان جذب روزانه سرب در بزرگسالان و کودکان در نمونه H مشاهده شد. نتایج این مطالعه حاکی از آن بود که بیشترین میزان جذب روزانه آرسنیک در بزرگسالان و کودکان در نمونه N مشاهده شد. همچنین کمترین میزان جذب روزانه آرسنیک در بزرگسالان و کودکان در نمونه E مشاهده گردید.

شاخص HQ بالاتر از عدد یک محدوده ناامنی می باشد. در نمونه های آرد مطالعه شده نمونه های S، M، N، K، R، D و E از نظر میزان سرب برای بزرگسالان در محدوده ناامن بودند. همچنین نمونه آرد R از نظر کادمیوم برای بزرگسالان در محدوده ناامن بود. نمونه های F و H از نظر فلزات سنگین در بزرگسالان در محدوده امن بودند. شاخص HQ برای کودکان در نمونه های

**Table 5** Daily intake and risk factor for adults and children in wheat flour samples in 1396 and 1397.

Samples	Heavy metals	Years	Concentration (ppb)	The daily intake in adults	The daily intake in children	HQ risk factor in adults	HQ risk factor in children
Mazandaran local wheat (S)	Cadmium	1396	2.8	0.005755	0.022672	0.057551	0.226715
		1397	4.2	0.008633	0.034007	0.086326	0.340073
	Lead	1396	494.1	1.01556	4.000713	3.385218	13.33571
		1397	422.1	0.867578	3.417731	2.891926	11.39244
	Arsenic	1396	7.9	0.016238	0.063966	0.077322	0.31986
		1397	8.2	0.016854	0.066395	0.084271	0.331976
Imported wheat (M)	Cadmium	1396	1	0.002055	0.008097	0.020554	0.08097
		1397	1.3	0.002672	0.010526	0.02672	0.105261
	Lead	1396	368.2	0.756793	2.981304	2.522642	9.937681
		1397	392.7	0.807715	3.17968	2.6904498	10.59893
	Arsenic	1396	75.1	0.154359	0.608082	0.771797	3.040412
		1397	74.3	0.152715	0.601605	0.763575	3.008024
Gonbad wheat (N)	Cadmium	1396	1.3	0.002672	0.010526	0.026672	0.105261
		1397	7.9	0.016238	0.063966	0.162375	0.639661
	Lead	1396	225.3	0.463078	1.824247	1.286328	6.080824
		1397	178.4	0.366681	1.444499	1.222269	4.814998
	Arsenic	1396	77.2	0.158676	0.625086	0.755599	3.12543
		1397	78.1	0.160526	0.632373	0.802628	3.161867
Gorgan wheat (H)	Cadmium	1396	17.6	0.036175	0.142507	0.361748	1.425067
		1397	21.7	0.044602	0.175704	0.446018	1.757042
	Lead	1396	120.7	0.248085	0.977304	0.82695	3.257681
		1397	140.2	0.288165	1.135195	0.96055	3.783984
	Arsenic	1396	64.6	0.132778	0.523064	0.663889	2.615321
		1397	37.2	0.07646	0.301207	0.382302	1.506036
Mehr Rostam Kala flour (K)	Cadmium	1396	20.6	0.042341	0.166798	0.423409	1.667976
		1397	19.4	0.039874	0.157081	0.398745	0.570812
	Lead	1396	500.3	1.028309	4.050914	2.856414	13.50305
		1397	429.7	0.883199	3.479268	2.943996	11.59756
	Arsenic	1396	5.5	0.011305	0.044533	0.056523	0.22667
		1397	6.3	0.012949	0.051011	0.064745	0.255055
Gorgan Shams flour (F)	Cadmium	1396	1.2	0.002466	0.009716	0.024665	0.097164
		1397	1	0.002055	0.008098	0.020554	0.08097
	Lead	1396	81.4	0.167308	0.659093	0.557694	2.196978
		1397	201.3	0.412749	1.629962	1.379163	5.433067
	Arsenic	1396	2.9	0.005961	0.023481	0.029803	0.117406
		1397	3.4	0.006988	0.02753	0.034942	0.137648
Golestan Kalaleh flour (R)	Cadmium	1396	106.4	0.218693	0.861518	2.186929	8.615176
		1397	94.2	0.193617	0.762735	1.936172	7.627345
	Lead	1396	1311.5	2.695637	10.61918	8.985456	35.95725
		1397	801.6	1.647596	6.490531	5.491988	21.6351
	Arsenic	1396	2.5	0.005138	0.020242	0.025692	0.101212
		1397	0.14	0.000288	0.001134	0.001439	0.005668
Surk Setareh flour (D)	Cadmium	1396	21.8	0.044807	0.176514	0.448074	1.765139
		1397	35.1	0.072144	0.284204	0.72144	2.842036
	Lead	1396	867.1	1.782224	7.022882	5.940747	23.40294
		1397	750.2	1.54195	6.074347	5.139832	20.24782/
	Arsenic	1396	47.1	0.096809	0.381367	0.484043	1.906836
		1397	46.2	0.094959	0.37408	0.474794	1.8704
Nodahak flour (E)	Cadmium	1396	1.1	0.002261	0.008907	0.022609	0.089067
		1397	1.9	0.003905	0.015384	0.039052	0.1533842
	Lead	1396	154.6	0.317762	1.251792	1.059208	4.172638
		1397	194.3	0.399361	1.573241	1.331204	5.244137
	Arsenic	1396	>0.2	0.000349	0.001376	0.001747	0.006882
		1397	2.9	0.005961	0.023481	0.029803	0.117406

**Table 6** Daily intake and risk factor of adults and children in wheat samples in 1396 and 1397

Samples	Heavy metals	Years	Concentration (ppb)	The daily intake in adults	The daily intake in children	HQ risk factor in adults	HQ risk factor in children
Mazandaran local wheat (S)	Cadmium	1396	3.2	0.006577	0.02591	0.065772	0.259103
		1397	4.7	0.00966	0.038056	0.096603	0.380556
	Lead	1396	215.1	0.442113	1.741658	1.473711	17.41658
		1397	312.2	0.641691	2.527874	2.13897	8.426246
	Arsenic	1396	0.16	0.000329	0.001296	0.001644	0.012955
		1397	1.1	0.002261	0.008907	0.011305	0.044533
Imported wheat (M)	Cadmium	1396	13.3	0.027337	0.10769	0.273366	1.076897
		1397	17.2	0.035353	0.1392268	0.353526	1.392679
	Lead	1396	129.4	0.265967	1.047748	0.886556	10.47748
		1397	100.4	0.206361	0.812936	0.687969	2.706986
	Arsenic	1396	0.14	0.000288	0.001134	0.001439	0.011336
		1397	0.14	0.0002888	0.001134	0.001439	0.005668
Gonbad wheat (N)	Cadmium	1396	3.9	0.008016	0.031578	0.08016	0.315782
		1397	0.5	0.004316	0.017004	0.043163	0.170036
	Lead	1396	149.9	0.308102	1.213736	1.027007	12.13736
		1397	121.8	0.250346	0.986211	0.834486	2.28737
	Arsenic	1396	0.15	0.000308	0.001215	0.001542	0.012145
		1397	0.16	0.000329	0.001296	0.001644	0.006478
Gorgan wheat (H)	Cadmium	1396	3.3	0.006783	0.02672	0.067828	0.2672
		1397	4.9	0.010072	0.039675	0.100714	0.396752
	Lead	1396	299.1	0.614766	2.421804	2.049218	24.21804
		1397	343.7	0.706436	2.782928	2.354786	9.276428
	Arsenic	1396	0.15	0.000308	0.001215	0.001542	0.012415
		1397	0.16	0.000329	0.001296	0.001644	0.006478

**3-3- مدل برازش شده**

فرآوری سبب کاهش غلظت کادمیوم شده است. با این حال در سال 1396 نمونه H و در سال 1397 نمونه های N و S فرآوری سبب افزایش میزان غلظت کادمیوم گردیده است.

میزان PF مربوط به غلظت کادمیوم در نمونه های سال 1396 و 1397 در جدول 7 آورده شده است. مقدار PF در نمونه های S، M و N کمتر از عدد یک بود که نشان دهنده این است که

**Table 7** PF values related to cadmium concentration in wheat samples in 1396 and 1397

Samples	PF cadmium		PF Lead		PF Arsenic	
	1396	1397	1396	1397	1396	1397
Mazandaran wheat (A)	0.875	0.893617	2.297071	1.352018	49.375	7.454545
Imported wheat (B)	0.075188	0.075581	2.84544	3.911355	536.4286	530.7143
Gonbad wheat (C)	0.333333	3.761905	1.503002	1.464696	514.6667	488.125
Gorgan wheat (W)	5.333333	4.428571	0.403544	0.407914	430.6667	232.5



روزانه به اندازه 0/3525 مقدار PF یک واحد افزایش خواهد یافت. در حالیکه در سال 1397 با افزایش میزان جذب روزانه به اندازه 0/1621 مقدار PF یک واحد افزایش خواهد یافت.

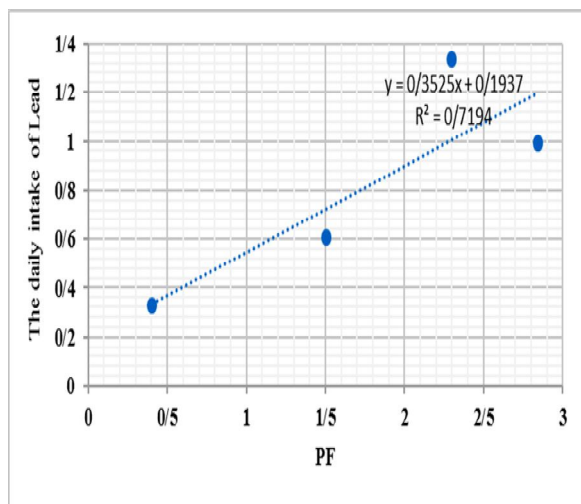


Fig 3 Regression model fitted for Lead in 1396.

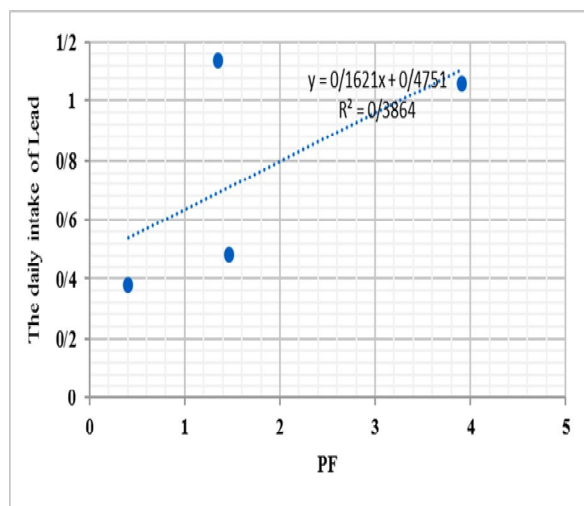


Fig 4 Regression model fitted for Lead in 1397.

مدل برازش شده رگرسیون بین PF و میزان جذب روزانه آرسنیک در سالهای 1396 و 1397 در شکل های 5 و 6 آورده شده است. نتایج نشان داد که مدل برازش شده از کیفیت مناسبی برخوردار بود. همچنین در سال 1396 با افزایش میزان جذب روزانه به اندازه 0/0004 مقدار PF یک واحد افزایش خواهد یافت. در سال 1397 با افزایش میزان جذب روزانه به اندازه 0/0004 مقدار PF یک واحد افزایش خواهد یافت.

مدل برازش شده رگرسیون بین PF و میزان جذب روزانه کادمیوم در سال 1396 و 1397 در شکل 1 و 2 آورده شده است. نتایج نشان داد که مدل برازش شده از کیفیت مناسبی برخوردار بود. در سال 1396 با افزایش میزان جذب روزانه به اندازه 0/0087 مقدار PF یک واحد افزایش خواهد یافت. همچنین در سال 1397 با افزایش میزان جذب روزانه به اندازه 0/0098 مقدار PF یک واحد افزایش خواهد یافت.

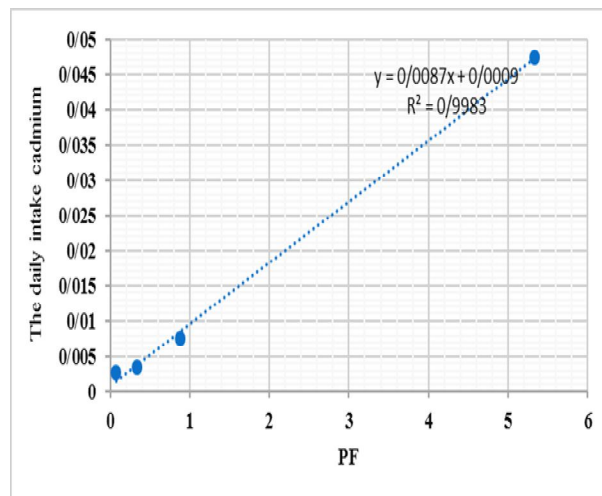


Fig 1 Regression model fitted for cadmium in 1396.

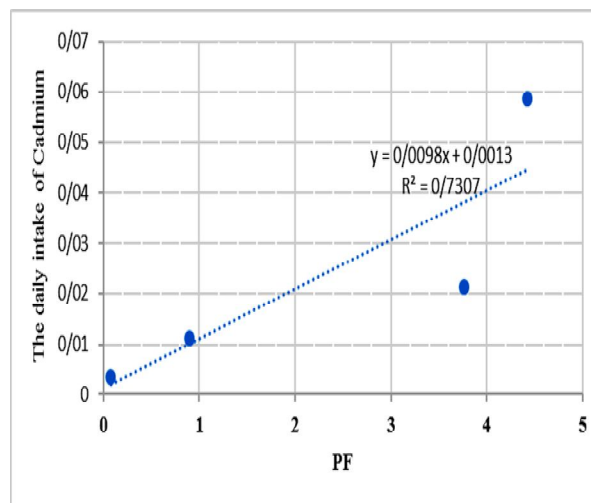


Fig 2 Regression model fitted for cadmium in 1397.

مدل برازش شده رگرسیون بین PF و میزان جذب روزانه سرب در سالهای 1396 و 1397 به ترتیب در شکل های 3 و 4 آورده شده است. نتایج نشان داد که مدل برازش شده از کیفیت مناسبی برخوردار بود. همچنین در سال 1396 با افزایش میزان جذب

منبع آلودگی کادمیومی خاک‌های کشاورزی، کاربرد سموم حشره کش، استفاده از فاضلاب شهری برای آبیاری اراضی و تردد وسایل نقلیه در حاشیه جاده و در مجاورت مزارع کشت گندم مرتبط دانست [21-24].

نتایج تحقیقات نشان داده که نزدیک به نیمی از فلزات سنگین از طریق گیاهان، سبزیجات و غلات وارد بدن می‌شود [19]. فرهاگوت و همکاران (2008) ارزیابی خطر عناصر سنگین از مصرف میوه، سبزیجات و برنج در کاتالونیا اسپانیا نشان دادند که برای همه عناصر مورد مطالعه مقدار HQ کمتر از یک است، هنگامی که مقدار حداقل غلظت عناصر در نظر گرفته می‌شود. ولی مقدار HQ برای آرسنیک بالای یک است هنگامی که بالاترین غلظت عنصر در نظر گرفته می‌شود [25]. هانگ و همکاران (2009) در بررسی ارزیابی خطر عناصر سنگین بر سلامت انسان از طریق مصرف برنج در ایالت چانگشو در شرق چین نشان دادند که مقدار HQ برای بزرگسالان و کودکان از مصرف برنج، به صورت  $Cu > Zn > Pb > Hg > Cd > As > Cr$  کاهش می‌یابد. آنان بر اساس نتایج به دست آمده پیشنهاد کردند که خوردن مس، بیشترین و کروم کمترین تأثیرات سوء بر سلامتی انسان در هر گروه سنی خواهد داشت [26].

## 5- نتیجه گیری

نتایج این مطالعه نشان داد که بیشترین غلظت کادمیوم و سرب در نمونه‌های آرد گندم در سال 1396 و همچنین در سال 1397 مربوط به نمونه R است. بیشترین غلظت آرسنیک در نمونه‌های آرد گندم در سال 1396 و همچنین در سال 1397 مربوط به نمونه N است. طبق نتایج به دست آمده در نمونه‌های گندم، میانگین مقادیر کادمیوم در نمونه B بیشترین (17/2) قسمت در بیلیون) را به خود اختصاص داده است. نتایج نشان داد که در نمونه‌های آرد مطالعه شده نمونه‌های S، M، N، K، R، D و E از نظر میزان سرب برای بزرگسالان در محدوده ناامن بودند. همچنین نمونه آرد R از نظر کادمیوم برای بزرگسالان در محدوده ناامن بود. نمونه‌های F و H و نمونه M از نظر فلزات سنگین در بزرگسالان در محدوده امن بود. در نمونه‌های گندم مطالعه شده نمونه‌های S، N و H از نظر میزان سرب برای بزرگسالان در

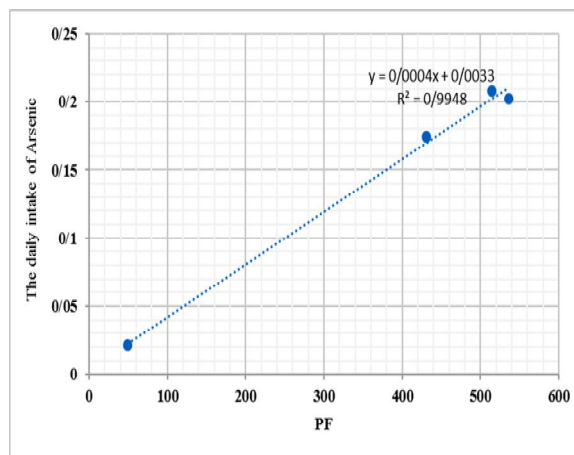


Fig 5 Regression model fitted for Arsenic in 1396.

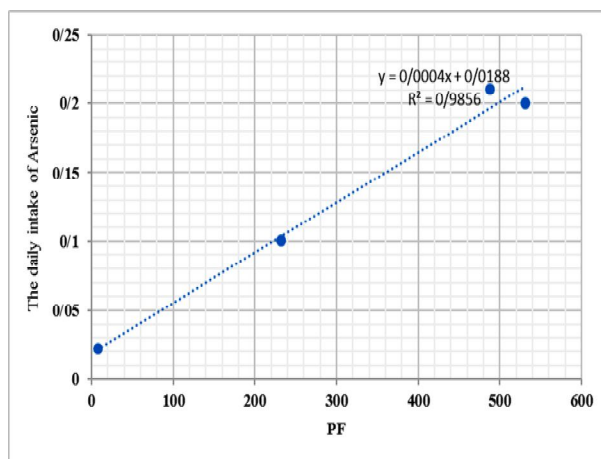


Fig 6 Regression model fitted for Arsenic in 1397.

## 4- بحث

آلودگی ناشی از فلزات سنگین از مهمترین آلودگی‌های غیرنقطه ای منابع طبیعی هستند و به عنوان یک مسئله جدی و خطرناک شناخته شده است [18]. با توجه به صنعتی شدن شهرها در دهه های اخیر و تولید مقادیر قابل توجه فاضلاب های شهری، صنعتی و کشاورزی و رهاسازی آنها در روان آب ها و از سوی دیگر افزایش استفاده از سوخت های فسیلی و احتمال بازگشت ترکیبات احتراق یافته به محیط، مشکل کم آبی و خشکسالی و استفاده از آب های با کیفیت پایین برای آبیاری، آلودگی خاک و تولیدات زراعی به عناصر سمی دور از انتظار نیست [18]. در این رابطه، تجاوز میانگین غلظت عنصر کادمیوم از حد استاندارد را می توان به آلودگی خاک به دلیل منشأ زمین شناسی، مصرف بی رویه کودهای شیمیایی به ویژه کودهای فسفاته به عنوان فراواترین

- schoolchildren. Environmental health perspectives 2007;115(9):1371.
- [7] Babai y, Alavi Moghaddam.M, Qasemzadeh.F, Arbabzvar.M.H. Arsenic contamination of ground water in the Kashmar Koohsorkh. Environmental Science and Technology 2007;10(3):31-5(In persian).
- [8] Smith AH, Steinmaus CM.Health effects of arsenic and chromium in drinking water: recent human findings. Annual review of public health 2009;30:107-22.
- [9] Brahman KD, Kazi TG, Afridi HI, Naseem S, Arain SS. Evaluation of high levels of fluoride, arsenic species and other physicochemical parameters in underground water of two sub districts of Tharparkar, Pakistan. A multivariate study. Water research 2013;47(3):1005-7.
- [10] deghani M, abbasnejad A. cadmium, arsenic, lead and nitrate pollution in the groundwater of anar plain. Journal of environmental studies 2011;36(56):28-30(In persian).
- [11] Mosaferi M, Taghipour H, Hasani AH, Borgheei M, Kamali Kordabad Z, Ghadirzadeh A. Study of arsenic presence in drinking water sources: a case study. Iranian Journal of Health and Environment 2008;1(1):19-28.
- [12] WHO. WHO Air quality guidelines for particulate matter, ozone, nitrogen dioxide and sulfur dioxide. Global update 2005World Health Organization 2006;2:105-10.
- [13] WHO. WHO guidelines for indoor air quality: selected pollutants World Health Organization 2010;13-59.
- [14] Zhu, F., Wang, X. and Fan, W. (2013). Assessment of potential health risk for arsenic and heavy metals in some herbal flowers and their infusions consumed in China. Environmental Monitoring and Assessment, 185(5): 3909–3916.
- [15] Apau, J., Acheampong, A., Appiah, J.A. and Ansong, E. (2014). Levels and health risk assessment of heavy metals in tubers from markets in the Kumasi metropolis, Ghana. International Journal of Science and Technology, 3(9): 534–539.
- [16] Fathi, G. and Enayat Gholozadeh, M.R. (2009). The effect of Fe, Zn and Cu micronutrient fertilizers on the growth and function of barley varieties on weather

محدوده ناامن بودند بنابراین، کنترل بیشینه رواداری فلزات سنگین در مواد غذایی یکی از مواردی است که برای حفظ سلامت مصرف‌کنندگان و دستیابی به ایمنی غذا باید مورد توجه قرار گیرد [20]. شاخص HQ در این مطالعه نشان داد افزایش بیش از حد مقادیر عناصر سرب و کادمیوم می تواند خطر و تهدیدی جدی برای کودکان و بزرگسالان باشد. شاخص PF نشان داد ناکافی بودن تجهیزات و فن آوری ماشین آلات بوجاری در خروجی محصول نهایی موثر بوده است. ارتباط بین شاخص PF و HQ و مدل برازش شده نشان داد فاکتور پروسس اگر بیش از یک گردد شاخص HQ در محدوده ناامن قرار می گیرد. مدل برازش شده رگرسیون برای شناخت و ارتباط بین متغیر وابسته و متغیر مستقل در این مطالعه مورد ارزیابی قرار گرفته است و نشان می دهد فاکتور PF می تواند باعث افزایش یا کاهش غلظت در محصول فرآوری شده شود.

## 6- منابع

- [1] Massa, N., Andreucci, F., Poli, M., Aceto, M., Barbato, R and Berta, G. (2010). Screening for heavy metal accumulators amongst autochthonous plants in a polluted site in Italy. Ecotoxicology and Environmental Safety, 73(8): 1988–1997.
- [2] Li, P., Wang, X., Zhang, T., Zhou, D. He, Y. (2008). Effect of several amendments on rice growth and uptake of copper and cadmium from a contaminated soil. Journal of Environmental Sciences, 20(4): 449–455.
- [3] Karami, M., Afyuni, M., Rezaee Nejad, Y. and Khosh Goftarmanesh, A. (2009). Cumulative and residual effects of sewage sludge on zinc and copper concentration in soil and wheat. Journal of Water and Soil Science, 12(46): 639–654. [In Persian].
- [4] Jawad, I. and Allafaji, S.H. (2012). The levels of trace metals contaminants in wheat grains, flours and breads in Iraq. Australian Journal of Basic and Applied Sciences, 6(10): 88–92.
- [5] EEA. Air quality in Europe. European Environment Agency 2013;9:76-83.
- [6] Rosado JL, Ronquillo D, Kordas K, Rojas O, Alatorre J, Lopez P, et al. Arsenic exposure and cognitive performance in Mexican

- phosphorus fertilization. *Journal of Environmental Quality*, 9(3): 408–412.
- [22] Bahmanyar, M.A. (2008). The impact of use of wastewater in crops irrigation on some heavy metals content in soil and plants. *Journal of Environmental Studies*, 44: 19–26. [In Persian]
- [23] Golshahi, A. (2010). Spatial distribution of Cd, Zn and V in surface soil and their accumulation in a number of agricultural crops in Hamedan Province. M.Sc. Thesis, Isfahan University of Technology, Iran. [In Persian].
- [24] Rahimi, M. (2013). Survey of Cd content and its distribution in predominant soil series under wheat cultivation in the Hamedan province, M.Sc. Thesis, Bu-Ali Sina University, Iran. [In Persian]
- [25] Ferre-Huguet N., Marti-Cid R., Schuhmacher M., and Domingo J.L. 2008. Risk assessment of metals from consuming vegetables, fruits and rice grown on soils irrigated with waters of the Ebro River in Catalonia, Spain. *Biol Trace Elem Res*, 123: 66-79.
- [26] Hang X., Wang H., Zhou J., Ma C., Du C., and Chen X. 2009. Risk assessment of potentially toxic element pollution in soils and rice (*Oryza sativa*) in a typical area of the Yangtze River Delta. *Environmental Pollution*, 157: 2542-2549.
- conditions of Khozestan Province. *Crop Physiology Journal*, 1(1): 26–39. [In Persian].
- [17] Abdollahi, M., Mohammadi, F., Houshiar-Rad, A., HajiFaragi, M. and Esfarjani, F. (2011). Shares of energy and nutrients intake from subsidized food items in Iranian households in different socioeconomic status. *Iranian Journal of Nutrition Sciences and Food Technology*, 6(1): 43–56. [In Persian].
- [18] Samargandi, M.R., Karimpour, M. and Sadri, Gh. (1999). Determination of heavy metals in vegetables irrigated with polluted water to these metals in vicinity of Hamedan City in 1996. *Journal of Sabzevar University of Medical Sciences*, 7(1): 45–53. [in Persian].
- [19] Bigdeli, M., Seilsepour, M. (2008). Investigation of metals accumulation in some vegetables irrigated with waste water in Shahre Rey-Iran and toxicological implications. *American-Eurasian Journal of Agricultural & Environmental Sciences*, 4(1): 86–92.
- [20] Mohajer, R., Salehi, M. and Mohammadi, J. (2014). Lead and cadmium concentration in agricultural crops (lettuce, cabbage, beetroot, and onion) of Isfahan Province, Iran. *Iranian Journal of Health and Environment*, 7(1): 1–10. [In Persian].
- [21] Mulla, D.J., Page, A.L. and Ganje, T.J. (1980). Cadmium accumulations and bioavailability in soils from long-term

## Investigating the amount of toxic metals (arsenic, cadmium and lead) in wheat and wheat flour in Golestan and Mazandaran provinces

Arabamirabadi, A. <sup>1</sup>, Moogui, R. <sup>2\*</sup>, Sadjadi, N. <sup>3</sup>, Jozi, S. A. <sup>4</sup>, Ramezani, M. K. <sup>5</sup>

1. Ph.D Candidate Environment Pollution, Department of Environmental Islamic Azad University North Tehran Branch † Tehran, Iran.
2. Associate Professor., Department of Environmental Planning Management and Education Islamic Azad University North Tehran Branch † Tehran, Iran
3. Assistant professor † Department of Environment Engineering Islamic Azad University North Tehran Branch † Tehran, Iran
4. Professor Department of Environment † Engineering Islamic Azad University North Tehran Branch † Tehran, Iran
5. Associate Professor † Department University of Food Science Islamic Azad University Tehran, Iran

(Received: 2019/05/18 Accepted:2019/12/02)

The objective of this study was to measure the amount of heavy metals cadmium, lead and arsenic between the amounts of metals and the risk assessment in wheat, extracted flax from imported wheat and indigenous cultivars. Considering the wheat cultivar and the number of flour mill factories in Golestan and Mazandaran provinces. Wheat samples were harvested. Samples after flint transfer to flour mills and process of flour process for evaluation and determination of heavy metals in laboratory. Research Institute of Science and Technology Research Institute. The results of this study showed that the highest concentration of cadmium in wheat flour samples in 2017 and 2018 was related to the R sample. The highest concentration of lead in wheat flour samples is related to the R sample. The highest concentration of arsenic in wheat flour samples is related to the N sample. According to the results obtained in wheat samples, the mean values of cadmium in B sample were the highest. The mean of lead values in the W sample was the highest. The concentration of arsenic in A sample is also the highest. The results showed that S, M, N, K, R, D, and E samples were unsafe for adult samples in flour samples. Also, R sample flour for adults was unsafe for cadmium. The F, H and M specimens were safe in adults in terms of heavy metals. In samples of wheat, S, N, and H samples were unsafe for adults in terms of lead levels.

**Keywords:** Flour, Wheat, Heavy metals, Risk assessment

---

\* Corresponding Author E-Mail Address: r moogoui@iau-tnb.ac.ir